

Sensur av hovedoppgaver

Høgskolen i Buskerud og Vestfold

Fakultet for teknologi og maritime fag



Prosjektnummer: **2015-08**

For studieåret: **2014/2015**

Emnekode: **SFHO3201**

Prosjektnavn

Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM-maskin 5129

Production optimization – Upgrading of EDM-machine 5129

Utført i samarbeid med: GKN Aerospace Norway

Ekstern veileder: Rune Ellefsen

Sammendrag: Prosjektgruppen har fått i oppdrag av GKN Aerospace Norway om å oppgradere en EDM-maskin 5129 med et automatisk verktøyvekslersystem og et automatisk innspenningssystem som passer til dagens fabrikkstandard. I tillegg har prosjektgruppen funnet en løsning på lagring og behandling av elektrodedata som skal følge elektrodeholder gjennom arbeidsprosessen.

Stikkord:

- Electrical Discharge Machining (EDM)
- Automatisering
- Verktøykontrollsystem

Tilgjengelig: TILGJENGELIG

Prosjekt deltagere og karakter:

Navn	Karakter
Eirik Brendeløkken	
Morten Akerholt Kjær	
Erik Michalsen	
Mark Alexander Steffens	

Dato: 4. Juni 2015

Kjell Enger
Intern Veileder

Karoline Moholth
Intern Sensor

Even Engebakken
Ekstern Sensor



Bacheloroppgave – Gruppe 8

Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM maskin 5129

Prosjekt gruppe: Eirik Brendeløkken (EB)
Morten A. Kjær (MK)
Eirik Michalsen (EM)
Mark A. Steffens (MS)

Prosjektleder: Erik Michalsen

Intern veileder: Kjell Enger

Kunde: GKN Aerospace Norway AS

Ekstern veileder: Even Engebakken

Dokumentoversikt

Dokumentnavn:**Nummer:**

Visjonsdokument	1
Prosjektplanlegging	2
Iterasjonsdokument	3
Kravspesifikasjon	4
Testspesifikasjon	5
Testplan	6
Testrapport	7
Konseptdokument	8
Designdokument	9
Konstruksjon/tegnings dokument	10
Installasjonsanvisning	11
Etteranalyse	12
Vedlegg	13



**STANDARDAVTALE FOR STUDENTENES ARBEID MED
BACHELOROPPGAVEN MED EKSTERNE OPPDRAGSGIVERE VED
HØGSKOLEN I BUSKERUD OG VESTFOLD – FAKULTET FOR TEKNOLOGI
OG MARITIME FAG – KONGSBERG INSTITUTE FOR INGENIØRFAG.**

**Høgskolen i Buskerud og Vestfold
Fakultet for Teknologi og Maritime fag
Kongsberg Institutt for Ingeniørfag**

Den eksterne veilederen skal godkjenne alle studentenes rapporter.

4. OPPDRAGSGIVERS RETTIGHETER

Oppdragsgiver har fulle rettigheter til å benytte resultatet av hovedprosjektet med mindre noe annet er angitt i vedlegget til denne kontrakten.

Ved bruk og eventuell publisering av resultatene av oppgaven skal det henvises til at arbeidet er et studentarbeid ved Høgskolen i Buskerud og Vestfold, Fakultet for Teknologi og Maritimefag samt studentenes og veiledernes navn.

5. HØGSKOLENS PLIKTER

Ved starten av avgangsåret skal studentene deles opp i prosjektgrupper på 4-6 personer som sammen skal gjennomføre en større oppgave, et hovedprosjekt. Omfanget er 20 studiepoeng. Dette tilsvarer ca. 600 timers arbeid pr. student.

Det er ønskelig at studentene innhentet en egnet prosjektoppgave fra oppdragsgiver og står for hoveddelen av kommunikasjonen med oppdragsgiver. Studentene skal i starten på prosjektet produsere en kravspesifikasjon og en prosjektplan i forbindelse med den foreslåtte prosjektoppgaven og rapportere disse skriftlig.

Hovedprosjektet skal evalueres med vanlige karakterer. Evalueringen vil bli gjort på grunnlag av det utførte arbeidet og av en rekke dokumenter og muntlige fremføringer/utspøringer samt regelmessige møter. Karakterene settes på individuelt grunnlag av intern veileder, intern sensor og ekstern sensor.

Høgskolen stiller intern veileder og intern sensor til rådighet i forbindelse med dette arbeidet.

6. UTGIFTER

Det vil påløpe en del utgifter i forbindelse med arbeidet. Disse dekkes på følgende måte:


Lønn	Studentene skal ikke motta lønn for arbeidet med hovedoppgaven. Den eksterne veilederens og sensors lønn og utgifter dekkes fullt ut av oppdragsgiver. Den interne veilederens og sensors lønn og utgifter dekkes fullt ut av høgskolen.
Innkjøp av utstyr	Innkjøp av utstyr og bøker skal ordnes via oppdragsgiver. Innkjøp utstyr og bøker er oppdragsgiver sin eiendom etter prosjektperioden.
Andre utgifter	Oppdragsgiver dekker studentenes direkte utgifter. Alle utgifter skal

10. VEDLEGGSLISTE

Ingen vedlegg til dette dokumentet.


KONGSBERG, 28. januar 2015

For Oppdragsgiver



(For Even Engedal)

For Høgskolen



Studentene:

Eirik Brendeløkken



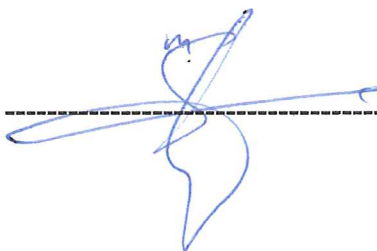
Morten A. Kjær



Erik Michalsen



Mark A. Steffens





Visjon

Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM-maskin 5129

Prosjektgruppe: Eirik Brendeløkken (EB)
Morten A. Kjær (MK)
Erik Michalsen (EM)
Mark A. Steffens (MS)

Prosjektleder: Erik Michalsen

Intern veileder: Kjell Enger

Kunde: GKN Aerospace Norway AS

Ekstern veileder: Even Engebakken

Visjon

Innholdsfortegnelse

Tabelloversikt	1
Vedlegg.....	1
1. Innledning.....	1
1.1. Formål med dokument.....	1
1.2. Liste over definisjoner og forkortelser	2
1.3. Oversikt	3
1.4. Referanser	3
2. Dokumenthistorie	4
3. Bakgrunn for prosjekt	6
4. Prosjektmål	8
4.1. Effektmål	9
4.2. Resultatmål	9
4.3. Prosessmål	10
4.4. Rammebetingelser	11
5. Interessenter.....	12
5.1. Interesseanalyse.....	12
6. Kritiske suksessfaktorer.....	13
6.1. Suksessfaktorenes viktighet.....	13
6.2. Analyse av suksessfaktorer for oppdragsgiver	14
6.3. Analyse av suksessfaktorer for prosjektgruppe	15
7. Lønnsomhetsgrunnlag for prosjektoppgaven.....	16
7.1. Verktøykostnader	16
7.2. Andre faktorer	16

Tabelloversikt

Tabell 1. Liste over definisjoner og forkortelser	2
Tabell 2. Rammebetingelser for HBV	11
Tabell 3. Rammebetingelser for GAN.....	11
Tabell 4. Interesseanalyse.....	12
Tabell 5. Suksessfaktorenes viktighet	13
Tabell 6. Analyse av suksessfaktorer for oppdragsgiver	14

Vedlegg

Vedlegg A:	<i>Prosjektmandat</i>
Vedlegg B:	<i>Sluttrapport for forprosjektet: "EDM Automatisering"</i>
Vedlegg C:	<i>Verktøyveksler og elektrodefresing</i>

Visjon

1. Innledning

1.1. Formål med dokument

Formålet med visjonsdokumentet er å dokumentere beslutningsgrunnlaget for å starte et prosjekt. Dette er det første grunnleggende dokumentet i prosjektet. Visjonsdokumentet legger grunnlaget for prosjektets videre utvikling. I tillegg skal det sørge for at partene går videre med en felles forståelse av overordnede mål og rammer for prosjektet.

Visjon

1.2. Liste over definisjoner og forkortelser

Definisjoner/forkortelser	Beskrivelse
CE	Conformité Européenne, garanti for at alle direktiver som har med sikkerhet å gjøre er oppfylt
CNC	Computer Numerical Control
Dielektrikum	Isolerende eller meget dårlig ledende materiale
Dropbox	Nettbasert lagringsapplikasjon som gir brukere mulighet for å lagre og synkronisere filer
EDM	Electrical Discharge Machining
GAN	GKN Aerospace Norway
HBV	Høgskolen i Buskerud & Vestfold
HiST	Høgskolen i Sør-Trøndelag
HMS	Helse, Miljø og Sikkerhet
Rektron	Industriell bedrift, leverer produkter for å øke stabile måleresultater
RFID	Radiofrekvensidentifikasjon
3R	Innspenningssystem til elektrodeholder

Tabell 1. Liste over definisjoner og forkortelser

Visjon

1.3. Oversikt

Dette dokumentet er satt opp på en slik måte at det tilfredsstiller intern og ekstern veileder.

Kapittel 2 skal redegjøre for endringer som er gjort dersom dette ikke er første versjon av dokumentet og hvorfor disse endringene er gjort.

Kapittel 3 beskriver en bakgrunn for prosjektet. Deler av innholdet er basert på Vedlegg A: *Prosjektmandat*, og Vedlegg C: *Verktøyveksler og elektrodefresing*.

Kapittel 4 beskriver hvilke prosjektmål som er definert og hvilke rammebetingelser som er bestemt fra interessentene i prosjektet.

Kapittel 5 beskriver interessentene i prosjektet.

Kapittel 6 beskriver hvilke faktorer som er nødvendige for at prosjektgruppen vil nå de målene som er satt i prosjektarbeidet.

Kapittel 7 beskriver et eksempel på om det er lønnsomt for oppdragsgiver å gjennomføre prosjektet.

1.4. Referanser

[1] Høgskolen i Sør-Trøndelag. (u.å). *Mal - Forstudierapport*. Hentet 22.01.2015, fra <http://hist.no/aitel/>.

[2] Høgskolen i Buskerud & Vestfold. (2014). *Veiledning av Bacheloroppgaven for Bachelor i ingeniørfag*. Kongsberg: HBV.

Visjon

2. Dokumenthistorie

Versjon	Kommentar	Forfatter	Dato
0.1	<ul style="list-style-type: none"> Dokument opprettet. 	MS	16.01.2015
0.2	Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> Bakgrunn for prosjekt. Lønnsomhetsgrunnlag for prosjekt. Interessenter. Risikoanalyse. Kritiske suksessfaktorer. 	MS, EB	20.01.2015
0.3	Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> Prosjektmål. Innledning. 	EM	22.01.2015
1.0	<ul style="list-style-type: none"> Endret grammatikk og setninger relatert til kap. 2. Bakgrunn for prosjekt. Oppdatert innholdsfortegnelse. Endret dokumentstruktur. Dokument godkjent. 	EM	23.01.2015
1.1	Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> Endret dokument slik at den følger retningslinjer for rapportskriving hentet fra HBV sine hjemmesider. 	EM	27.01.2015
1.2	Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> Fjernet risikoanalyse. Sammendrag. Figur –og tabelloversikt Regodkjennelse av dokument. 	EM	28.01.15

Visjon

1.3	Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none">• Revidert dokument etter gjennomgang av iterasjon 1	EM	21.03.15
1.4	Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none">• Revidert dokument etter gjennomgang av iterasjon 2	EM	22.04.15

Visjon

3. Bakgrunn for prosjekt

GAN har i dag totalt syv EDM-maskiner for produksjon av jetmotordeler. Det finnes en ny EDM-maskin med et automatisk 3R innspenningssystem til elektrodeholder og en CNC-maskin til fresing av elektroder fra grafittblokker. Ingen av de eldre maskinene bruker dette systemet i dag og setter dermed begrensninger for GAN-s rasjonalisering, fleksibilitet og flyt i forhold til nye produkter.

Innspenningssystemet som er installert på den nye maskinen gir bedre stabilitet ved måleresultater på de produserte delene. Systemet forkorter syklustiden da elektrodene ikke vibrerer under EDM-prosessen. Den nye maskinen åpner for fresing av elektroder fra grafittblokker, til forskjell fra dagens system, hvor de kjøper inn grafittplater som må freses og monteres manuelt. Den nye maskinen gir operatørene en god løsning for inn- og utlasting av elektroder og gir dermed bedre ergonomiske arbeidsforhold, noe som er viktig på en arbeidsplass.

Bakgrunnen for prosjektet er derfor å bygge om en av de gamle EDM-maskinene (5129), slik at manuelt arbeid som inn- og utlasting av elektroder og manuell justering av grafittplater fjernes. Dette fører til at produksjonen kan bli enklere, raskere, mer fleksibel og mer HMS-vennlig. Dersom ombyggingen av maskinen blir vellykket vil dette skape erfaring som kan tas med videre til ombygging av de andre gamle maskinene. I tillegg vil automatiserte prosesser kunne minske lønnskostnader og potensielt redusere gjennomløpstid og varer i arbeid. Dette vil kunne senke produksjonskostnader.

GAN har ingen god løsning på oppfølging av elektrodeendringer når grafittblokkene freses i CNC-maskinen. Dette gjøres opp mot flere ganger daglig. Dagens løsning går ut på at operatørene noterer på en ”gul lapp” som legges ved elektrodeholderen. Dette systemet sees på som en risiko fordi «papirlappen» kan bli borte under transportering fra CNC-maskin til EDM-maskinene. I tillegg kan operatører taste inn feil elektrodedata på EDM-maskinene, noe som fører til feil på deler.

Kortfattet beskrivelse av prosjektoppgaven blir derfor at prosjektgruppen skal oppgradere en av de gamle EDM-maskinene, med et automatisk verktøyvekslersystem og et automatisk innspenningssystem som passer til dagens fabrikkstandard. Det ønskes også at

Visjon

det finnes en løsning på lagring og behandling av elektrodedata som skal følge elektrodeholder gjennom arbeidsprosessen.

Visjon

4. Prosjektmål

Prosjektmål er en viktig del av visjonsdokumentet. HiST påstår at det gir grunnlag for[1]:

- Å bli enige med oppdragsgiver om hva som skal bli resultatet av prosjektet.
- Å kunne planlegge og styre.
- Å kunne vurdere i ettertid om resultatet av prosjektet ble slik som avtalt med oppdragsgiver.
- Å få en felles forståelse i prosjektgruppen for hva jobben går ut på.

Vi har lagt vekt på at målene er:

- *Målbare* - det må i ettertid være mulig å registrere om målet ble nådd.
- *Styrbare* - de må være veiledende i valg av handlingsalternativ.
- *Klart formulert* - det må være sikkert at alle som leser målene leser det samme.

Visjon

4.1. Effektmål

Effektmål er knyttet til oppdragsgiverens strategiske planer. De beskriver hva oppdragsgiveren vil oppnå med prosjektet. Følgende effektmål er hentet ut fra Vedlegg A: *Prosjektmandat*.

- Større utnyttelse av elektrodefresen som reduserer verktøykostnaden betraktelig.
- At operatøren slipper å spenne inn elektroder som gir bedre effektivitet av EDM maskinen og som fører til mindre behov for bemanning.
- Redusert toleranseoppbygging i elektrodeholder.
- Omstillingstid til nye produkter reduseres kraftig.
- Stabilitet i ny prosess vil føre til reduserte vedlikeholdskostnader.
- Åpne for at operatørene kan betjene flere maskiner enn de gjør i dag.
- HMS – Vil gi færre berøringer på grunn av nye holdere. Reduserer operatørens kontakt med dielektrikum.

4.2. Resultatmål

Resultatmål er knyttet til hva som konkret skal foreligge som resultat når prosjektet er ferdig.

- Nok dokumentasjonsunderlag for en ombygging til 0-punktssystem.
- Nok tegningsunderlag for produksjon av verktøyveksler som gir et bedre arbeidsmiljø i form av god løsning på inn –og utlasting av elektroder.
- De to resultatmålene gir igjen følgende resultatmål:
 - Stabile måleresultater i Rektron.
 - Elektrodebrekk minimert. Dette gir stabile spordybder.
 - Kortere syklustid da elektroden ikke vibrerer under prosessen.
 - Kan gi for brede spor om en ikke bytter elektrodefres i tide. Erfaringsdata regulerer her levetiden på elektrodefresene.
 - Fleksibelt - Ved tegningsendring kan en raskt implementere ny elektrodestørrelse ved å full-frese eksisterende blokker. Ved justering av elektroder kan en raskt få riktig posisjon ved å full-frese blokker.

Visjon

- Innovativt - Nye elektrodetyper kan på en rask og billig måte testes ut og en får raskt svar på om målene på tempi møtes og kvaliteten på delene møtes. Eventuelle justeringer kan raskt gjennomføres for deretter å verifiseres.
- Kan frese stort spor og pocket elektroder uten å utføre manuell pussing av radius-er for å få en glatt overgang.
- Innføre en løsning som gjør at en fjerner behovet for ”gul lapp”, samt reduserer risiko for feil inntasting av elektrode høyde.

4.3. Prosessmål

Prosessmål er knyttet til den prosessen prosjektet skal gjennom. De belyser prosjektgruppens forventninger og ambisjoner til prosjektet.

- Å levere et sluttprodukt som tilfredsstiller oppdragsgivers krav og spesifikasjoner.
- Å oppnå et resultat og sluttkarakter som alle i prosjektgruppen er tilfredsstilt med.
- Å realisere en egenutvikling i form av økt kompetanse i samarbeid og kommunikasjon.
- Å utfordre de kunnskapene vi har tilegnet oss gjennom våre studier, og teste de ut i praksis.

Visjon

4.4. Rammebetingelser

Rammebetingelser er absolutte krav som stilles til prosjektoppgavens gjennomføring og resultat. Dette vil ha avgjørende innflytelse på planer og valg i prosjektoppgaven.

Rammebetingelser er med på å synliggjøre viktige føringer og er derfor viktig å definere tidlig i prosjektarbeidet. Prosjektet forholder seg til rammebetingelser fra både HBV og den primære interessenten GAN.

HBV, avdeling Kongsberg
Prosjektgruppen skal levere prosjektoppgaven, «Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM maskin 5129», senest 19.05.2015
Prosjektgruppen har tre obligatoriske presentasjoner for HBV.
<ol style="list-style-type: none"> 1. Presentasjon en: 02.02.2015 2. Presentasjon to: 25.03.2015 3. Presentasjon tre: 29.05.2015
HBV står ikke økonomisk ansvarlig for utstyr og deler.

Tabell 2. Rammebetingelser for HBV

GAN
Det skal utarbeides en lønnsomhetsanalyse for prosjektoppgaven, «Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM maskin 5129», som må godkjennes av GAN.
Prosjektoppgaven fra GAN begrenser seg til modifisering av en EDM maskin.
Produksjonen skal kontinuerlig være i drift. Eventuell stopp av produksjon og testing av maskin må planlegges sammen med driftsledere.
Produktet som lages i prosjektoppgaven skal tilfredsstille CE krav og skal være CE-godkjent.

Tabell 3. Rammebetingelser for GAN

Visjon

5. Interessenter

5.1. Interesseanalyse

Vi har tre forskjellige interessenter, og disse er primære, sekundære og nøkkelinteressenter. Primære interessenter er de som påvirker prosjektet positivt eller negativt. Sekundære interessenter er ulike mellomledd, som personer eller bedrifter som indirekte påvirker prosjektets gang. Nøkkelinteressenter er personer i bedriften som har betydningsfull innvirkning på prosjektet eller styring av prosjektets gang. Tabellen (tab. 4) viser en oversikt over type interessenter.

Type interessent	Hvem	Bidrag til prosjektet
Primær	1. GAN	1. Beslutningstaker, ansvar
Sekundær	1. Kongsberg TEROTECH 2. NORMA TEKNISKE KOMPANI 3. Exeron 4. Høgskolen i Buskerud & Vestfold 5. System 3R 6. Festo Norge 7. Primatech 8. Sandnes Glassindustri og Speilfabrikk 9. Aluflex	1. Kunnskap, veiledning 2. Kunnskap 3. Kunnskap, veiledning 4. Rammebetingelser 5. CAD filer 6. Kunnskap, veiledning 7. HMS 8. Pristilbud 9. Pristilbud
Nøkkel	1. Even Engebakken 2. Rune Ellefsen 3. Espen Polanscak 4. John-Kristian Stavem 5. Jorge Pino	1. Administrativt 2. Kunnskap, ansvar 3. Kunnskap, ansvar 4. Kunnskap, ønsker 5. Godkjennelse, ønsker

Tabell 4. Interesseanalyse

Visjon

6. Kritiske suksessfaktorer

Kritiske suksessfaktorer er de faktorene som er nødvendige for at en prosjektgruppe kan nå sitt mål i prosjektarbeidet[1]. For et vellykket prosjektarbeid er det viktig å kartlegge disse kritiske punktene som sikrer fremgang og suksess for prosjektgruppen og arbeidsgiver. Suksessfaktorer kan observeres og påvirkes, men det er de kritiske som må prioriteres for å oppnå suksess. Kritiske suksessfaktorer kan deles opp i to definisjoner:

- Hva hindrer prosjektgruppen i å lykkes med prosjektarbeidet.
- Hva skal til for at prosjektgruppen når sine mål.

Vi har utarbeidet et skjema for å kartlegge kritiske suksessfaktorer og finne ut hvordan prosjektgruppen kan oppnå dem, hvilke hindringer som kan stoppe prosjektgruppen. Vi har også laget en gradering av viktigheten av suksessfaktoren.

6.1. Suksessfaktorenes viktighet

Tabellen (tab. 5) viser viktighetsgraden av suksessfaktorene.

Veldig viktig	En suksessfaktor som må prioriteres foran mindre viktige faktorer. Viktig for prosjektets gjennomføring og suksess.
Viktig	En suksessfaktor som er viktig, men som blir nedprioritert av viktigere faktorer. Knyttes til delmål, ønsker og prosjektgruppen i prosjektprosessen.

Tabell 5. Suksessfaktorenes viktighet

Visjon

6.2. Analyse av suksessfaktorer for oppdragsgiver

Analyse av suksessfaktorer utføres for å belyse både målrettede tiltak og eventuelle hindringer. Alle suksessfaktorer blir gradert som henholdsvis veldig viktig (rød) og viktig (grønn) for prioriteringshensyn.

Nr.	Kritiske suksessfaktorer	Hvordan nå målsetting	Hindringer	Grad
1.	Prosjektet må være lønnsomt for oppdragsgiver.	Gjennom lønnsomhetsanalyse må prosjektgruppen bevise for oppdragsgiver at oppgradering av EDM 5129 er lønnsomt.	Problemer knyttet til innhenting av informasjon om kostnader hos oppdragsgiver.	
2.	Oppgradering av EDM 5129 må være tilpasset videre utvikling av produksjonslinje.	Gjennom god kommunikasjon skal prosjektgruppen tolke og forstå oppdragsgivers ønsker for videre utvikling av produksjonslinje.	Misforståelser kan føre til problemer i videre oppgradering av produksjonslinjen.	
3.	Produktet som leveres til GAN skal følge CE-krav og være CE-godkjent.	Følge CE-regelverk og designe etter disse retningslinjer.	Forsinkelser i eller mangler til CE-godkjenning.	
4.	Større utnyttelse av elektrodefresen, som reduserer verktøykosten betraktelig.	En ombygging til 0-punktsystem.	Feil eller mangelfull ombygging av EDM maskin. Overbelastning eller stans av elektrodefres.	
5.	Redusere risiko for feil inntasting av elektrodedata.	Implementere et system som følger elektrodeblokker i produksjonen.	Systemfeil som fører til datatap.	

Tabell 6. Analyse av suksessfaktorer for oppdragsgiver

Visjon

6.3. Analyse av suksessfaktorer for prosjektgruppe

Nr.	Kritiske suksessfaktorer	Hvordan nå målsetting	Hindringer	Grad
1.	Hvorfor skal GAN velge oss for videre oppgradering av EDM maskiner.	Levere et godt prosjekt som tilfredsstiller oppdragsgivers ønske.	<ul style="list-style-type: none"> Problemer knyttet til gjennomføring, da spesielt tid og problematiske situasjoner. 	
2.	Nå milepæler satt i prosjektplanleggingsfasen.	Utarbeide en prosjektplan som tydelig viser hvordan prosjektgruppen skal nå sine milepælene.	<ul style="list-style-type: none"> Ukjente hendelser. Dårlig planlegging. Misforståelser internt i prosjektgruppen. 	
3.	Utnytte arbeidstiden.	Jobbe strukturert og effektivt.	<ul style="list-style-type: none"> Dårlig kommunikasjon. Jevnlig avsporinger. Sykdom. 	
4.	Tilrettelegging fra høgskole.	Opprette god kommunikasjon med veileder og fakultetsleder for teknologifag.	<ul style="list-style-type: none"> Feil eller mangelfull informasjon. 	

Tabell 7. Suksessfaktorer for prosjektgruppe

Visjon

7. Lønnsomhetsgrunnlag for prosjektoppgaven

7.1. Verktøykostnader

Det er viktig å vurdere om prosjektet vil være lønnsomt for oppdragsgiver. Tabellen viser en sammenlikning av verktøykostnader for gammel og ny maskin. Informasjonen er hentet fra Vedlegg B: *Sluttrapport for forprosjektet: "EDM Automatisering"*. Vi ser dermed lønnsomheten av sparte kostnader etter oppgraderingen av EDM-maskinen.

Maskintype	Produserte deler før elektrodebytte	Et sett med utstyr	Verktøykostnader
Gammelt maskinsystem	30	1414,-	47,10 per del
Nytt maskinsystem	74	1222,-	16,50 per del

Tabell 8. Sammenlikning av verktøykostnader

7.2. Andre faktorer

Nytt maskinsystem gir også disse faktorene som påvirker lønnsomhetsgrunnlaget indirekte:

- Stabile måleresultater.
- Minimerer elektrodebrekk, noe som gir mer stabil spordybde.
- Gir mer fleksibilitet.
- Innovativt - nye elektrodetyper kan på en rask og billig måte testes ut.



Prosjektplanlegging

Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM maskin 5129

Prosjekt gruppe: Eirik Brendeløkken (EB)

Morten A. Kjær (MK)

Eirik Michalsen (EM)

Mark A. Steffens (MS)

Prosjektleder: Erik Michalsen

Intern veileder: Kjell Enger

Kunde: GKN Aerospace Norway AS

Ekstern veileder: Even Engebakken

Prosjektplanlegging

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	1
1.1. Formål med dokument	1
1.2. Liste over definisjoner og forkortelser	2
1.3. Oversikt	3
1.4. Referanser.....	3
2. Dokumenthistorie	4
3. Organisasjon	7
3.1. Prosjektgruppen	7
3.2. Gruppeprofil.....	8
3.3. Samarbeidskontrakt.....	10
3.4. Prosjektorganisering.....	15
3.4.1. Prosjektorganiseringsstruktur	15
3.5. Ansvarsområder	17
4. Prosjektmodell	18
5. Prosjektets faser.....	23
5.1. Forstudie.....	23
5.2. Utvikling.....	23
5.3. Design og dokumentasjon.....	23
5.4. Prosjektets omfang.....	25
5.5. Prosjektets milepæler og hovedaktiviteter	26
6. Oppfølging.....	27
6.1. Oppfølgingsdokument	27
6.2. Timelister	27
6.2.1. Registrering av timer	27
6.3. Møtestruktur	27
6.3.1. Gruppemøter	27
6.3.2. Møte, intern veileder	28
6.3.3. Møte, ekstern veileder.....	28
7. Fremdrift	29
7.1. Aktivitetsplan.....	29
7.2. Gantt diagram	29
7.3. Work Breakdown Structure (WBS)	29
8. Risiko	30
8.1 Risikoanalyse	30
8.1.1 Konsekvensanalyse	30
8.1.2 Sannsynlighetsanalyse	31
8.1.3 Risikomatrise.....	31
8.2 Analyse av risikoscenarioer.....	32

Prosjektplanlegging

9. Dokumenter..... 34**Tabelloversikt**

Tabell 1, Liste over dokumenthistorie	2
Tabell 2. Ansvarsområder.....	17
Tabell 3. Tabell som viser datoer for iterasjonsfasene	22
Tabell 4. Milepælsplan	26
Tabell 5. Konsekvensanalyse	30
Tabell 6. Sannsynlighetsanalyse.....	31
Tabell 7. Risikomatrise.....	31
Tabell 8. Fargekode for risikomatrise.....	32
Tabell 9. Risikoscenarioer	33

Figuroversikt

Figur 1. Prosjektorganiseringsstruktur	15
Figur 2, Prosjektmodell	19
Figur 3, Prosjektets omfang.....	25

Vedlegg

Vedlegg A:	<i>Prosjektmandat</i>
Vedlegg D:	<i>Gantt</i>
Vedlegg E:	<i>Aktivitetsplan</i>
Vedlegg F:	<i>Timeregistrering</i>
Vedlegg G:	<i>Møtestruktur</i>
Vedlegg H:	<i>WBS</i>

Prosjektplanlegging

1. Innledning

1.1. Formål med dokument

Dette dokumentet skal vise hvordan gruppen har planlagt å gjennomføre prosjektet. Det blir tatt i bruk ulike prosjektplanleggingsmetoder for å strukturere arbeidsprosessen.

Det tar også for seg hvilke forventninger, ressurser og blokkeringer prosjektgruppen har for prosjektarbeidet beskrevet i Gruppeprofil. I tillegg er det utarbeidet en samarbeidskontrakt beskrevet i Samarbeidskontrakt som inneholder enkelte grunnleggende vilkår for samarbeidet og en plan for hvordan prosjektgruppens mål skal kunne nås.

For å sikre at fremdriften følger timeestimatet som er gitt i Vedlegg D: *Gantt*, er det blitt utarbeidet en struktur for registrering av antall timer brukt på de ulike aktivitetene som er vist i Vedlegg E: *Aktivitetsplan*. Det viser varigheten av hver aktivitet og hvem som er ansvarlig for aktiviteten.

En prosjektmodell beskrevet i kapittel 4. *Prosjektmodell* er utarbeidet for å dele prosjektet inn i faser for å ivareta prosjektets fremgang. Det vil være behov for oppdatering av dokumentet underveis i prosjektperioden.

Prosjektplanlegging

1.2. Liste over definisjoner og forkortelser

Forkortelse	Beskrivelse
Dropbox	Nettbasert lagringsapplikasjon som gir brukere mulighet for å lagre og synkronisere filer
EDM	Electrical Discharge Machining
FEM-analyse	Finite Element Methods - analyse
GAN	GKN Aerospace Norway
Gantt	Prosjektstyringsverktøy
HBV	Høgskolen i Buskerud & Vestfold
HMS	Helse, Miljø og Sikkerhet
SW	SolidWorks
WBS	Work Breakdown Structure

Tabell 1, Liste over dokumenthistorie

Prosjektplanlegging

1.3. Oversikt

Dette dokumentet er satt opp på en slik måte at det tilfredsstiller intern og ekstern veileder.

Kapittel 2 skal redegjøre for endringer som er gjort dersom dette ikke er første versjon av dokumentet og hvorfor disse endringene er gjort.

Kapittel 3 beskriver hvordan prosjektet er organisert. Hvilke forventinger, ressurser, hindringer, roller med mer har gruppen til prosjektet.

Kapittel 4 beskriver hvilken prosjektmodell som er valgt og hvordan man skal bruke den.

Kapittel 5 viser en oversikt over hvilke faser som er i prosjektet.

Kapittel 6 beskriver hvilke retningslinjer som gjelder ved oppfølging av prosjektet. Møter, timelister med mer dekker dette kapitlet.

Kapittel 7 skal gi leseren et overblikk av fremdriften knyttet til prosjektet. Kapitlet inneholder timelister, aktiviteter og en fremdriftsplan.

Kapittel 8 beskriver hvilken risiko prosjektet innebærer. Kapitlet inneholder ulike tabeller og figurer som skal blant annet finne korrigerende tiltak av risikoscenarioer.

Kapittel 9 beskriver dokumentstruktur og hvordan prosjektgruppen gjennomfører arbeid med og rundt dokumenter.

1.4. Referanser

[1] Wikipedia. (2014). *MIL-STD-498*. Hentet 24.01.2015, fra <http://en.wikipedia.org/wiki/MIL-STD-498>

Prosjektplanlegging

2. Dokumenthistorie

Versjon	Kommentar	Forfatter	Dato
0.1	<ul style="list-style-type: none"> Dokument opprettet. 	MAK	16.01.15
0.2	Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> Gruppeprofil_BachelorOppgave_rev1.0. Samarbeidskontrakt_BachelorOppgave_rev1.0. 	EB	19.01.15
0.3	Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> Innledning. Prosjektmodell. Oppfølging. 	EM	26.01.15
1.0	Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> Tabelliste. Figurliste. Organisasjon. Prosjektets faser. Fremdrift Risiko Dokumenter Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> Oppdatert innholdsfortegnelse. Endret dokumentstruktur. Dokument godkjent. 	EM	28.01.15
1.1	<ul style="list-style-type: none"> Prosjektmodell oppdatert og revidert tekst. 	MK	07.03.15
1.2	Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> 3.3 Samarbeidskontrakt. 3.5 Ansvarsområder. <ul style="list-style-type: none"> Eirik Brendeløkken legges til som 	MK	20.03.15

Prosjektplanlegging

	<p>ansvarlig for kravspesifikasjonsdokument.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Erik Michalsen legges til som ansvarlig for konseptutredning og design. • 5.4 Prosjektets omfang. <ul style="list-style-type: none"> ○ Endring på navn på figur 3. • 5.5 Milepælsplan. <ul style="list-style-type: none"> ○ Innsetting av dato til presentasjon 2. 		
1.3	<ul style="list-style-type: none"> • 3.3 Samarbeidskontrakt: <ul style="list-style-type: none"> ○ Samarbeidskontrakt har blitt oppdatert, legg til ny revidering rev1.1. ○ Samarbeidskontrakten må signeres på nytt. • 3.5 Ansvarsområder <ul style="list-style-type: none"> ○ Eirik Brendeløkken legges til som ansvarlig for kravspesifikasjonsdokument. ○ Erik Michalsen legges til som ansvarlig for konseptutredning og design. • 5.4 Prosjektets omfang: <ul style="list-style-type: none"> ○ Gjør avtalte endringer på figur 3. • 5.5 Milepælsplan: <ul style="list-style-type: none"> ○ Endre dato til presentasjon 2. 	MK	<p>Endret: 20.03.15</p> <p>Lagt til: 24.04.15</p>
1.4	<ul style="list-style-type: none"> • 1.3 Oversikt: <ul style="list-style-type: none"> ○ Lagt til informasjon om kapittel 9. • 4 Prosjektmodell: <ul style="list-style-type: none"> ○ Lagt til mer informasjon rundt prosjektmodell og iterasjoner. ○ Lagt til ny tabell 3. • 5.4 Prosjektets omfang: <ul style="list-style-type: none"> ○ Lagt til mer informasjon rundt prosjektets omfang. 	MK	26.04.15

Prosjektplanlegging

	<ul style="list-style-type: none"> 7.1 Tidslinje: <ul style="list-style-type: none"> Fjernet. Prosjektgruppen følger tidslinje gjennom Gantt diagram og milepælsplan. 8.2 Analyse av risikoscenario: <ul style="list-style-type: none"> Oppdaget feil risikobokstav på rad: Tap av lagret data, endret fra M til Y. Tabeller oppdatert på grunn av ny tabell i kapittel 4 Prosjektmodeller. 		
1.5	<ul style="list-style-type: none"> 4 Prosjektmodell: <ul style="list-style-type: none"> Lagt til mer informasjon rundt prosjektmodell og iterasjoner. 	MS	18.05.15

Prosjektplanlegging

3. Organisasjon

3.1. Prosjektgruppen

**Eirik Brendeløkken**

Utdannelse/erfaring: Rørlegger

Bosted: 1395 Hvalstad

Tlf: 413 17 613

Mail: Eirik_brendelokken@hotmail.com

**Morten Akerholt Kjær**

Utdannelse/erfaring: Automatiker

Bosted: 3612 Kongsberg

Tlf: 916 43 991

Mail: Morten.a.kjar@gmail.com

**Erik Michalsen**

Utdannelse/erfaring: Rørlegger

Bosted: 3028 Drammen

Tlf: 920 28 985

Mail: Erimic-90@hotmail.com

**Mark Alexander Steffens**

Utdannelse/erfaring: Energiteknikker

Bosted: 3619 Skollenborg

Tlf: 907 99 407

Mail: Msteffens.hibu@gmail.com

Prosjektplanlegging

3.2. Gruppeprofil

1. Prosjektgruppens forventninger

- 1.1. Alle prosjektmedlemmer skal bidra til å skape et godt prosjekt under prosjektperioden, samt å skape et godt arbeidsmiljø innad i prosjektgruppen.
- 1.2. Alle skal få si sine meninger under diskusjon.
- 1.3. Prosjektgruppens medlemmer skal følge fastsatte tidsfrister og fremdriftsplan.
- 1.4. Ved sykdom e.l. skal det meldes fra til prosjektgruppen.
- 1.5. Møter med prosjektgruppen (og/eller eksterne sensorer, veiledere, osv.) skal være produktive.
- 1.6. Prosjektgruppens medlemmer skal ta på seg sine roller. En styrende leder og deltakere som tar ansvar.
- 1.7. Alle prosjektmedlemmer ønsker å få et godt resultat ut av oppgaven, samt et godt læringsutbytte av hele prosessen.
- 1.8. Det skal være en formell kleskode når vi møter representanter fra kunden/oppdragsgiver.

2. Prosjektgruppens ressurser

- 2.1. Alle prosjektmedlemmer har fagteknisk bakgrunn.
- 2.2. Prosjektmedlemmene har erfaring fra arbeidslivet og prosjektarbeid.
- 2.3. Gode muligheter for kommunikasjon, deling/lagring av dokumenter, oversikt via data relaterte verktøy (Excel, Microsoft Project Manager, Dropbox, etc.) og sosiale medier.
- 2.4. Gode samarbeidsegenskaper innad i prosjektgruppen.
- 2.5. Delt kunnskap innen forskjellige fagfelt da prosjektgruppen består av studenter fra elektro- og maskiningeniør utdanning.
- 2.6. Prosjektgruppen har et faglig nettverk da vi har flere forskjellige bakgrunner og muligheter for tips og råd fra interne/eksterne personer hvis det blir aktuelt.

Prosjektplanlegging

3. Prosjektgruppens blokkeringer

- 3.1. Prosjektgruppens medlemmer har jobbet i prosjektarbeider før, men ikke i en slik sammenheng (for og med en ekstern bedrift)
- 3.2. Noen av prosjektgruppens medlemmer har en familiesituasjon som kan kreve at de ikke kan være deltakende på aktuelle dager, eller at problemer oppstår og de kan derfor ikke møte til avtalte møter/arbeidsdager.
- 3.3. Undervisning ved Høgskolen i Buskerud og Vestfold vil forekomme under deler av prosjektet. Dette må tas hensyn til da det vil være eksaminering i de aktuelle fagene.
- 3.4. Noen av prosjektgruppens medlemmer har lang reisevei til skolen/bedriften og problemer kan oppstå slik at det vil være vanskelig å møte til avtalt tid.
- 3.5. Trenger et arbeidsted for stillhet og ro slik at prosjektgruppens medlemmer kan jobbe uten forstyrrelser fra andre. Skole stiller med rom på Høgskolen i Buskerud og Vestfold avdeling Kongsberg.

Prosjektplanlegging

3.3. Samarbeidskontrakt

1. Kommunikasjon i prosjektgruppen

1.1. Prosjektgruppen sikter på å ha møter minst en gang i uken, det skal sendes ut møteinnkallelse til prosjektmedlemmer og interne/eksterne veiledere fra bedrift og skole. Interne prosjektmøter er satt til fredager, og skal inneholde en todelt struktur:

1.1.1. Fast møteagenda der prosjektgruppen tar for seg temaene: Gantt plan og fremdrift, oppfølgingsdokumentet og en ”runde rundt bordet” der prosjektmedlemmene kan luften tanker om problemer eller lignende.

1.1.2. Løs agenda der prosjektgruppen tar for seg temaer som har blitt foreslått. Alle saker som skal bli tatt opp på dette møte skal leveres til Erik senest torsdagen før møte innen klokken 13:00. Endelig agenda skal utarbeides innen 14:00.

Interne møter skal starte klokken 08:15, og prosjektleder avgjør hvor mye tid som skal brukes på hvert tema i den løse agendaen.

1.2. Det skal skrives et referat fra møtene og prosjektgruppens medlemmer rullerer på rollen som møtereferent hvis ikke annet er spesifisert eller avtalt.

1.3. Før hvert veiledermøte skal det skrives et oppfølgingsdokument. Dokumentet skal inneholde hva gruppen har gjort i foregående uke, hva prosjektgruppen planlegger å gjøre mot neste møte og informasjon om den generelle tilstanden til prosjektet. Oppfølgingsdokumentet skal leveres til veileder senest 24 timer før prosjektgruppen møtes.

1.4. Digitale verktøy og sosiale medier skal brukes i prosjektprosessen. Det skal gis beskjed ved opplasting av filer e.l., slik at alle gruppemedlemmer får innsyn i aktuelle dokumenter.

1.5. For å informere prosjektgruppen om diverse temaer skal det skrives et innlegg på prosjektgruppens Facebook side. Facebook skal sjekkes av alle prosjektmedlemmer minst en gang om dagen, senest klokken 20:00.

Prosjektplanlegging

Spørsmål som stilles via Facebook (se over arbeid, spørsmål, eller lignende) skal svares på av de andre gruppemedlemmene.

1.6. Hastemeldinger som ikke er inne til tidsfrist spesifisert i punkt 1.5 skal sendes over SMS eller telefonsamtale. Dette skal helst ikke forekomme.

1.7. Ukentlig kontakt ved veileder(e).

1.8. Viktig informasjon som blir tatt opp utenom møtetider skal skrives ned i et memo. Dette memoet skal skrives inn så fort så mulig etter at informasjon er utdelt og legges inn på Dropbox.

1.9. Kommunikasjon rundt arbeidsoppgaver:

Arbeidsoppgaver som blir delt ut av prosjektleder skal forklares til gruppemedlemmet som skal jobbe med dette, slik at prosjektmedlemmer forstår hva oppgaven innebærer. Det er også viktig at prosjektmedlemmene spør hvis det er noe man lurer på.

2. Beslutningsprosesser

2.1. For beslutninger som krever godkjenning fra bedriften eller skolen, skal disse gjøres av prosjektgruppen i samråd med de aktuelle veilederne (eksterne og/eller interne).

2.2. Prosjektgruppen diskuterer i felleskap (skriftlig og muntlig) og beslutninger tas deretter.

2.3. Ved uenighet under diskusjon, er det prosjektleder som avgjør uenigheten.

2.4. Skulle det bli problemer, uenigheter, konflikter e.l. skal vi prøve å løse disse selv internt i prosjektgruppen. Er ikke dette mulig blir veileder(e) kontaktet.

3. Ledelse

3.1. Prosjektgruppen har valgt en fast prosjektleder for prosjektet. Prosjektlederens oppgave blir å kontrollere og delegere arbeid blant prosjektgruppens medlemmer. Prosjektleder vil også styre gruppen mot sine mål i prosjektprosessen.

3.2. Prosjektleder vil også ha rollen som ordstyrer på prosjektmøter, både interne (prosjektgruppen) og eksterne (med bedriftens veiledere). For veiledermøter med intern veileder skal det rulleres på hvem som er ordstyrer mellom prosjektmedlemmene.

Prosjektplanlegging

4. Normer

- 4.1. Alle prosjektmedlemmer skal få si sin mening under diskusjon.
- 4.2. Alle skal være delaktige under diskusjon der vi drøfter ideer og forslag.
- 4.3. Tilbakemeldinger kan gis enten positivt eller negativt, konstruktiv kritikk er også en del av tilbakemeldingen.
- 4.4. Alle skal følge prosjektgruppens regler, blir ikke dette overholdt kan det få konsekvenser.

5. Regler/konsekvenser

- 5.1. Møte til avtalt tid.
- 5.2. Formell kleskode når vi har offisielle møter med oppdragsgiver og nøkkelinteressenter.
- 5.3. Ved planlagt fravær skal dette spesifiseres i fraværskalender. Ved fravær grunnet sykdom osv. skal gruppemedlemmer si ifra som spesifisert i punkt 1.5 og 1.6.
- 5.4. Delegerte oppgaver skal gjøres innen tidsfrist. Oppgaver som ikke gjennomføres innen tidsfristen skal informeres om til prosjektleder, dette blir videre notert i et Excel dokument på følgende måte:
 - 5.4.1. Ikke sagt ifra: Det noteres at oppgaven ikke er fullført innen tidsfrist og at prosjektleder ikke har blitt informert. Veileder oppdateres ukentlig på dette punktet.
 - 5.4.2. Sagt ifra: Det noteres at oppgaven ikke er fullført inne tidsfrist, men at prosjektleder har blitt informert.
 - 5.4.3. Prosjektleder bestemmer om gruppemedlem fortsetter med oppgaven eller om den delegeres til et annet gruppemedlem.
- 5.5. Samarbeidskontrakten skal følges.
- 5.6. Brudd på regler noteres på lik måte i et Excel dokument som i punkt 5.4. Ved gjentagende eller ved alvorlig brudd på regler føre til utkastelse av prosjektgruppen.
- 5.7. Timer skal fylles inn i timelister etter endt arbeidsdag. Dette er for å sikre et reelt timeantall og unngå usikkerheter rundt timer. De dagene prosjektgruppen jobber sammen skal timer skrives i felleskap.

Prosjektplanlegging

5.8. Tidsfristen for å ha ferdigutfylte timelister og oppfølgingsdokument settes til mandag klokken 12:00.

6. Roller

- 6.1. Prosjektlederen i gruppen skal ta på seg en lederrolle og sørge for at han har full oversikt og kontroll over prosjektgruppens arbeid den/de aktuelle uken/ukene, og at dette blir gjort.
- 6.2. Prosjektmedlemmer har ansvar for å gjøre tildelte oppgaver innenfor tidsfrister (satt av prosjektgruppen/prosjektleder og fremdriftsplan). Ved problemer må dette meldes fra til resten av prosjektgruppen, samme gjelder hvis man ikke klarer å holde tidsfrister. Se punkt 5.4.
- 6.3. Alle prosjektmedlemmer skal bidra i sin rolle for at gruppen får mest ut av arbeidet, og alle roller er like viktige for en god gjennomføring av prosjektarbeidet.
- 6.4. Hvert enkelt prosjektmedlem har ansvar for å notere tidsforbruk i vårt timeregistreringsark i Excel. Se punkt 5.7 og 5.8.

7. Oppmøte

- 7.1. Det vil bli obligatorisk oppmøte på alle møter som er innkalt av gruppen, skolen eller bedriften så sant ikke noe annet er avtalt på forhånd.
- 7.2. Ved hindringer (sykdom, transport, e.l.), skal det meldes fra så tidlig som mulig til prosjektleder. Se punkt 1.5 og 1.6.
- 7.3. Prosjektleder får i oppgave å melde fra til andre møtedeltakere eller prosjektmedlemmer hvis det er frafall av deltakere.
- 7.4. Faste arbeidsdager der prosjektgruppen møtes blir satt til:
 - 7.4.1. Onsdager fra 08:00 til 16:00
 - 7.4.2. Fredag fra 08:00 til 14:00

Prosjektplanlegging

8. Godkjenning/signatur

- 8.1. Ved å signere på dette dokumentet erklærer prosjektmedlemmene at de er innforstått med de retningslinjene som blir beskrevet i samarbeidskontrakten for prosjektarbeidet (bacheloroppgave) for GKN Aerospace:
Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM maskin 5129.

Eirik Brendeløkken

Morten A. Kjær

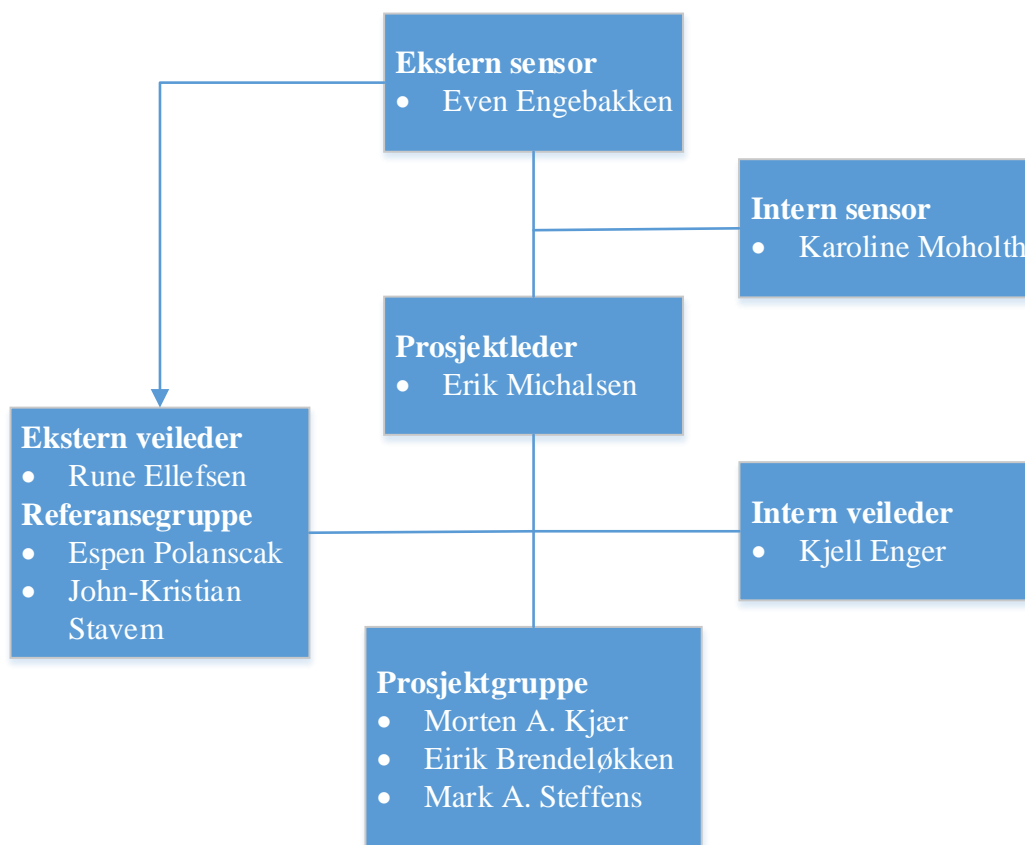
Erik F. Michalsen

Mark A. Steffens

Prosjektplanlegging

3.4. Prosjektorganisering

3.4.1. Prosjektorganiseringsstruktur



Figur 1. Prosjektorganiseringsstruktur

- **Intern sensor:** Den interne sensoren skal være i et panel på tre personer, som har i oppgave å sensurere prosjektoppgaven. Den interne sensoren skal også ha kjennskap til hva hver enkelt i prosjektgruppen har gjort og skal gjøre i prosessen frem til levering av oppgaven.
- **Ekstern sensor:** Den eksterne sensoren skal være med i panelet sammen med intern sensor. Den eksterne sensoren ser på prosjektgruppens arbeid fra den primære interessentens side.

Prosjektplanlegging

- **Intern veileder:** Den interne veilederen har som oppgave å støtte og veilede prosjektgruppen gjennom prosjektoppgaven. Oppfølgingen fra den interne veileder skal være tett, men skal i utgangspunktet ikke gripe inn eller unødig hjelpe prosjektgruppen gjennom prosjektoppgaven. Den interne veilederen skal være med i panelet, sammen med intern og ekstern sensor.
- **Ekstern veileder:** Den eksterne veilederen har en todelt oppgave. Personen skal i utgangspunktet stille som kunde, og derfor besvare spørsmål prosjektgruppen som er rettet mot prosjektoppgaven. Den eksterne veilederen skal også hjelpe prosjektgruppen med nødvendige ressurser som kreves for at prosjektoppgaven skal kunne gjennomføres. Ressurser i dette tilfellet er; utstyr, programvare, faglig informasjon og veiledning.
- **Referansegruppe:** Referansegruppen skal hjelpe ekstern veileder og prosjektgruppen med ressursbehov og faglig kompetanse.

Prosjektplanlegging

3.5. Ansvarsområder

Ansvar	Beskrivelse	Person
Prosjektleder	Prosjektleder får sine rammer fra intern –og ekstern sensor.	EM
Risikovurdering / HMS	<ul style="list-style-type: none"> • Ansvarlig for å utarbeide risikoanalyser for prosjekt. • Ansvarlig for kartlegging av sikkerhetskrav og andre regelverk som vil styre prosjektoppgaven. 	EB, MS
Økonomi	Ansvarlig for kartlegging av eventuelle kostnader prosjektoppgaven har.	EM
System - Software	Ansvarlig for anskaffelse av nødvendig Software prosjektoppgaven og prosjektgruppen trenger gjennom prosjekttiden.	MK
WEB	Ansvarlig for oppsett av webside, og oppdatering av informasjon som for eksempel presentasjons datoer.	MS
Visjonsdokument	Ansvar for oppretting, oppfølging og ferdigstilling av dokument.	EM
Prosjektplanlegging	Ansvar for oppretting, oppfølging og ferdigstilling av dokument.	MK
Kravspesifikasjon	Ansvar for oppretting, oppfølging og ferdigstilling av dokument.	MK, EB
Testspesifikasjon	Ansvar for oppretting, oppfølging og ferdigstilling av dokument.	MS
Konseptutredning og design	Ansvar for oppretting, oppfølging og ferdigstilling av dokument.	EB, EM

Tabell 2. Ansvarsområder

Prosjektplanlegging

4. Prosjektmodell

Valg av riktig prosjektmodell har vært en utfordring. Det finnes mange ulike prosjektmodeller, med både fordeler og ulemper. HBV anbefalte å bruke en evolusjonær modell. Dette har prosjektgruppen tatt i betraktning under utvelgelsen av prosjektmodell. En evolusjonær modell åpner for inkrementelle og iterative prosesser. Denne modellen tillater endringer både tidlig og sent i prosjektprosessen. Et eksempel kan være en endring i designfasen som gjør at krav må justeres.

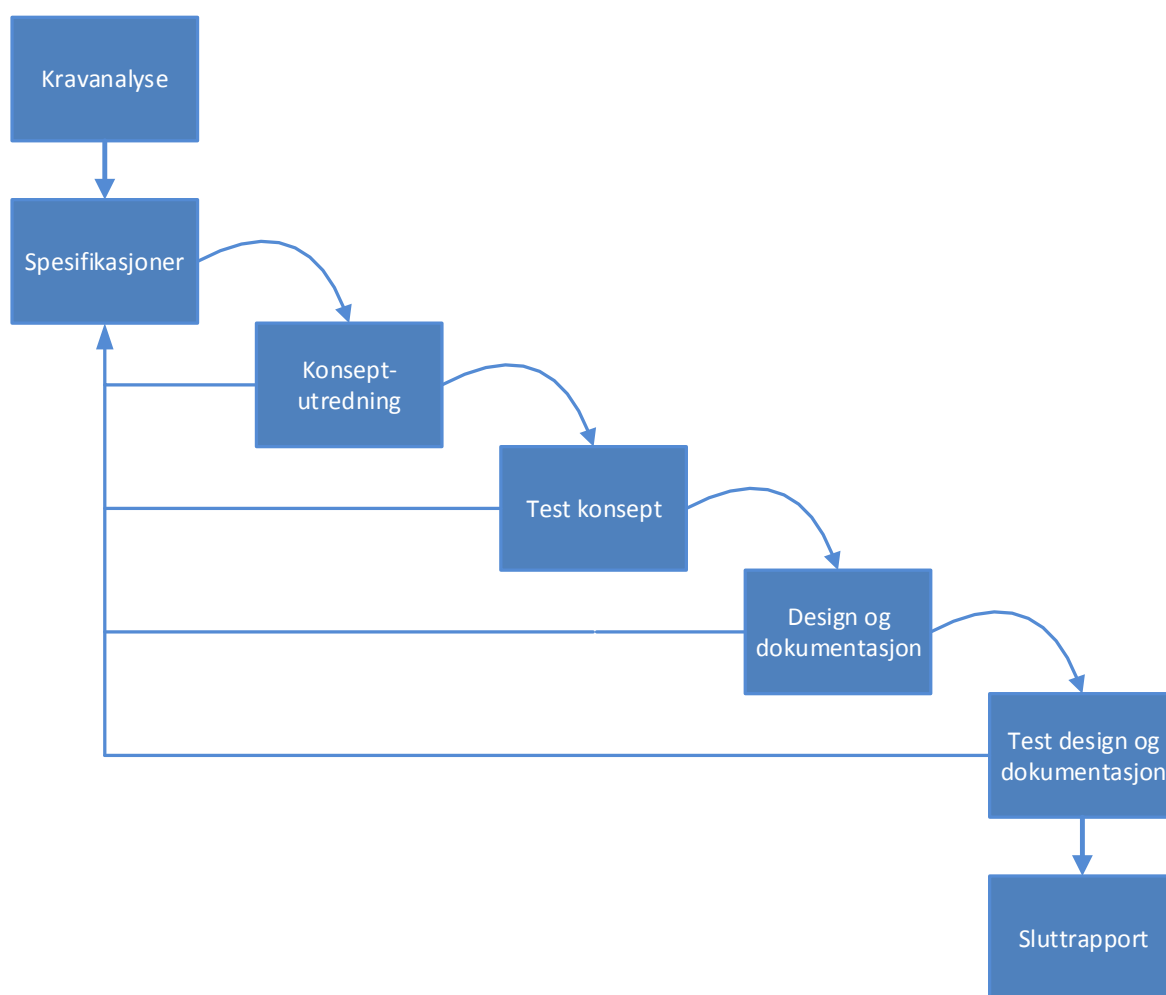
Noen av faktorene som har påvirket valget av prosjektmodell er for eksempel at det ikke er planlagt bruk av prototyper, at flere konsepter planlegges utarbeidet og at det er en stor sannsynlighet for at en del av kravene ikke vil endres underveis i prosjektet.

To av prosjektmodellene som har blitt sammenliknet er Waterfallmodellen og Agile-modellen. Disse modellene er veldig ulike. I Waterfallmodellen er det blant annet ikke mulig å returnere til en tidligere fase etter at denne fasen har blitt avsluttet. Agile-modellen er derimot veldig fleksibel. Mange modeller har blitt avledet av disse to modellene for å kunne brukes i forskjellige prosjekter. Dette gjør det ikke enklere å velge riktig prosjektmodell.

Prosjektgruppen har valgt å bruke en modell som er basert på MIL-STD-498[1]. MIL-STD-498 er en standard som erstatter standardene DOD-STD-2167A, DOD-STD-7935A og DOD-STD-1703. DOD-STD-2167A er standarden som blant annet beskriver Waterfallmodellen. I MIL-STD-498 er Waterfallmodellen også beskrevet, men med noen tilpasninger. I MIL-STD-498 er det nemlig tatt opp en mulighet til å kunne returnere til en tidligere fase i prosjektet.

Prosjektmodellen som prosjektgruppen har laget er gjengitt i figur (fig. 2) på neste side.

Prosjektplanlegging



Figur 2, Prosjektmodell

Vedlegg A: *Prosjektmandat* som prosjektgruppen har fått fra GAN har 5 leveranser som ønsket prosjekresultat og prosjektmodellen er utredet i forhold til disse leveransene. Prosjektgruppen har sett seg nødt til å senke kravet fra arbeidsgiver om bygging av produkt, og derfor er de to siste leveransene fjernet.

For å holde oversikt over og kontroll på aktivitetene i prosjektet, blir det implementert noen perioder i prosjektet hvor prosjektgruppen blant annet går gjennom dokumentasjonsgrunnlaget til prosjektet. Disse periodene kalles for sekvenser. Hovedmålet med disse sekvensene er for å gå gjennom prosjektmodellens faser for å kontrollere at prosjektet går i riktig retning med tanke på mål, krav og prosjektplanlegging.

Prosjektplanlegging

Det er verdt å nevne at en sekvens inneholder både en prosjektperiode og en iterasjonsfase og gjennomføres som følge:

- Sekvensen begynner med en prosjektperiode. I denne perioden kan det forekomme viktige og/eller større endringer som bør registreres i iterasjonsdokumentet. Disse endringene blir registrert i et separat avsnitt.
- På slutten av prosjektperioden gjennomføres det en iterasjonsfase. I denne fasen brukes det et sekvensdiagram for å kvalitetssikre prosjektets framgang. Iterasjonsfasen gjennomføres i fellesskap. Resultatene til iterasjonsfasen blir også registrert i iterasjonsdokumentet, under et separat avsnitt.
- Etter fullført iterasjonsfase kan det begynnes på den neste sekvensen og dermed neste prosjektperioden.

En forenklet framstilling av iterasjonsfasene vises i figuren ovenfor (fig. 2).

Prosjektgruppen har planlagt 4 iterasjoner, som visualiseres gjennom de 4 mulige tilbakekoblingene til fasen «Spesifikasjoner».

Sekvens 1: Etter at spesifikasjonene har blitt dokumentert, begynnes det på prosjektperioden «Konseptutredning». På slutten av denne prosjektperioden gjennomføres den første iterasjonsfasen og går prosjektgruppen gjennom alt av aktiviteter som har blitt gjort og dokumentasjon som har blitt laget i prosjektperioden ved hjelp av tilhørende sekvensdiagram (se Vedlegg K: *Sekvensdiagram, iterasjon*). Prosjektarbeidet blir sammenliknet med blant annet kravene som blir nevnt i kravspesifikasjonsdokument og eventuelle avvik blir registrert og nødvendige tiltak gjennomføres. Hvis nødvendig kan prosjektgruppen gå tilbake til prosjektperioden «Spesifikasjoner» for å gjøre endringer. Som nevnt tidligere, omfatter sekvensen både prosjektperioden og iterasjonsfasen.

Prosjektplanlegging

Sekvens 2: Etter fullført iterasjonsfase i første sekvens kan det begynnes på den neste prosjektperioden: «Test konsept». I denne prosjektperioden blir dokumentasjonen som tilhører konseptutredningen ferdigstilt og samtidig blir konseptene testet administrativt gjennom valgte testmetoder som blir beskrevet i dokumentasjonen som tilhører konseptutredningen. Testmetoder kan for eksempel være Pugh-matrise, House Og Quality (HOQ), Modular Function Deployment (MFD), Analytic Hierarchy Process (AHP). På slutten av prosjektperioden blir den andre iterasjonsfasen gjennomført på samme måte som i den første sekvensen. Det blir lagt spesiell oppmerksomhet til endringer i dokumentasjonen som tilhører konseptutredningen. Hvis nødvendig kan prosjektgruppen gå tilbake til prosjektperioden «Spesifikasjoner» og deretter «Konseptutredning» for å gjøre endringer.

Sekvens 3: I løpet av prosjektperioden «Design og dokumentasjon» vil prosjektgruppen lage en design og samtidig dokumentere designvalg. På slutten av denne perioden blir både design og designvalg sammenliknet med dokumentasjonen som allerede forela i begynnelsen av denne prosjektperioden i iterasjonsfasen. Eventuelle nødvendige justeringer blir gjennomført og prosjektgruppen kan deretter fortsette med neste prosjektperiode. Hvis nødvendig kan prosjektgruppen gå tilbake til prosjektperioden «Spesifikasjoner», «Konseptutredning» og «Test konsept» for å gjøre endringer.

Sekvens 4: Prosjektgruppen vil jobbe med ferdigstillelse av design og tilhørende dokumentasjon i denne prosjektperioden og tilhørende tester vil gjennomføres. På slutten av prosjektperioden gjennomføres den fjerde og siste iterasjonsfasen, før det begynnes med skriving av evalueringer og andre nødvendige aktiviteter for å kunne avslutte prosjektet og dermed hovedprosjektet. Dette blir siste mulighet for eventuelle endringer i dokumentasjon som er beskrevet i sekvensdiagrammet. Hvis nødvendig kan prosjektgruppen gå tilbake til prosjektperioden «Spesifikasjoner», «Konseptutredning», «Test konsept» og «Design og dokumentasjon» for å gjøre endringer.

Prosjektplanlegging

Resultatene til iterasjonene og tilhørende risikoanalyser blir registrert i et iterasjonsdokument, som også er en del av prosjektdokumentasjonen. Mer informasjon om oppbyggingen og gjennomføringen av iterasjonene kan også finnes i dette dokumentet.

Iterasjonsfasene gjennomføres i henhold med prosjektplanleggingen, som beskrevet i bl.a. Gantt skjemaet, se Vedlegg D: *Gantt* og i tabell 3 (tab. 3). Som tabellen viser har antallet iterasjonsfaser blitt redusert fra 4 til 3, og dermed også antallet iterasjoner. Grunnen til det er endringer i prosjektplanleggingen etter at prosjektmodellen ble realisert. De aktivitetene i iterasjonsfasene 1 og 2 har blitt slått sammen og blitt iterasjonsfase 1. De opprinnelige iterasjonsfasene 3 og 4 blir derfor iterasjonsfaser 2 og 3. Dette er dokumentert i revisjonene 0.9 og 0.10 til Gantt skjemaet.

Iterasjon	1	2	3
Dato	17.03.15 – 18.03.15	22.04.15 – 24-04.15	07.05.15 – 08.05.15

Tabell 3. Tabell som viser datoer for iterasjonsfasene

Prosjektplanlegging

5. Prosjektets faser

Dette kapitlet gir en oversikt over de forskjellige fasene i prosjektet. Hensikten er å forklare aktørene hva som skal/bør gjøres i løpet av hver fase. Dette gjør det lettere å kontrollere, vurdere og verifisere hver fase for å holde oversikt over prosjektets livssyklus. Fasene er delt inn i tre hovedfaser; forstudie, utvikling og ferdigstille. Fasene samsvarer med de tre presentasjonene i prosjektperioden. På grunnlag av valgt prosjektmodell har prosjektgruppen mulighet til å kunne utarbeide analyser eller annen aktivitet om nødvendig.

5.1. Forstudie

I denne fasen blir prosjektets omfang, spesifikasjoner, krav, testmetoder og prosjektplanen definert. Formålet i fasen er å dokumentere beslutningsgrunnlaget for å starte prosjektet, felles forståelse av overordnede mål og rammer, og hvordan prosjektet skal gjennomføres. Det er også nødvendig å utarbeide en struktur for timeregistrering for å sikre fremdriften. Basert på tilbakemeldinger fra sensorer og veiledere etter nådd milepæl, vil prosjektgruppen gå gjennom og revidere dokumentene for å sikre suksessfaktoren.

5.2. Utvikling

I utviklingsfasen er prosjektet fokusert på utredning, grunnlag og valg av forskjellige konsepttyper. Dette gjøres med ukers brainstorming, datainnhenting og bruker –og systemkravanalyse for å få en basislinje til konseptene. Videre vil konsepter settes opp imot hverandre med verktøy som test av krav, risikoanalyser og Pugh-matriser. Når gruppen har grunnlag til å velge et konsept, vil dette bli gjort, og det produserte resultatet vil bli presentert for oppdragsgiver. Videre vil resultatet formes etter eventuelle ønsker oppdragsgiver har.

5.3. Design og dokumentasjon

Når det konseptet er godkjent av oppdragsgiver, vil prosjektgruppen starte med designfasen. Maskinavdelingen til prosjektgruppen vil bruke verktøy til å tegne produktene i SW med tilhørende FEM-analyser, og elektroavdelingen vil designe Software –og Hardware-løsninger som er tilpasset maskindesign. Utkastet av videre arbeid i designfasen vil bli fremført for HBV på presentasjon 2.

Prosjektplanlegging

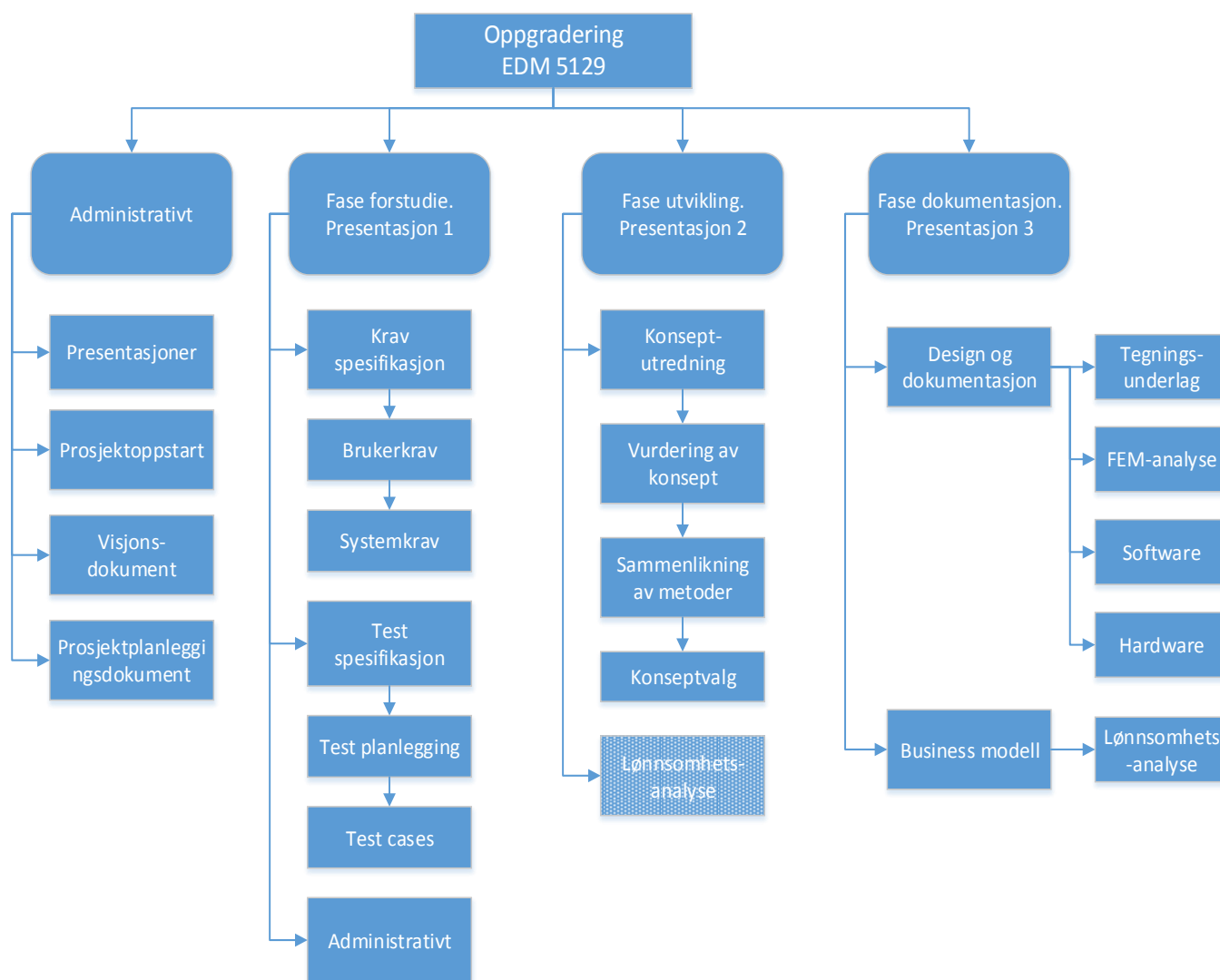
I dokumentasjonsfasen vil prosjektgruppen fortsette med designet til produktet nærmer seg en optimal standard, og dette gjøres i tett samarbeid med oppdragsgiver.

Videre vil dokumentasjon som kreves av det produserte produktet utarbeides i, samt foreligge etter denne perioden, og denne dokumentasjon inneholder tegningsunderlag, analyser og bestillingslister. Det skal også utredes gjennom dokumentasjonsfasen en lønnsomhetsanalyse som skal forsikre oppdragsgiver om at prosjektet og produktet er lønnsomt å gjennomføre. Lønnsomhetsanalysen sammen med dokumentasjon rundt produktet og prosjektet skal presenteres til oppdragsgiver i god tid før prosjektets innleveringsdato.

Prosjektplanlegging

5.4. Prosjektets omfang

Prosjektets omfang gir en ytterligere avgrensning av prosjektet som et supplement til prosjektmålene. Som figur (fig 3) viser, er det en slik oppbygging av prosjektet prosjektgruppen ser for seg. Det skal nevnes at dette ikke er en mal på hvordan prosjektet skal gjennomføres, men en oversikt over hvordan prosjektet deles opp med tanke på milepæls datoer for presentasjonene, og de forskjellige aktivitetene som skal gjennomføres under hver av presentasjonene. Videre viser figur (fig 3) at den administrative kolonnen står alene på venstre side, samt ligger under fase forstudie. Med dette mener prosjektgruppen at den administrative delen skal være løpende gjennom prosjektet, men at det skal foreligge en basis allerede til første presentasjon.



Figur 3, Prosjektets omfang

Prosjektplanlegging

5.5. Prosjektets milepæler og hovedaktiviteter

Milepælsplan		
Nr.	Dato	Milepæl
1	30. oktober	Mottatt prosjektmandat
2	5. januar	Godkjent prosjektmandat
3	21. januar	Status presentasjon 1, GAN
4	29. januar	Innlevering av dokument, Presentasjon 1.
5	2. februar	Presentation 1, HBV
6	----	Status presentasjon 2, GAN
7	23. mars (ca.40%)	Innlevering av dokument, Presentasjon 2
8	25. mars (ca.40%)	Presentation 2, HBV
9	**	Status presentasjon 3, GAN
10	19. mai	Innlevering av dokument, Presentasjon 3
11	Uke 22/23	Presentation 3, HBV

Tabell 4. Milepælsplan

Prosjektplanlegging

6. Oppfølging

6.1. Oppfølgingsdokument

For å sikre fremdriften i prosjektet er det utarbeidet et oppfølgingsdokument. Dette dokumentet gir en oversikt over framdrift i prosjektet, hva hvert gruppemedlem har gjort den siste uken, og hva som er planlagt å gjøre neste uke. HBV stiller et krav til prosjektgruppen om å ukentlig informere den interne veilederen om tilstanden til prosjektet.

6.2. Timelister

Timelisten holder oversikt over hvor mange timer en prosjektdeltaker har arbeidet over en gitt periode.

6.2.1. Registrering av timer

Registrering av timer skal foregå kontinuerlig gjennom prosjektperioden. Det er utarbeidet et Excel dokument, se Vedlegg F: *Timeregistrering*, hvor hver enkelt har ansvar for loggføring av timer. Prosjektleder skal kontrollere timelistene ukentlig. Den skal samsvare med oppfølgingsdokumentet og aktivitetsplanen.

6.3. Møtestruktur

I et prosjekt med flere aktører og interessenter, er møter avgjørende for å sørge for at fremgangen er jevn og at prosjektet utvikler seg i riktig retning. Møtestrukturen i prosjektet kan deles inn i tre grupper; gruppemøter, møte med intern veileder og møte med ekstern veileder. Alle møter skal følge bestemte retningslinjer, se Vedlegg G: *Møtestruktur*.

6.3.1. Gruppemøter

Møter internt i gruppen vil bli holdt faste dager i uken. Hensikten med møtet er å oppsummere pågående arbeid, samt planlegge dagens gjøremål. Møtet bidrar til informasjonsutveksling mellom gruppemedlemmene og skaper struktur under arbeidsprosessen.

Prosjektplanlegging

6.3.2. Møte, intern veileder

Møter med intern veileder vil holdes ukentlig, en fast dag. Hensikten med møtet er å sikre jevn prosjektutvikling, at gruppen kan få veiledning og råd. Den interne veilederen vil fungere som høgskolens representant i prosjektet. Derfor vil disse møtene hjelpe oss å utvikle prosjektet innenfor høgskolens standarder.

6.3.3. Møte, ekstern veileder

Ved behov vil det holdes møte med ekstern veileder. Møtene kan holdes med et intervall på to uker, avhengig av hvilken fase prosjektet befinner seg i. Enkelte faser vil kreve en tett dialog og møter vil da holdes ofte. Den eksterne veilederen vil fungere som oppdragsgivers representant og møtene blir holdt for å styre fremdriften. Vi vil også kunne få viktig informasjon.

Prosjektplanlegging

7. Fremdrift

7.1. Aktivitetsplan

For å sikre at fremdriften følger timeestimatet som er gitt i Gantt diagram Vedlegg D: *Gantt*, er det blitt utarbeidet en struktur for registrering av antall timer brukt på de ulike aktivitetene. Det viser varigheten av hver aktivitet og hvem som er ansvarlig for aktiviteten.

7.2. Gantt diagram

Det er nyttig at interessentene og prosjektdeltakerne til enhver tid vet hvilken fase prosjektet befinner seg i. Et Gantt diagram har blitt utarbeidet for å vise start- og sluttdato for hver aktivitet, samt en oversikt over aktivitetsansvar. Gantt diagrammet viser også milepæler og hovedaktiviteter som er de sentrale aktivitetene som må utføres for å oppnå prosjektfasens mål. Kortfattet viser et Gantt diagram hva som må gjøres og når.

Gantt diagrammet kan sees under vedlegger, Vedlegg D: *Gantt*.

7.3. Work Breakdown Structure (WBS)

Usikkerheten om ulike aspekter i et prosjekt gjør at planlegging av utviklingsarbeidet kan være en svært komplisert oppgave. Derfor er det nødvendig å finne en god og nyttig planleggingsmetode.

En WBS, se Vedlegg H: *WBS*, er et diagram som viser nedbrytningsstrukturen i prosjektet i en arrangert hierarkisk rekkefølge. Den dekomponerer prosjektet i mindre komponenter eller grupperinger enten ved aktiviteter eller leveranser. I hovedsak er det de kritiske aktivitetene ved et prosjekt som er illustrert for å skildre deres forhold til hverandre og til prosjektet som helhet. Hensikten er å definere det totale arbeidsomfanget involvert i prosjektet.

Prosjektplanlegging

8. Risiko

Under prosjektarbeid er det en risiko for at uforutsette situasjoner oppstår. Disse situasjonene kan være problemer av mindre og større grad som kan hindre prosjektets videre gang. Prosjektgruppen har utarbeidet en risikoanalyse for å kartlegge noen av disse situasjonene og finne korrigerende tiltak. Ved å følge et føre-var-prinsipp kan prosjektgruppen være obs. på problemer og gradere dem i forskjellige grader av risiko.

8.1 Risikoanalyse

Risikoanalysen består av to hovedpunkter; konsekvens og sannsynlighet. Med utgangspunkt i et tenkt scenario analyseres sannsynlighet og konsekvens for å vurdere risiko.

8.1.1 Konsekvensanalyse

Denne tabellen (tab. 5) viser en oversikt over påvirkningen de ulike gradene av konsekvenser har for prosjektprosessen.

Konsekvens	Påvirkning av prosjektprosessen
Ufarlig	Har ingen påvirkning av prosjektets videre gang.
Mindre farlig	Liten påvirkning av prosjektets videre gang, kan virke som motgang i mindre grad.
Farlig	En situasjon der deler av prosjektet kan stoppe opp, tiltak bør vurderes for å sikre videre gang i prosjektet.
Kritisk	En situasjon som er kritisk for prosjektprosessens videre gang, må løses umiddelbart.
Meget kritisk	Stor påvirkning av prosjektprosessen, situasjonen er kritisk og krever at prosjektgruppen søker hjelp av interne og eksterne veiledere omgående for å løse problemet. En meget kritisk situasjon kan føre til fullstendig kollaps av prosjektet.

Tabell 5. Konsekvensanalyse

Prosjektplanlegging

8.1.2 Sannsynlighetsanalyse

Antall hendelser gir sannsynligheten for at en situasjon oppstår.

Sannsynlighet	Hendelser
Veldig sannsynlig	Mer enn 1 hendels per dag.
Meget sannsynlig	Ca. 1 hendelse per dag.
Sannsynlig	Ca. 1 hendelse per andre uke.
Mindre sannsynlig	Ca. 1 hendelse per måned.
Lite sannsynlig	Mindre enn 1 hendelse per måned.

Tabell 6. Sannsynlighetsanalyse

8.1.3 Risikomatrise

Denne tabellen (tab. 7) viser risikoen i forhold til sannsynlighet og konsekvens. Fargen beskriver hvilken grad av risiko hendelsen har, se tabell (tab. 8), og bokstavene indikerer kun et koordinat i tabellen.

	Risikomatrise				
	Konsekvens				
Sannsynlighet	Ufarlig	Mindre farlig	Farlig	Kritisk	Meget kritisk
Veldig sannsynlig	A	F	K	P	U
Meget sannsynlig	B	G	L	Q	V
Sannsynlig	C	H	M	R	W
Mindre sannsynlig	D	I	N	S	X
Lite sannsynlig	E	J	O	T	Y

Tabell 7. Risikomatrise

Prosjektplanlegging

Liten risiko	Liten risiko, ikke nødvendig med tiltak
Middels risiko	Middels risiko, tiltak må vurderes for hver enkelte situasjon
Stor risiko	Stor risiko, stor behov for tiltak og må løses umiddelbart

Tabell 8. Fargekode for risikomatrise

8.2 Analyse av risikoscenarioer

Denne analysen (tab. 9) er basert på ulike scenarioer som kan oppstå under prosjektet. Scenarioene har en årsak og blir rangert etter grad av sannsynlighet fra tabell (tab. 6) og en konsekvens fra tabell (tab. 7). Ut fra sannsynlighet mot konsekvens vil scenarioet havne på en risiko, se tabell (tab. 8), dette forteller prosjektgruppen hvor risikabelt scenarioet er uten en etter analyse eller korrigerende tiltak av scenarioet. Videre vil prosjektgruppen analysere scenarioet med den risikoen som kom frem ved hjelp av tabellene (tab.6) og (tab. 7), samt legge til et korrigerende tiltak for å redusere risikoen. Når dette er gjort og hvis det korrigerte tiltaket hjelper, vil prosjektgruppen gi scenarioet en ny vurdering.

Scenario	Årsak	Risiko	Korrigerende tiltak for scenario	Risiko vurdering
Sykdom/skade	Ulike årsaker kan føre til frafall av prosjektmedlemmer.	H	Må meldes fra til prosjektleder så tidlig som mulig for koordinering av oppgaver eller lignende.	Middels
Forsinkelser	Bil problemer, togforsinkelser, familiesituasjon.	C	Må meldes fra til prosjektleder så tidlig som mulig for koordinering av oppgaver eller lignende.	Liten
Prosjektmedlemmer som uteblir fra arbeidsdager / møter	Sykdom, forsovelse, latskap, familiesituasjon.	H	Kontakt gruppen for å koordinere oppgaver som skal gjøres. Vedvarende uteblivelse av prosjektmedlemmer får konsekvenser.	Middels
Tap av lagret data	Tyveri/tap av PC, krasj av harddisk, tap av	Y	Filer lagret på nettbasert sky (Dropbox),	Liten

Prosjektplanlegging

	Dropbox, menneskelig feil.		sikkerhetskopiering av alle filer på Dropbox annenhver dag og lagring av dokumenter på PC.	
Stans i prosjektet	Mange ulike årsaker.	S	Ha et overblikk over prosjektprosessen og en god dialog med ekstern og intern veileder, spesielt når det kommer til problematiske situasjoner.	Middels
Tap av gruppemedlemmer	Langtids sykdom, familiesituasjon, brudd på samarbeidskontrakt, dødsfall.	Y	Prosjektmedlemmer må være tidlig ute med å informere prosjektgruppen om problemer.	Middels
Tap av oppdragsgiver	Brudd på kontrakt, konkurs, sykdom.	Y	Viktig å følge opp råd og retningslinjer fra oppdragsgiver for å unngå problematiske situasjoner. Konflikter med oppdragsgiver må løses hurtig.	Liten
Mindre problemer i prosjektet	Problemer med arbeidsoppgaver, forståelse eller lignende.	M	Felles diskusjon, kontakte personer som kan hjelpe, kontakte veileder.	Liten
Interne konflikter i prosjektgruppen	Uenighet, unødvendig diskusjon, krangling.	M	Løse problemene som oppstår hurtig og presist. God dialog internt. Kontakte veileder hvis problemet ikke kan løses internt.	Middels

Tabell 9. Risikoscenarioer

Prosjektplanlegging

9. Dokumenter

Prosjektets livssyklus inneholder mange dokumenter. I forbindelse med prosjektarbeidet er alle prosjektdeltakerne eier av ett eller flere dokumenter. Prosjektdeltakerne kan legge ulikt innhold i begreper som, elektrodeholder, verktøyveksler med mer. Det er derfor en klar fordel å diskutere valg om dokumentstruktur. Det vil gi føringer og lette forståelse i videre arbeid. Det bidrar prosjektgruppen i å sikre fremdrift, tid og usikkerhet.

Vi har opprettet en Dropbox hvor alle dokumenter er lagret i en organisert mappestruktur. Alle dokumenter har en unik ID som en del av navnet.



Iterasjonsdokument

Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM-maskin 5129

Prosjekt gruppe: Eirik Brendeløkken (EB)

Morten A. Kjær (MK)

Erik Michalsen (EM)

Mark A. Steffens (MS)

Prosjektleder: Erik Michalsen

Intern veileder: Kjell Enger

Kunde: GKN Aerospace Norway AS

Ekstern veileder: Even Engebakken

Iterasjonsdokument

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	1
1.1. Formål med dokument	1
1.2. Liste over definisjoner og forkortelser	2
1.3. Oversikt	2
2. Dokumenthistorie	3
3. Implementasjon av iterasjoner	4
3.1. Prosjektperioder	5
3.2. Iterasjoner	6
3.2.1. Sekvensdiagram for iterasjonsfaser	7
4. Iterasjon 1	8
4.1. Prosjektperiode 1: 02.03.15 – 16.03.15	8
4.2. Iterasjonsfase 1, 17.03.15 – 18.03.15	12
5. Iterasjon 2	17
5.1. Prosjektperiode 2: 22.03.15 – 21.04.15	17
5.2. Iterasjonsfase 2: 22.04.15 – 24.04.15	19
6. Iterasjon 3	25
6.1. Prosjektperiode 3, 25.04.15 – 06.05.15	25
6.2. Iterasjonsfase 3, 07.05.15 – 08.05.15	26

Iterasjonsdokument**Tabelloversikt**

Tabell 1. Liste over definisjoner og forkortelser	2
Tabell 2. Tabell over konsekvens og risiko med tanke på endringer i prosjektet	5
Tabell 3. Tabell som viser datoer for iterasjonsfasene	6

Vedlegg

Vedlegg D: *Gantt*

Vedlegg L: *Sekvensdiagram, iterasjon*

1. Innledning

1.1. Formål med dokument

Iterasjonsdokumentet skal hjelpe prosjektgruppen gjennom prosjektet på en strukturert måte, det skal bidra til at eventuelle endringer eller hendelser som påvirker prosjektet vurderes slik at prosjektmålene som er satt, kan nås.

Ved hjelp av innsatte iterasjonsfaser i prosjektperioden skal prosjektgruppen stoppe prosjektarbeidet, og kun fokusere på et sekvensdiagram som beskriver iterasjonene som skal hjelpe gruppen gjennom en guidet prosess. Selv om prosjektgruppen har en løpende vurdering av endringer underveis i det som kalles prosjektperioden, er det viktig å ha faser hvor kun iterasjonsaktiviteter finner sted.

Iterasjonsdokument

1.2. Liste over definisjoner og forkortelser

Definisjoner/forkortelser	Beskrivelse
EDM	Electrical Discharge Machining
Elektrodeholder	En stålplate hvor det er festet fire elektroder
GAN	GKN Aerospace Norway
ID	Identifikasjon
KTT	Kongsberg Terotech
RFID	Radiofrekvensidentifikasjon
VANE	En av flere avdelinger hos GAN. Spesialiserer seg på maskinering av vanes.
Verktøykontroll	Navnet på styringsenheten ved hjelp av en RFID løsning
Verktøyveksler	En automatisk prosess som tillater inn- og utlasting av elektrodeholdere
3R	Innspenningssystem til elektrodeholder

Tabell 1. Liste over definisjoner og forkortelser

1.3. Oversikt

I kapittel 3 kan det leses om hvordan prosjektgruppen har implementer iterasjoner i prosjektet, samt hvordan strukturen fungerer.

I kapittel 4 kan man lese om første iterasjon hvor endringer i prosjektperiode er notert, og hvor selve rapporten for iterasjonsfase 1 er utført.

I kapittel 5 kan man lese om andre iterasjon hvor endringer i prosjektperiode er notert, og hvor selve rapporten for iterasjonsfase 2 er utført.

I kapittel 6 kan man lese om tredje iterasjon hvor endringer i prosjektperiode er notert, og hvor selve rapporten for iterasjonsfase 3 er utført.

Iterasjonsdokument

2. Dokumenthistorie

Versjon	Kommentar	Forfatter	Dato
0.1	<ul style="list-style-type: none"> Dokument opprettet. 	MK	10.03.2015
0.2	Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> Underavsnitt: <ul style="list-style-type: none"> 3.1 Prosjektperioder. 3.2 Iterasjoner. Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> Tabeller i avsnitt 4.1 Prosjektperiode 1. 	MK	16.03.15
0.3	Oppdatering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> Oppdatert PP1.1, PP1.2, PP1.3, PP1.4 etter endringer i kravspesifikasjonsdokument og testspesifikasjonsdokument. Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> Tabell (tab.1). Satt inn konsekvens mot risiko. 	MK	19.03.15
0.4	Iterasjonsrunde 1 lagt til.	MK	20.03.15
1.0	Iterasjonsdokument godkjent, rev1.0	MK	21.03.15
1.1	Lagt til PP2.1 og PP2.2 i prosjektperiode 2.	MK	15.04.15
1.2	Iterasjonsrunde 2 lagt til.	MK	27.04.15
1.3	Lagt til PP3.1 i prosjektperiode 3.	MK	02.05.15
1.4	Iterasjonsrunde 3 lagt til.	MK	08.05.15

Iterasjonsdokument

3. Implementasjon av iterasjoner

For at prosjektgruppen skal ha oversikt og kontroll på alle aktiviteter i prosjektperioden, er det viktig å implementere faser hvor arbeid med prosjektoppgaven stopper, og alt fokus retter seg mot gjennomgang og oppdatering av eventuelle endringer eller hendelser. Dette løses ved å bruke prosjektmodellens veier for å gå tilbake til prosjektmodellens start, slik at prosjektgruppen kan gå gjennom prosjektmodellens faser for å passe på at prosjektet går i riktig retning. Med andre ord vil iterasjonene uavhengig av prosjektperiode gå tilbake til prosjektets start for å se etter eventuelle endringer som har skjedd i prosjektperioden, og her vil endringene som eventuelt har skjedd testes og analyseres på nytt hvis dette kreves. Hovedfokuset til disse iterasjonene er å luke ut eventuelle kritiske endringer som kan hindre prosjektets fremgang eller endre prosjektets mål.

Iterasjonsdokument

3.1. Prosjektperioder

Før prosjektet når de innsatte iterasjonene følger prosjektgruppen en struktur hvor endringer underveis i prosjektet blir skrevet ned, analysert med en konsekvens mot risiko og en handling. Dette gjør at prosjektgruppen til enhver tid har kontroll over eventuelle endringer, og hvor stor endringen vil være for prosjektet. For at ikke mye av arbeidet skal forsvinne inn i detaljerte risikoanalyser, vil prosjektgruppen holde en løpende analyse gjennom prosjektet etter tabell (tab.2).

Konsekvens/ Risiko	Forkortelse	Kommentar
Liten konsekvens	LK	Ingen eller ubetydelige endringer i prosjektet.
Moderat konsekvens	MK	Endringen i prosjektet fører til: <ul style="list-style-type: none"> • Endring av eksisterende B eller C krav. • Implementering av nytt krav B eller C krav.
Stor konsekvens	SK	Endring i prosjektet fører til: <ul style="list-style-type: none"> • Endring av eksisterende A krav. • Implementering av nytt A krav. • Endring av datoer på hovedaktiviteter på Gantt.
Liten risiko		Ingen risiko for prosjektet.
Moderat risiko		Kan påvirke prosjektet, men skal ikke påvirke mål og resultat.
Stor risiko		Påvirker mål, resultat og planleggingen i prosjektet.

Tabell 2. Tabell over konsekvens og risiko med tanke på endringer i prosjektet

Som nevnt tidligere viser tabellen (tab.2) over en konsekvens mot risiko av endringene som gjøres, om selve endringen har en stor konsekvens for prosjektet og om risikoen for endringen er stor etter eventuell analyse av endring. Hvis en endring havner under konsekvenskategori «SK», er det en selvfølge at gruppen stopper arbeid for å se på hvilke konsekvens denne endringen får med tanke på fremdriften i prosjektet. Men selv om en endring havner under konsekvenskategori «SK», tilsier ikke dette at det er en kritisk endring som kommer til å motarbeide prosjektet, men at prosjektgruppen må bruke mer ressurser for å se på eventuelle utfordringer som kommer med endringen. Dette betyr dermed at hvis prosjektgruppen gjør en god jobb med å analysere endringen, kan denne til slutt få en liten risiko.

Iterasjonsdokument

Men ved høy konsekvens og høy risiko, må prosjektgruppen virkelig analysere endringen eller hendelsen, og eventuelt utrede en fullstendig risikoanalyse for å helgardere seg mot problemer som kan komme i prosjektets fremtid.

3.2. Iterasjoner

Hovedmålet med iterasjonene som implementeres inn i prosjektet er for å gå gjennom faser ved hjelp av prosjektmodellen, dette gjøres for å kontrollere at prosjektet går i riktig retning med tanke på mål, krav og prosjektplanlegging.

Prosjektgruppen skal følge sekvensdiagrammet som beskriver steg for steg gjennom iterasjonsfasene, denne kan sees i Vedlegg L: *Sekvensdiagram, iterasjon*. Denne er laget slik at gruppen følger samme type struktur for hver iterasjonsfase som kommer gjennom prosjekttiden.

Som vi ser implementeres iterasjonsfasen ved faste datoer, se tabell (tab.3) for når de forskjellige fasene implementeres.

Iterasjonsfase	1	2	3
Dato	17.03.15 – 18.03.15	22.04.15 – 24-04.15	07.05.15 – 08.05.15

Tabell 3. Tabell som viser datoer for iterasjonsfasene

Som man kan si i tabell (tab.3) er det et større mellomrom mellom iterasjonsfasene en og to, enn ved to og tre. Dette er fordi prosjektgruppen har tatt i betraktning at gruppemedlemmer skal jobbe med eksamensrelaterte fag i en to ukers periode.

Iterasjonsdokument

3.2.1. Sekvensdiagram for iterasjonsfaser

Det første spørsmålet sekvensdiagrammet for iterasjonsfasene stiller prosjektgruppen er om det finnes store endringer som har eller kommer til å påvirke prosjektets fremtid. Hvis ja på dette punktet må gruppen utarbeide en risikoanalyse som beskriver de forskjellige usikkerheten. Hvis denne blir godkjent kan prosjektgruppen starte på en ny kravanalyse. Men hvis ikke risikoanalysen blir godkjent må gruppen, gjennom samarbeid med oppdragsgiver og intern veileder gjøre utarbeidelser på eksisterende prosjektmandat for at gruppen skal nå målene de har satt i visjonsdokumentet. Hvis prosjektgruppen får ja på «store endringer» vil dette få store konsekvenser for prosjektets fremtid og det pålegges derfor en risikoanalyse fra prosjektgruppen og en nøye vurdering på om dette virkelig er nødvendig. Blokker på sekvensdiagrammet som sees på som kritisk er merket rødt for å signalisere til prosjektgruppen at de er på vei inn i et område som er kritisk for prosjektet.

Videre vil prosjektgruppen se etter endringer i den administrative strukturen, med dette menes om gruppestrukturer, prosjektmål eller liknende har endringer som må sees nærmere på. Her stilles det også spørsmål om en risikovurdering skal utføres og om resultatet er tilfredsstillende. Hvis risikoanalysen ikke finner en løsning på endringen vil prosjektgruppen søke eksternt hjelp fra som for eksempel intern veileder eller liknende. Dette er ikke ønskelig og blokken «Bør det utføres risikoanalyse» er derfor merket med rødt slik at det vises tydelig at prosjektgruppen er på et område i prosjektet som er kritisk.

Prosjektgruppen fortsetter å følge sekvensdiagrammet frem til de når «iterasjon slutt» blokken. Her skal det foreligge en rapport som beskriver hvordan iterasjon går og om det er noe endringer eller hendelser.

Iterasjonsdokument

4. Iterasjon 1

4.1. Prosjektperiode 1: 02.03.15 – 16.03.15

PP:1.1	Kommentar	Dato: 10.03.15
<p>Endring av styremuligheter av EDM-maskin.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Det har fra prosjektstart vært åpent for kommunikasjons muligheter mellom EDM-maskinens interne styresystem og verktøyvekslers eksterne styresystem. • Dette har nå etter møte med Olav Øverby fra KTT blitt endret. • Endringer er at det <u>ikke</u> skal være kommunikasjon mellom styresystemene på grunn av kompleksiteten til hele systemet. • Det er kun <u>en</u> seriell utgang på EDM-maskinens styresystem, og denne prioriteres til verktøykontroll systemet. 		Konsekvens: SK
Analyse av kommentar		
<ul style="list-style-type: none"> • Endringen PP:1.1 vil ikke få konsekvenser videre i prosjektet med tanke på at denne endringen kom tidlig i konseptfasen. <ul style="list-style-type: none"> ○ Endringen påvirker krav OB_01 i kravspesifikasjonsdokumentet. ○ Her står det at maskinen skal tilpasses senere utvikling av produksjonslinjen, helautomatisering. ○ Dette vil ikke bli mulig etter endringen av styremuligheten. • På grunn av endring på krav må testspesifikasjon endres. <ul style="list-style-type: none"> ○ OB_01 påvirker test TOB_01. 		
Handling		
<ul style="list-style-type: none"> • Krav OB_01 revideres til: <ul style="list-style-type: none"> ○ Systemer og løsninger som skal designes for EDM-maskin 5129, skal på ingen måte hindre GAN i videre utvikling av produksjonslinjen (delautomatisering). • Test TOB_01 revideres til: <ul style="list-style-type: none"> ○ Kompatibilitet mulighet til delautomatisering. • Prosessbeskrivelse i konseptdokument blir endret. 		
Endres av		Dato
<ul style="list-style-type: none"> • Kravspesifikasjonsdokument: Eirik Brendeløkken. 		18.03.15

Iterasjonsdokument

<ul style="list-style-type: none"> Testspesifikasjonsdokument: Mark Steffens. 	
--	--

PP:1.2	Kommentar	Dato: 13.02.15
	<p>Even Engebakken har introdusert nytt krav som påvirker lønnsomhetsanalysen.</p> <ul style="list-style-type: none"> Prosjektets kostnader må tilbakebetales i løpet av et år. 	<p>Konsekvens:</p> <p>SK</p>
Analyse av endring		
	<ul style="list-style-type: none"> Dette kravet er viktig for ledelsen hos GAN med tanke på kostnadsbesparelse. For at prosjektet skal realiseres må dette kravet tilfredsstilles. Dette setter større press på prosjektets konseptfase, hvor lønnsomheten til de forskjellige konseptene må tydeligere frem enn først antatt. Hvis lønnsomhetsanalysen for de forskjellige konseptene ikke utarbeides på en bra måte kan dette påvirke valg av riktig konsept. Nytt krav skrives inn i kravspesifikasjonsdokument. 	
Handling		
	<ul style="list-style-type: none"> Dette skrives inn som et overordnet brukerkrav med en prioritet A. <ul style="list-style-type: none"> OB_08: Oppgradering av EDM-maskin 5129 skal betales tilbake i løpet av et år. Det opprettes en test mot det overordnede brukerkravet OB_08. <ul style="list-style-type: none"> Test-ID: TOB_08. Hva testes: Lønnsomhetsanalysen. Hvordan testes: Inspeksjon. Forventet resultat: Det er dokumentert at investeringen betales ned innen 1 år. Det vil bli lagt mer vekt på kostnader til de forskjellige konseptene i konseptfasen. 	
Endres av		Dato
<ul style="list-style-type: none"> Kravspesifikasjonsdokument: Eirik Brendeløkken. Testspesifikasjonsdokument: Mark Steffens. 		19.03.15

Iterasjonsdokument

PP:1.3	Kommentar	Dato: 13.03.15
<p>Endring av løsning til 0-punktsystemet (3R-system).</p> <ul style="list-style-type: none"> Gjennom prosjektmandat, leveranse 2, har prosjektgruppen fått oppgitt deler som GAN bruker på de fleste EDM-maskiner i dag. <ul style="list-style-type: none"> Maskiner bruker 3R-MAXI innspenningssystem. Til denne anbefales pneumatiske chuckadapter 3R-467.1-1 eller 3R-407.1. Prosjektgruppen har i senere tid funnet ut at leverandøren Norma anbefaler å gå bort ifra 3R-MAXI systemet på bakgrunn av slitasje på eksisterende system. 		<p>Konsekvens:</p> <p>SK</p>
Analyse av endring		
<ul style="list-style-type: none"> På bakgrunn av denne informasjonen vil 0-punktsystemet bli endret. Endringen har ingen påvirkning på prosjektoppgaven og dens mål. 		
Handling		
<ul style="list-style-type: none"> Informerer GAN om endringen. 		
Endres av		Dato
<ul style="list-style-type: none"> Ingen. 		18.03.15

Iterasjonsdokument

PP:1.4	Kommentar	Dato: 13.03.15
	Ny informasjon fra Rune Ellefsen om verktøyveksler prosess: <ul style="list-style-type: none"> • Det ønskes ikke bytte av elektrodeholdere over VANE fikstur. 	Konsekvens: SK
Analyse av endring		
<ul style="list-style-type: none"> • Denne informasjonen påvirker prosjektgruppens valg av prosessmulighet i konseptfasen. • Etter samtale med Even Engebakken fra GAN skal ikke dette stoppe prosjektgruppen for å velge prosessmuligheten som inneholder bytte av elektrodeverktøy over fikstur. • Men hvis denne prosessmuligheten velges skal det dermed utredes en risikoanalyse med løsninger for å hindre uønskede hendelser som skade på VANE, fikstur eller elektrodeholder. 		
Handling		
<ul style="list-style-type: none"> • Utføre risikoanalyse av verktøybytte. <ul style="list-style-type: none"> ○ Dette foreligger uansett et overordnet brukerkrav OB_05 i kravspesifikasjonen, på at det skal gjennomføres en risikoanalyse av verktøyveksler. ○ Med andre ord, ingen endringer med tanke på dagens situasjon. 		
Endres av		Dato
<ul style="list-style-type: none"> • Ingen 		-----

Iterasjonsdokument

4.2. Iterasjonsfase 1, 17.03.15 – 18.03.15

I:1.1	Iterasjonsfase 1	Dato: 20.03.15
<p>Første iterasjonsfase startet 20.03.15 klokken 08.30.</p> <p>Alle gruppemedlemmer er tilstede.</p>		

I:1.2.1	Kritiske endringer	Dato: 20.03.15
<p>Det er ingen kritiske endringer på nåværende tidspunkt som fører til en ny kravanalyse eller endring på prosjektmandat.</p>		

I:1.3.1	Administrativt	Dato: 20.03.15
<p>1.3.2: Endringer?</p> <ul style="list-style-type: none"> Ja det er endringer i visjonsdokumentet og prosjektplanleggingsdokument. <p>1.3.3: Visjonsdokument</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>3. Bakgrunn for prosjekt / 4.1 Effektmål:</u> Her spesifiserer det at operatør skal slippe å spenne inn elektrode for hånd. Dette strider mot konseptide P3_EIMA i konseptdokument. <ul style="list-style-type: none"> Gruppen har valgt å angripe prosjektoppgaven fra oppdragsgiver med et synspunkt med hensyn til investering/kostnad. <u>4.4 Rammebetingelser:</u> Dato til presentasjon 2 endres til 18.03.15 til 25.03.15. <u>8.1 Prosjektorganiseringsstruktur:</u> <ul style="list-style-type: none"> Eksisterer i prosjektplanleggingsdokument. Fjernes fra visjonsdokument. <u>8.2 Ansvarsområder:</u> <ul style="list-style-type: none"> Eksisterer i prosjektplanleggingsdokument. Fjernes fra visjonsdokument. Visjonsdokument revideres til rev2.0. <p>1.3.4: Prosjektplanleggingsdokument</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>3.3 Samarbeidskontrakt:</u> <ul style="list-style-type: none"> Samarbeidskontrakt har blitt oppdatert, legg til ny revidering rev1.1. Samarbeidskontrakten må signeres på nytt. 		

Iterasjonsdokument

- 3.5 Ansvarsområder
 - Eirik Brendeløkken legges til som ansvarlig for kravspesifikasjonsdokument.
 - Erik Michalsen legges til som ansvarlig for konseptutredning og design.
- 5.4 Prosjektets omfang:
 - Gjør avtalte endringer på figur 3.
- 5.5 Milepælsplan:
 - Endre dato til presentasjon 2.

1.3.5: Bør det utføres risikoanalyse?

- Det er ikke behov for risikoanalyse på endringer som skal gjøres.

1.3.6: Endringer utføres av:

- Erik Michalsen ansvarlig for endringer i visjonsdokument.
- Morten A. Kjær ansvarlig for endringer i prosjektplanleggingsdokument.

I:1.4.1	Kravspesifikasjonsdokument	Dato: 20.03.15
<h4>1.4.2: Endringer?</h4> <ul style="list-style-type: none"> • Ja det er endringer i kravspesifikasjonsdokument. <h4>1.4.3: Revidering av dokument</h4> <ul style="list-style-type: none"> • <u>3.2 Prioriteringer av krav:</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ Endret beskrivelse i tabell 2, krav B. • <u>4.1 Utdrag av prosjektmandat:</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ 0-punktsystemet reduserer ikke timekostnader, punkt fjernes. <h4>1.4.4: Revidering av eksisterende krav</h4> <p>Brukerkrav:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>6. Samlet brukerkrav:</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ OB_01: Brukerkrav endret, se PP:1.1. <p>Systemkrav:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>8. Systemkrav:</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ SK_01 deles opp til SK_01A og SK_01B hvor: <ul style="list-style-type: none"> ❖ <u>SK_01A</u> viser til høyde på beskyttelsesbarriere til EDM-maskin. 		

Iterasjonsdokument

❖ SK_01B viser til dimensjon på beskyttelsesbarriere til verktøyveksler prosess.

- **SK_01A:** Beskyttelsesbarriere settes til 170cm.
- **SK_14:** Elektrodeholderens vekt skal reduseres med 2kg.
- **SK_16:** Beskrivelse på systemkrav må endres.

❖ Beskyttelsesbarrieren skal kjøres fra senket til hevet eller hevet til senket stilling på 5 sekunder.

- **SK_27:** Det legges til en restriksjon:

❖ Det er foreløpig usikkert om denne kommunikasjonen er mulige, men det tas som utgangspunkt at dette går.

1.4.5: Endre test?

- Det er endringer på tester som følge av 1.4.4, se 1.5.1: Testspesifikasjon.

1.4.6: Implementasjon av nye krav

Brukerkrav:

- 6. Samlet brukerkrav:
 - OB_08, se PP:1.2.

Systemkrav:

- Ingen!

1.4.7: Ny test?

- Se PP:1.2.

1.4.8: Godkjent

- Alle gruppemedlemmer er klar overendringer.
 - Eirik Brendeløkken gjør endringer i kravspesifikasjonsdokument.

Iterasjonsdokument

I:1.5.1	Testspesifikasjon	Dato: 20.03.15
<p>1.5.2: Endringer?</p> <ul style="list-style-type: none"> Ja det er endringer i testspesifikasjonsdokument og testplan. <p>1.5.4: Revidering av eksisterende tester?</p> <p>Testspesifikasjon</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>3.1.1 Verktøyveksler: Tester overordnet brukerkrav</u> <ul style="list-style-type: none"> TOB_01, se PP:1.1. <p>Testplan</p> <ul style="list-style-type: none"> Testplanen er fortsatt ikke revisjon 1.0. Denne jobbes med videre og ferdigstilles før presentasjon 2. <p>1.5.5: Implementasjon av nye tester?</p> <p>Testspesifikasjon</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>3.1.1 Verktøyveksler; Tester overordnet brukerkrav</u> <ul style="list-style-type: none"> TOB_08, se PP:1.2. <p>Testplan</p> <ul style="list-style-type: none"> Testplanen er fortsatt ikke revisjon 1.0. Denne jobbes med videre og ferdigstilles før presentasjon 2. <p>1.5.6: Godkjent?</p> <ul style="list-style-type: none"> Mark Steffens jobber med og reviderer testplanen. 		

I:1.6.1	Konseptdokument	Dato: 20.03.15
<p>1.6.2: Endringer?</p> <ul style="list-style-type: none"> Nei, dokumentet er under utredning. 		

I:1.7.1	Design og dokumentasjon	Dato: 20.03.15
<p>1.7.2: Endringer?</p> <ul style="list-style-type: none"> Nei, dokumentet er ikke påbegynt. 		

Iterasjonsdokument

I:1.8.1	Iterasjonsrapport	Dato: 20.03.15
<p>1.8.1: Rapport skrevet?</p> <ul style="list-style-type: none">• Ja! <p>1.8.4: Rapport godkjent?</p> <ul style="list-style-type: none">• Det har vært endringer i denne iterasjonsfasen, men alle endringer har blitt godkjent og utført. <p>1.8.7: Iterasjon slutt</p>		

Iterasjonsdokument

5. Iterasjon 2

5.1. Prosjektperiode 2: 22.03.15 – 21.04.15

PP:2.1	Kommentar	Dato: 15.04.15
	Oppdaget feilestimering av hovedaktivitet 13. Design og dokumentasjon.	Konsekvens: SK
Analyse av endring		
<ul style="list-style-type: none"> Estimat satt til 1185 timer på 25 dager. <ul style="list-style-type: none"> Det har blitt dobbelt estimert på alle underaktiviteter mot underaktivitet dokumentasjon. Her er det meningen at dokumentasjon skal komme under hver av underaktivitetene. Endringen sees ikke på som kritisk fordi prosjektgruppen akkurat hat startet med design og dokumentasjonsfasen, og at estimeringen var såpass grov. <ul style="list-style-type: none"> Endringen går ikke ut over prosjektet eller dens mål. 		
Handling		
<ul style="list-style-type: none"> Re-estimerer derfor aktivitet til: <ul style="list-style-type: none"> 851 timer på 25 dager. 		
Endres av		Dato
<ul style="list-style-type: none"> Morten A. Kjær (I fellesskap med Mark Steffens og Eirik Brendeløkken) 		15.04.15

Iterasjonsdokument

PP:2.2	Kommentar	Dato: 15.04.15
	<ul style="list-style-type: none"> • Spesifisert mer detaljerte datoer i hovedaktivitet 13 Design og dokumentasjon. • Lagt til underaktivitet 13.5 Beskyttelsesbarriere. • Endret navn og flyttet underaktivitet. 	Konsekvens: MK
Analyse av endring		
	<ul style="list-style-type: none"> • Underaktiviteter er kun flyttet på for bedre oversikt og planlegging. <ul style="list-style-type: none"> ○ Se Gantt_revisjon i Vedlegg D, <i>Gantt diagram</i> for mer informasjon. • Ingen kommentar på endring. • Endret navn og flyttet underaktivitet: 13.5 Dokumentasjon til 13.7 Lønnsomhetsanalyse. 	
Handling		
	<ul style="list-style-type: none"> • Endrer punkter i Gantt diagram og aktivitetsplan. 	
Endres av		Dato
	<ul style="list-style-type: none"> • Morten A. Kjær 	15.04.15

Iterasjonsdokument

5.2. Iterasjonsfase 2: 22.04.15 – 24.04.15

I:2.1	Iterasjonsfase 2	Dato: 22.04.15
<ul style="list-style-type: none"> Andre iterasjonsfase startet 22.04.15 klokken 08.30. <ul style="list-style-type: none"> Det var sykdom i gruppen og iterasjonen ble fordelt utover tre dager. Mark Steffens, Erik Michaelsen og Eirik Brendeløkken start med iterasjon og fullførte visjonsdokument og prosjektplanleggingsdokument onsdag 22.04.15. Andre iterasjonsfase fortsatte med alle gruppe medlemmene til stedet fredag 24.04.15. 		

I:2.2.1	Kritiske endringer	Dato: 22.04.15
Det er ingen kritiske endringer på nåværende tidspunkt som fører til en ny kravanalyse eller endring på prosjektmandat.		

I:2.3.1	Administrativt	Dato: 22.04.15
1.3.2: Endringer? <ul style="list-style-type: none"> Ja det er endringer i visjonsdokumentet og prosjektplanleggingsdokument. 1.3.3: Visjonsdokument <ul style="list-style-type: none"> <u>1.3. Oversikt:</u> <ul style="list-style-type: none"> Kapittelbeskrivelse til kapittel 8 må fjernes siden det ikke eksisterer i dokumentet. <u>3.0 Bakgrunn for prosjekt:</u> Setning endres. <ul style="list-style-type: none"> Fra "Den nye maskinen åpner for fresing av elektroder fra grafittblokker, til forskjell fra dagens system, hvor de kjøper inn ferdig freste grafittplater som må monteres manuelt." Til "Den nye maskinen åpner for fresing av elektroder fra grafittblokker, til forskjell fra dagens system, hvor de kjøper inn grafittstaver som må freses og monteres manuelt." <u>4.1 Effektmål:</u> Fjerne siste punkt da det er skrevet som effektmål og resultatmål. <ul style="list-style-type: none"> "Fjerne behovet for "gul lapp" operasjon." <u>4.3 Prosessmål:</u> Setning endres. <ul style="list-style-type: none"> Fra "Å oppnå et tilfredsstillende resultat" Til "Å oppnå et resultat og slutt karakter som alle i prosjektgruppen er tilfredsstillt" 		

Iterasjonsdokument

med."

- 4.4 Rammebetingelser: Endret presentasjonsdato.
 - Fra "Presentasjon tre: uke 22/23."
 - Til "Presentasjon tre: 29.05.2015."
- 5.1 Interesseanalyse: Lagt til flere interessenter.
 - System 3R
 - Festo Norge
 - Primatech
 - Sandnes Glassindustri og Speilfabrikk
 - Aluflex
 - Lagt til Jorge Pino som nøkkelinteressent

1.3.4: Prosjektplanleggingsdokument

- 1.3 Oversikt:
 - Det må legges til mer informasjon om kapittel 9 Dokumenter.
- 4 Prosjektmodell:
 - Det må legges til mer informasjon rundt prosjektmodell og iterasjoner. Dette er et krav som har kommet fra intern sensor på HBV etter presentasjon 2.
 - Tabell over iterasjonsfaser i dokument må legges inn i kapittel 4 prosjektmodeller.
- 5.4 Prosjektets omfang:
 - Det må legges til mer informasjon rundt prosjektets omfang,
- 7.1 Tidslinje:
 - Tidslinje kan fjernes.
 - Prosjektgruppen følger tidslinje gjennom Gantt diagram og milepælsplan.
- 8.2 Analyse av risikoscenario:
 - Oppdaget feil risikobokstav på rad: Tap av lagret data, må endres fra M til Y.

1.3.5: Bør det utføres risikoanalyse?

- Det er ikke behov for risikoanalyse på endringer som skal gjøres.

1.3.6: Endringer utføres av:

- Erik Michalsen ansvarlig for endringer i visjonsdokument.
- Morten A. Kjær ansvarlig for endringer i prosjektplanleggingsdokument.

Iterasjonsdokument

I:2.4.1	Kravspesifikasjonsdokument	Dato: 24.04.15
<p>1.4.2: Endringer?</p> <ul style="list-style-type: none"> Ja det er endringer i kravspesifikasjonsdokument. <p>1.4.3: Revidering av dokument</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>1.1 Formål med dokumentet:</u> <ul style="list-style-type: none"> Endret prosjektnavn til "Produksjonsoptimalisering – Oppgrader av EDM maskin 5129" <u>1.3 Oversikt:</u> <ul style="list-style-type: none"> Lagt til kapittel 8: Systemkrav. Endret tekst for kapittel 4 og 5. Flyttet tekst fra kapittel 4 og 5 til 6 og 7. Flyttet teksten fra 6 og 7 til 8. <u>3.2.3 Godkjennelses kriterier – hvem godkjenner kravene:</u> <ul style="list-style-type: none"> Byttet ut "EDM-møter" med "prosjektmøter" <u>6.1 Generelt:</u> <ul style="list-style-type: none"> Forandret "Brukerkrav – Maskin for ergonomi og arbeidsplass" til "Brukerkrav – Ergonomi og arbeidsplass" <p>1.4.4: Revidering av eksisterende krav</p> <p>Brukerkrav:</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>Ingen</u> <p>Systemkrav:</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>8. Systemkrav:</u> <ul style="list-style-type: none"> Endret SK_01A: Beskyttelsesbarriere settes til 180cm. Spesifisert at det gjelder for den bevegelige delen av beskyttelsesbarrieren. Endret SK_01B: Gitt systemkravet en beskrivelse, samt oppdatert restriksjon. Kravet gjelder for den faste delen av beskyttelsesbarrieren. SK_03: Endret restriksjonen til kravet. SK_07(A): Kravet har blitt delt inn i tre del-krav. Kravet SK_07 henter nå SK_07A. 		

Iterasjonsdokument

- **SK_09:** Endret krav, lagt til ny restriksjon.
- **SK_10(A):** Kravet er delt i to, SK_10 henter nå SK_10A.
- **SK_11:** Endret krav, lagt til restriksjon.
- **SK_15:** Endret krav, lagt til restriksjon.
- **SK_16:** Endret krav, fjernet restriksjon.
- **SK_18:** Endret krav, endret restriksjonen.

1.4.5: Endre test?

- Det er endringer på tester som følge av 1.4.4, se 2.5.1: Testspesifikasjon.

1.4.6: Implementasjon av nye krav

Brukerkrav:

- 6. Samlet brukerkrav:
 - **OB_09:** Lagt til en krav som omhandler styring.

Systemkrav:

- 8. Samlet systemkrav
 - **SK_04:** Kravet har fått en beskrivelse. Kravet sto tidligere tomt.
 - **SK_07B:** Nytt krav som tar for seg bevegelsen av verktøyveksleren (z-aske).
Derivert fra kravet: SK_07.
 - **SK_07C:** Nytt krav som tar for seg bevegelsen av EDM maskinens tårn. Lagt til restriksjon mtp. styresystemets alder. Derivert fra kravet SK_07.
 - **SK_10B:** Nytt krav som tar for seg byttbar elektrodeholder på vinklet elektrodeholder montert på lineærføringer. Lagt til en beskrivelse og en restriksjon. Derivert fra kravet SK_10.

1.4.7: Ny test?

- Det er endringer på tester som følge av 1.4.6, se 2.5.1: Testspesifikasjon

1.4.8: Godkjent

- Alle gruppemedlemmer er klar overendringer.

Eirik Brendeløkken gjør endringer i kravspesifikasjonsdokument.

Iterasjonsdokument

I:2.5.1	Testspesifikasjon	Dato: 24.04.15
<p>1.5.2: Endringer?</p> <ul style="list-style-type: none"> Ja det er endringer i testspesifikasjonsdokument og testplan. <p>1.5.4: Revidering av eksisterende tester?</p> <p>Testspesifikasjon</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>Generelt:</u> det mangler en del henvisninger til kapitler, vedlegg og dokumenter <u>1.2 Omfang:</u> Må skrives om i forbindelse med ferdigstillelse konseptfasen <u>3.2 Prosjekt-tester:</u> Må skrives om i forbindelse med ferdigstillelse designfasen <u>3.3 Krav testomgivelser:</u> Må skrives om i forbindelse med ferdigstillelse designfasen <u>3.1.2 Verktøyveksler: Tester sikkerhet for verktøyveksler og EDM</u> <ul style="list-style-type: none"> TBSVV_01 <u>3.1.3 Verktøyveksler: tester verktøyveksler og EDM for maskin</u> <ul style="list-style-type: none"> TBMVV_01 TBMVV_02 <p>Testplan</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>Generelt:</u> det mangler en del henvisninger til vedlegg og dokumenter <u>1.2 Omfang:</u> Må skrives om i forbindelse med ferdigstillelse konseptfasen <u>1.4 Oversikt:</u> Henvisninger til vedlegg må fjernes <u>3.1.2 Verktøyveksler: Tester sikkerhet for verktøyveksler og EDM</u> <ul style="list-style-type: none"> TBSVV_01 TBSVV_04 <u>3.1.3 Verktøyveksler: tester verktøyveksler og EDM for maskin</u> <ul style="list-style-type: none"> TBMVV_01 TBMVV_02 <u>3.1.4 Verktøyveksler: tester ergonomi og arbeidsplass for maskin</u> <ul style="list-style-type: none"> TBEA_01 <p>1.5.5: Implementasjon av nye tester?</p> <p>Testspesifikasjon</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>3.1.1 Verktøyveksler; Tester overordnet brukerkrav</u> <ul style="list-style-type: none"> TOB_09 		

Iterasjonsdokument

Testplan

- 3.1.1 Verktøyveksler; Tester overordnet brukerkrav
 - TOB_09

1.5.6: Godkjent?

- Mark Steffens jobber med å revidere testspesifikasjonen og testplanen.

I:2.6.1
Konseptdokument
Dato: 20.03.15
1.6.2: Endringer?

- Nei, dokumentet er under utredning.

I:2.7.1
Design og dokumentasjon
Dato: 20.03.15
1.7.2: Endringer?

- Nei, dokumentet er ikke påbegynt.

I:2.8.1
Iterasjonsrapport
Dato: 20.03.15
1.8.1: Rapport skrevet?

- Ja!

1.8.4: Rapport godkjent?

- Det har vært endringer i denne iterasjonsfasen, men alle endringer har blitt godkjent og utført.

1.8.7: Iterasjon slutt

Iterasjonsdokument

6. Iterasjon 3

6.1. Prosjektperiode 3, 25.04.15 – 06.05.15

PP:3.1	Kommentar	Dato: 02.05.15
	<ul style="list-style-type: none"> I forbindelse med ferdigstillelse av prosjektdokumentasjon implementeres et nytt kapittel, kapittel 3.2 Testbeskrivelse prosjekt-tester. 	Konsekvens: LK
Analyse av endring		
	<ul style="list-style-type: none"> Prosjektgruppen har valgt å endre noen av de eksisterende testene til virtuelle tester. <ul style="list-style-type: none"> Dette betyr at prosjektgruppen utfører tester gjennom programvare for å forsikre oppdragsgiver om at design tilfredsstiller krav. 	
Handling		
	<ul style="list-style-type: none"> Skriver om de aktuelle testene som kan testes virtuelt. 	
Endres av		Dato
	<ul style="list-style-type: none"> Mark A. Steffens. 	02.05.15

Iterasjonsdokument

6.2. Iterasjonsfase 3, 07.05.15 – 08.05.15

I:3.1	Iterasjonsfase 3	Dato: 08.05.15
Siste iterasjonsfase startet 08.05.15 klokken 08.30. Alle gruppemedlemmer er tilstede.		

I:3.2.1	Kritiske endringer	Dato: 08.05.15
Det er ingen kritiske endringer på nåværende tidspunkt i prosjektet.		

I:3.3.1	Administrativt	Dato: 08.05.15
1.3.2: Endringer? <ul style="list-style-type: none"> Det er ingen endringer i visjonsdokument eller prosjektplanleggingsdokument. 1.4.1: Går videre!		

I:3.4.1	Kravspesifikasjonsdokument	Dato: 08.05.15
1.4.2: Endringer? <ul style="list-style-type: none"> Ja det er endringer i kravspesifikasjonsdokument. 1.4.4: Revidering av eksisterende krav? <ul style="list-style-type: none"> Prosjektgruppen må spesifisere koordinatene som omhandler innlastning på systemkravene SK_07A, SK_07B og SK_07C. 1.4.5: Endre tester? <ul style="list-style-type: none"> Tester som omhandler systemkrav over må oppdateres med nye koordinatverdier. <ul style="list-style-type: none"> Dette gjelder for test TBMVV_01. 1.4.8: Godkjent <ul style="list-style-type: none"> Alle gruppemedlemmer er klar over endringer. <ul style="list-style-type: none"> Eirik Brendeløkken gjør endringer i kravspesifikasjonsdokument. Mark A. Steffens gjør endringer i testspesifikasjonsdokument. 		

Iterasjonsdokument

I:3.5.1	Testspesifikasjon	Dato: 08.05.15
<p>1.5.2: Endringer?</p> <ul style="list-style-type: none"> Ja det er endringer i testspesifikasjonsdokument og testplan. <p>1.5.4: Revidering av eksisterende tester?</p> <p>Testspesifikasjon</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>3.1.3 Verktøyveksler: Tester verktøyveksler og EDM for maskin</u> <ul style="list-style-type: none"> Endre test TBMVV_01. <p>Testplan</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>3.1.3 Verktøyveksler: Tester verktøyveksler og EDM for maskin</u> <ul style="list-style-type: none"> Endre test TBMVV_01. <p>1.5.6: Godkjent?</p> <ul style="list-style-type: none"> Mark Steffens endrer gjør endringer i testspesifikasjon og testplan. 		

I:3.6.1	Konseptdokument	Dato: 08.05.15
<p>1.6.2: Endringer?</p> <ul style="list-style-type: none"> Nei, det har ikke vært endringer i konseptdokumentet. <ul style="list-style-type: none"> Krav som har blitt revidert etter konseptperioden har ikke innflytelse på konsept eller konseptvalg, fordi endringene har vært ubetydelige. 		

I:3.7.1	Design og dokumentasjon	Dato: 08.05.15
<p>1.7.2: Endringer?</p> <ul style="list-style-type: none"> Dette dokumentet er under utredning. 		

I:3.8.1	Iterasjonsrapport	Dato: 08.05.15
<p>1.8.1: Rapport skrevet?</p> <ul style="list-style-type: none"> Ja. <p>1.8.4: Rapport godkjent?</p> <ul style="list-style-type: none"> Det har vært enkle revideringer av systemkrav og tilhørende testdokumentasjon. <p>1.8.7: Iterasjon slutt</p>		



Kravspesifikasjon

Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM maskin 5129

Prosjekt gruppe: Eirik Brendeløkken (EB)

Morten A. Kjær (MK)

Erik Michalsen (EM)

Mark A. Steffens (MS)

Prosjektleder: Erik Michalsen

Intern veileder: Kjell Enger

Kunde: GKN Aerospace Norway AS

Ekstern veileder: Even Engebakken

Kravspesifikasjon**Sammendrag**

Dokumentet inneholder brukerkrav for oppgradering av EDM maskin 5129 og dens system. Brukerkravene er satt sammen i henhold til ønsker fra GAN (evt. ansatte) som har gitt prosjektgruppen i prosjektbeskrivelsen, se Vedlegg A: *Prosjektmandat* og prosedyrer via Systems Engineering.

Kravspesifikasjon

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	1
1.1. Formål med dokument.....	1
1.2. Liste over definisjoner og forkortelser	2
1.3. Oversikt	4
1.4. Referanser.....	4
2. Dokumenthistorie	5
3. Tillagte egenskaper for bestemmelse av krav	9
3.1. Kilde – hvem burde spørres med tanke på krav	9
3.2. Prioriteringer av krav	9
3.2.1. Nødvendighet – hvor hurtig må forskjellige krav møtes.	10
3.2.2. Eier – hvem trenger kravene.....	10
3.2.3. Godkjennelses kriterier – hvem godkjenner kravene.....	10
4. Bakgrunn for brukerkrav, verktøyveksler	11
4.1. Utdrag fra prosjektmandat.....	11
4.2. Intervju	13
4.3. Observasjon av operatør i brukermiljø	17
4.4. Brukermønster	18
4.5. CE-godkjenning.....	19
5. Bakgrunn for brukerkrav, «verktøykontroll - elektrodedata»	20
5.1. Utdrag av prosjektmandat.....	20
5.2. Intervju	21
5.3. Observasjon av operatør i brukermiljø	23
5.4. Brukermønster	24
6. Samlet brukerkrav, «verktøyveksler»	25
6.1. Generelt	25
6.2. Overordnet brukerkrav for verktøyveksler	26
6.3. Sikkerhet for verktøyveksler og EDM-maskin.....	28
6.4. Avdeling, maskin.....	29
6.4.1. Verktøyveksler og EDM-maskin	29
6.4.2. Ergonomi og arbeidsplass	30
6.5. Avdeling, elektro	31
6.5.1. Verktøyveksler og EDM-maskin	31
7. Samlet brukerkrav, «Verktøykontroll - elektrodedata».....	32
7.1. Overordnet brukerkrav	32
7.2. Sikkerhet for verktøykontroll – elektrodedata.....	32
7.3. Avdeling, maskin.....	33

Kravspesifikasjon

7.3.1. Verktøykontroll – elektrodedata.....	33
7.4. Avdeling, elektro	34
7.3.2. Verktøykontroll – elektrodedata.....	34
8. Samlet systemkrav	36

Kravspesifikasjon**Tabelloversikt**

Tabell 1. Liste over definisjoner og forkortelser	3
Tabell 2. Prioriteringer av krav	9
Tabell 3. Intervjurunde 1 – Sikkerhet	16
Tabell 4. Intervjurunde 1 - Verktøykontroll-elektrodedata	22
Tabell 5. Inndeling av brukerkrav koder	25
Tabell 6. Overordnet brukerkrav for verktøyveksler	27
Tabell 7. Brukerkrav for sikkerhet verktøyveksler og EDM-maskin	28
Tabell 8. Brukerkrav maskin - verktøyveksler og EDM-maskin	29
Tabell 9. Brukerkrav maskin - ergonomi og arbeidsplass	30
Tabell 10. Brukerkrav elektro - verktøyveksler og EDM-maskin	31
Tabell 11. Overordnet brukerkrav - verktøykontroll - elektrodedata	32
Tabell 12. Brukerkrav elektro - sikkerhet for verktøykontroll – elektrodedata	32
Tabell 14. Brukerkrav elektro - verktøykontroll - elektrodedata	35

Figuroversikt

Figur 1. Intervjuhierarki	13
Figur 2. Brukermønster for verktøyveksleren	18
Figur 3. Brukermønster for verktøykontroll – elektrodedata	24

Vedlegg

Vedlegg A: *Prosjektmandat*

Kravspesifikasjon

1. Innledning

1.1. Formål med dokument

Formålet med dette dokumentet er å spesifisere de forskjellige bruker –og systemkravene for prosjektet «Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM maskin 5129» på en klar og gjennomført måte. Hensikten er å bestemme hva slags system man vil ha, hva det skal kunne gjøre, hvordan det skal virke og hvordan det skal se ut[1]. Kravene skal være formulert på en slik måte at det kan testes om kravet er oppnådd eller ikke.

Kravspesifikasjon

1.2. Liste over definisjoner og forkortelser

Definisjoner/forkortelser	Beskrivelse
Balluff	Leverandør av sensorer og RFID løsninger
Brukermønster	Enkel illustrasjon som hjelper prosjektgruppen med å få en helhetlig oversikt over systemet
CE	Conformité Européenne, garanti for at alle direktiver som har med sikkerhet å gjøre er oppfylt
CNC	Computer Numerical Control
Dielektrikum	Isolerende eller meget dårlig ledende materiale
EDM	Electrical Discharge Machining
Elektrodedata	Registrering av elektrodedata eller høyde av elektrodene etter en freseprosess i CNC-maskin.
Elektrodeholder	En stålplate hvor det er festet fire elektroder
Eroderingsprosess	Den elektriske energien fra strømforsyningen endret til ønsket resultat ved nøye utviklet og kontrollert pulsgeneratorer.
EU	Den europeiske union
Exeron	Leverandør av EDM løsninger
Fehlmann	Leverandør av EDM løsninger
GAN	GKN Aerospace Norway
Grafittblokk	Elektroder blir frest ut fra en grafittblokk

Kravspesifikasjon

Heidenhain	Leverandør av høypresisjonsverktøy med hensyn til elektroniske komponenter
HMS	Helse, Miljø og Sikkerhet
ID	Identifikasjon
Interessenter	En person eller organisasjon som kan påvirke eller bli påvirket av prosjektet
KTT	Kongsberg Terotech
MMG	Menneske-Maskin Grensesnitt
PLS	Programmerbar logisk styring. Datamaskin som brukes for å automatisere oppgaver
RFID	Radiofrekvensidentifikasjon
VANE	En av flere avdelinger hos GAN. Spesialiserer seg på maskinering av vanes.
Verktøykontroll	Navnet på styringsenheten ved hjelp av en RFID løsning
Verktøyveksler	En automatisk prosess som tillater inn- og utlasting av elektrodeholdere
3R	Innspenningssystem til elektrodeholder

Tabell 1. Liste over definisjoner og forkortelser

Kravspesifikasjon

1.3. Oversikt

Dette dokumentet er satt opp på slik måte at det tilfredsstiller intern og ekstern veileder.

Kapittel 3 gir et innblikk i de generelle bestemmelsene som fastsettes av prosjektoppgaven og oppdragsgiver. Her får man også et innblikk i prosjektoppgavens formål og en beskrivelse av prosess-systemet.

Kapittel 4 og 5 beskriver bakgrunnen til kravene som blir spesifisert, samt hvilke metoder prosjektgruppen har brukt for å hente inn krav.

Kapittel 6 og 7 beskriver interessentens og brukerens krav, samt funksjonelle ønsker til prosess-systemene.

Kapittel 8 beskriver systemkravene som må til for å oppfylle interessentenes og brukerens krav og funksjonelle ønsker til prosess-systemene.

1.4. Referanser

[1] Høgskolen i Sør-Trøndelag. (u.å). *Mal - Kravspesifikasjon*. Hentet 22.01.2015, fra <http://hist.no/aitel/>

Kravspesifikasjon

2. Dokumenthistorie

Versjon	Kommentar	Forfatter	Dato
0.1	<ul style="list-style-type: none"> Dokument opprettet. 	MK	05.01.2015
0.2	Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> Intervjurunde 1. 	MK, EB, EM	15.01.2015
0.3	Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> 5. Brukerkrav, verktøyveksler. 3.4. Brukermønster, verktøyveksler 3.5, «CE-krav». Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> 2.2, «Prioritering av krav». Endring av tekst. 	MK, EB	26.01.15
0.4	Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> 4.0. Bakgrunn for brukerkrav, «Verktøykontroll – elektrodedata». 4.4. Brukermønster for verktøykontroll. 6.0. Brukerkrav, verktøykontroll – elektrodedata. 7.0. Samlet systemkrav 	MK, EB	27.01.15
0.5	Revidering av dokumentet: <ul style="list-style-type: none"> Sammendrag Endret dokumentstruktur 	EB	29.01.15
0.6	Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> Tabelloversikt Figuroversikt Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> 4.1. endret utdrag fra prosjektmandat. 5.3. Fjernet brukerkrav BSVV_02 (gassavtrekk). 	EB, EM	04.02.15

Kravspesifikasjon

	<ul style="list-style-type: none"> 5.3.1. Fjernet brukerkrav BMVV_03 (rotasjon i c-akse). 5.3.1. Fjernet brukerkrav BMVV_05 (lagringsplass i elektrodeholder). 7. Omformulering i systemkrav SK_07 Innholdsfortegnelse Oppdatering av referansenummer.		
0.7	Brukerkrav gjennomgått og godkjent hos oppdragsgiver.	Alle	06.02.15
0.8	Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> 1.1. endret formål med dokument. 3.2.2. endret eier av krav. Generell revidering av dokument. 	EM	08.02.15
0.9	Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> 8.0 Samlet systemkrav Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> Oppsett for samlet systemkrav. 8.0 Samlet systemkrav 	EB	09.02.15
1.0	Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> 1.4. Referanser Dokument godkjent: <ul style="list-style-type: none"> Dokument er godkjent som rev.1.0. Videre vil det komme flere krav, deretter nye revisjonsnummer. 	EM	12.02.15
1.1	Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> Nytt brukerkrav: OB_08 Forandret: <ul style="list-style-type: none"> Beskrivelse i OB_01, fra helautomatisk til 	EB	18.03.15

Kravspesifikasjon

	delautomatisering.		
1.2	Revidering av dokumentet: <ul style="list-style-type: none"> • Generell revidering av dokumentet. • Korrektur. • Struktur på tabeller og figurer. • Omformulering av tekst i bruker –og systemkrav. • 3.2. Tab. 2 forandre type krav B. • 1.2. forandre navn til Heidenhain • 4.5. CE-godkjenning Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> • Beskrivelse for kapittel 7.3.1 og 8. • Systemkravene: SK_01A, SK_01B, SK_02, SK_03 og SK_13. Forandret: <ul style="list-style-type: none"> • Systemkravene: SK_01, SK_08, SK_12, SK_14, SK_16, SK_21, SK_22, SK_23 og SK_27. 	EB, EM	20.03.2015
1.3	Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> • Generell revidering av dokument og tekst (sammendrag, oversikt og prosjektnavn i 1.1). Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> • OB_09, SK_04, SK_07A, SK_07B, SK_07C, SK_10A og SK_10B. Forandret: <ul style="list-style-type: none"> • Forandret systemkravene: SK_01A, SK_01B, SK_07 (SK_07A), SK_09, SK_10 (SK_10A), SK_11, SK_15, SK16 og SK_18. 	EB	24.04.2015

Kravspesifikasjon

1.4	Lagt til systemkravene: <ul style="list-style-type: none"> SK_24, SK_25, SK_26. Forandret systemkrav: <ul style="list-style-type: none"> SK_27. Oppdatert testene som tilhører systemkravene.	MS	27.04.2015
1.5	Flyttet brukerkrav: <ul style="list-style-type: none"> OB_09, fra kapittel 7.1 til kapittel 6.2. Forandret systemkrav: <ul style="list-style-type: none"> SK_18, fjernet restriksjonen. 	EB	28.04.2015
1.6	Forandret systemkrav: <ul style="list-style-type: none"> SK_07A (lagt til verdi). SK_07B (lagt til verdi). SK_07C (lagt til verdi). 	EB	09.05.2015
1.7	Revidering av dokumentet: <ul style="list-style-type: none"> Struktur/oppbygning gjennom dokumentet. Korrektur i dokumentet. Byttet ut tabell/tekst i kapittel 7.3.1 med tekstforklaring. Endret beskrivelse til kapittel 8. 	EB	12.05.2015
2.0	Ferdigstillelse av dokument.	EB	15.05.2015

Kravspesifikasjon

3. Tillagte egenskaper for bestemmelse av krav

3.1. Kilde – hvem burde spørres med tanke på krav

Gjennom intervju og andre type innhentingsprosesser bør nøkkelinteressentene involveres i brukerkravprosessen. Disse sitter både med kunnskap om eksisterende prosess-system, samt funksjonelle ønsker til nytt prosess-system.

3.2. Prioriteringer av krav

Prioritering av brukerkrav som kommer frem ved hjelp av dette dokumentet, prioriteres i tett samarbeid mellom prosjektgruppen og nøkkelinteressenten, GAN. Gjennom intervjurunder kan prosjektgruppen få svar på ulike spørsmål og problemstillinger. I disse intervjurundene vil nøkkelinteressentene uttrykke sine ønsker, og de ulike kravene vil bli prioritert deretter.

Basis for prioritering av de ulike kravene gjøres med tanke på disse faktorene:

- Investering mot besparelse.
- HMS.
- Fleksibilitet.
- Brukervennlighet.
- Nødvendighet.
- Vedlikehold.

Ut i fra disse, har prosjektgruppen satt opp tabellen (tab. 2).

Type krav	Beskrivelse
A	Absolutte krav som er helt nødvendig for den primære interessenten. Kravene vil gjerne inneholde eller være knyttet til sikkerhet som minimerer risikoer.
B	Viktige krav, men som ikke nødvendigvis knyttes opp mot sikkerhetstiltak. Krav som er relativt viktig for å tilfredsstille interessentene.
C	Mindre viktige krav som kun prioriteres ved ekstra tid.

Tabell 2. Prioriteringer av krav

Kravspesifikasjon

3.2.1. Nødvendighet – hvor hurtig må forskjellige krav møtes.

Hvilke krav er mest nødvendig for å tilfredsstille primær- og nøkkelinteressentenes behov. Dette punktet blir knyttet opp mot planleggingsfasen og GAN, slik at krav som må gjennomføres før prosjektet kan fortsette, blir gjennomført. Se også prioriteringstabell (tab. 2) for rangering av krav etter viktighet.

3.2.2. Eier – hvem trenger kravene

Eier av kravene vil variere. Her er tre varianter:

- GAN lager dem. Prosjektgruppen aksepterer dem.
- Prosjektgruppen og GAN lager dem i fellesskap.
- Prosjektgruppen lager dem. GAN aksepterer dem.

I hovedsak er kravene spesifisert fra den primære interessenten. I fase to av utvikling, vil de fleste kravene bli spesifisert ut i fra variant to, GAN kjenner behovene og oppgavene, prosjektgruppen kjenner mulighetene.

3.2.3. Godkjennelses kriterier – hvem godkjenner kravene

Kravene blir godkjent av nøkkelinteressentene gjennom prosjektmøter hos GAN.

Kravspesifikasjon

4. Bakgrunn for brukerkrav, verktøyveksler

Dette kapittelet inneholder ulike delkapitler hvor de viktigste faktorene som påvirker bruker- og systemkrav blir trukket frem. Dette gjøres ved å sette opp intervjuer, brukermønster og ved gjennomgang av prosjektmandatet. Det skal hjelpe prosjektgruppen med å velge de viktigste kravene GAN ser for seg i prosjektet. Dette gjør det også enklere å fremme hvilke krav de ser på som kritiske og hvilke krav de ser på som ønskelige. Det er viktig å forstå omfanget av prosjektet tidlig i prosessen. Slik kan prosjektgruppen raskest mulig kan endre eller fjerne krav som ikke er relevante, eller som kan skape problemer for prosjektet i fremtiden med tanke på kostnader eller liknende.

4.1. Utdrag fra prosjektmandat.

Her kommer et samlet utdrag fra Vedlegg A: *Prosjektmandat* levert av GAN. Dokumentet inneholder en grundig prosjektbeskrivelse, samt en generell beskrivelse av hvilke brukerkrav som ønskes fra brukerne. Slik kan prosjektgruppen hente ut aktuelle brukerkrav fra dokumentet.

GAN har i dag en ny EDM-maskin med et 3R-innspenningssystem og en pneumatisk adapter som holder elektrodeholderen. Dette åpner for fresing av elektroder fra grafittblokker, og gir bedriften og operatører hjelpende faktorer som:

- Enklere.
- Raskere.
- Mer fleksibelt.
- Mer HMS vennlig.

Disse fire faktorene beskriver hvilke krav GAN stiller til produktet. EDM-maskin 5129 er en av de eldre EDM-maskinene og har derfor har ikke mulighet til å utnytte det nye systemet. Den setter dermed begrensninger for flyten og fleksibiliteten til produksjonen.

Kravspesifikasjon

GAN ønsker derfor en ombygging til et System 3R innspenningssystem med pneumatisk adapter for innspenningen av elektrodeholder. Dette kalles et 0-punktsystem. Da systemet bygger på en enklere funksjon vil det nye systemet resultere i reduserte verktøykostnader.

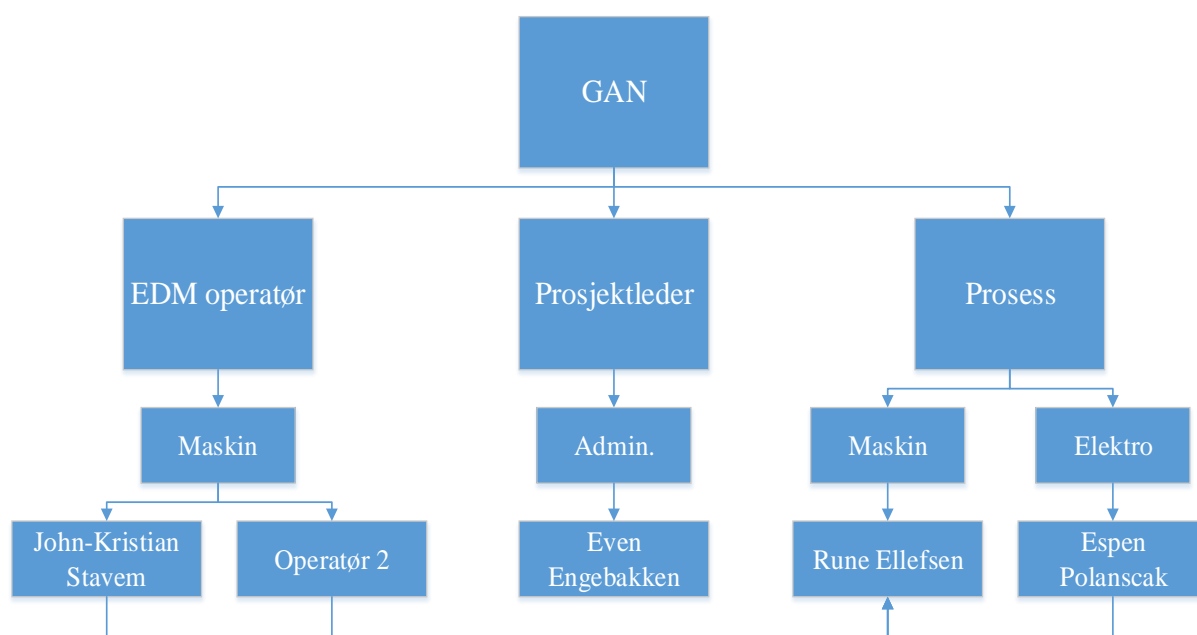
Videre vil 0-punktsystemet gi andre fordeler som:

- 0-punktsystem gir større utnyttelse av elektrodefres som reduserer verktøykost betraktelig.
- 0-punktsystem fjerner manuell inn -og utspenning av elektrodeholder.
- 0-punktsystem reduserer toleranseoppbygging.
- 0-punktsystem reduserer omstillingstid til nye produkter.
- 0-punktsystem gir færre berøringer på grunn av elektrodeverktøy, og dermed reduseres kontakt med dielektrikum. HMS.

Kravspesifikasjon

4.2. Intervju

I dette delkapittelet vil prosjektgruppen foreta seg en eller flere intervjurunder av personell som jobber hos GAN, se intervjuhierarki på figuren (fig. 1). Intervjurundene gir grunnlag for brukerkravene som er definert i kapittel 6. *Samlet brukerkrav*. På figuren (fig. 1) under vises et intervjuhierarki som prosjektgruppen følger. Dette har blitt gjort på denne måten fordi det blir enklere for prosjektgruppen å skille mellom personer hos GAN. Det blir også klarere hvilke spørsmål som kan rettes mot hvem, og hvem som sitter på den avgjørende bestemmelsen om et bruker- eller systemkrav skal være med videre i prosjektoppgaven. Et eksempel til dette er å se på tabellen (tab. 3) hvor det stilles et spørsmål angående et krav til en operatør på EDM-maskinen. Som pilene viser går spørsmålet direkte til operatøren, og svaret fra operatøren må gå videre gjennom Rune Ellefsen for å bli godkjent. På denne måten kan det formes til et brukerkrav. Metoden benyttes for at prosjektgruppen skal ha kontroll på godkjente krav, og fordi det blir enklere for prosjektgruppen å spore opp krav i ettertid hvis dette er ønskelig.



Figur 1. Intervjuhierarki

Kravspesifikasjon

Intervjurunde 1	
Første intervjurunde ble utført onsdag 14. Januar 2015. Prosjektgruppen møtte GAN for å ha et prosjektmøte der det ble kjørt en intervjuprosess. Hovedmål med intervjuprosessen var å innhente informasjon slik at det finnes et grunnlag for definering av brukerkrav.	
Spørsmål fra prosjektgruppe	Svar fra GAN
Sikkerhet	
1. Hvilke krav stilles til sikkerhet rundt kjøring av EDM-maskinen?	<ul style="list-style-type: none"> a. Det er et krav at barriereglass skal være i hevet posisjon for at EDM-prosessen skal starte. Dessverre er denne funksjonen utslitt, og er derfor koblet fra systemet i dag. b. Vi ser for oss en bedre løsning på dette med en eventuell ombygging av sikkerhetsbarrieren. c. Vi ser også for oss at det er en klar fordel at dette sikkerhetssystemet går automatisk når maskinen starter, slik at operatøren slipper å tenke over dette ved oppstart. d. Vi ønsker også manuell styring. e. Vi krever at ombygningen skal være CE-godkjent.
2. Har dere egne sikkerhetsregler i forhold til montert utstyr?	<ul style="list-style-type: none"> a. Det skal være et avsug som trekker ut gassene som oppstår under prosessen. b. Det skal brukes hansker når operatøren tar på delene. Væsken kan gi hudproblemer og irritasjon. c. Det er per i dag mye berøring av deler som produseres, dette fjernes ved automatisering av maskinen.

Kravspesifikasjon

	d. Generelle sikkerhetskrav som CE-godkjenning. Med dette mener vi at fingere skal ikke komme i klem og man skal ikke kunne skade seg under bruk av maskinen.
Verktøy	
3. Setter dere krav til materialvalg på konstruksjon av verktøyveksler og ny barriere på EDM-maskin?	a. Ja, det er ønskelig med fokus på materialvalg. Rammen til verktøyveksleren må være solid, og selve verktøyveksleren må tåle slitasje fra elektrodeholdere og generell bruk.
4. Hvor mange elektrodeholdere er i drift samtidig? Dette er med tanke på antall verktøyplasser på verktøyveksleren.	<p>a. I dag er det fire elektrodeholdere som går i samme syklus.</p> <p>b. Det er ønskelig å ha så mange verktøyplasser som mulig, da dette øker fleksibiliteten til maskinen. Fleksibiliteten økes også da andre type verktøy kan implementeres på maskinen.</p> <p>c. Vi er fornøyd med den nye EDM-maskinen med automatisk verktøyveksler. Denne har 20 posisjoner og det er fordi plassene blir slitt av inn- og utlastingen fra posisjonene.</p> <p>d. Det er ønskelig med styring av posisjonsvalg av nytt styresystem slik at dette kan enkelt gjøres av operatør.</p>

Kravspesifikasjon

Ergonomi og arbeidsplass	
5. Er høyden på den nye maskinen bra, i forhold til den gamle?	<p>a. Høyden på den nye maskinen med verktøyveksler er bra, men dette er noe vi kan se nærmere på.</p> <div> Oppdatering på spørsmål 5.a: Alle operatører er fornøyd med arbeidshøyde på den nye maskinen, høyden er 130cm. </div>
6. Hvordan er dagens vekt på elektrodeholdere?	<p>a. Dagens elektrodeholdere er laget av stål. Det er ønskelig å redusere denne vekten ved å gå over til aluminium.</p> <p>b. Det er viktig at verktøyvekslermaterialet stemmer overens med elektrodeholdermaterialet, slik at riktig materiale blir slitt.</p>
7. Hvordan er kravet til bevegelse rundt selve maskinen med tanke på utbygging av beskyttelsesbarriere?	<p>a. Det skal være plass til å bevege seg rundt maskinen. Skap som står i veien kan eventuelt flyttes.</p> <p>b. Operatør: Jeg vil gjerne at det skal være 80 cm bevegelse rundt maskinen.</p>
8. Hva er tanken rundt EDM-maskinen? Skal det bygges en forhøyning i senere tid?	<p>a. Det kan være muligheter for at det bygges en forhøyning med ergonomiske matter for operatører rundt maskinen.</p>
9. Hvordan er kravet til arbeidsforhold rundt og på maskinen?	<p>a. Arbeidet på maskinen skal foregå som den gjør til daglig selv etter ombyggingen. Det må settes av plass til verktøy og utstyr som brukes i og etter EDM prosessen.</p> <p>b. Festeordninger og annet må ikke gjøre vedlikehold og reparasjoner av maskinen vanskeligere enn i dag.</p>

Tabell 3. Intervjurunde 1 – Sikkerhet

Kravspesifikasjon**4.3. Observasjon av operatør i brukermiljø**

Ved å observere operatørene som arbeider med de ulike maskinene kan prosjektgruppen hente inn data for å forbedre brukerkravene.

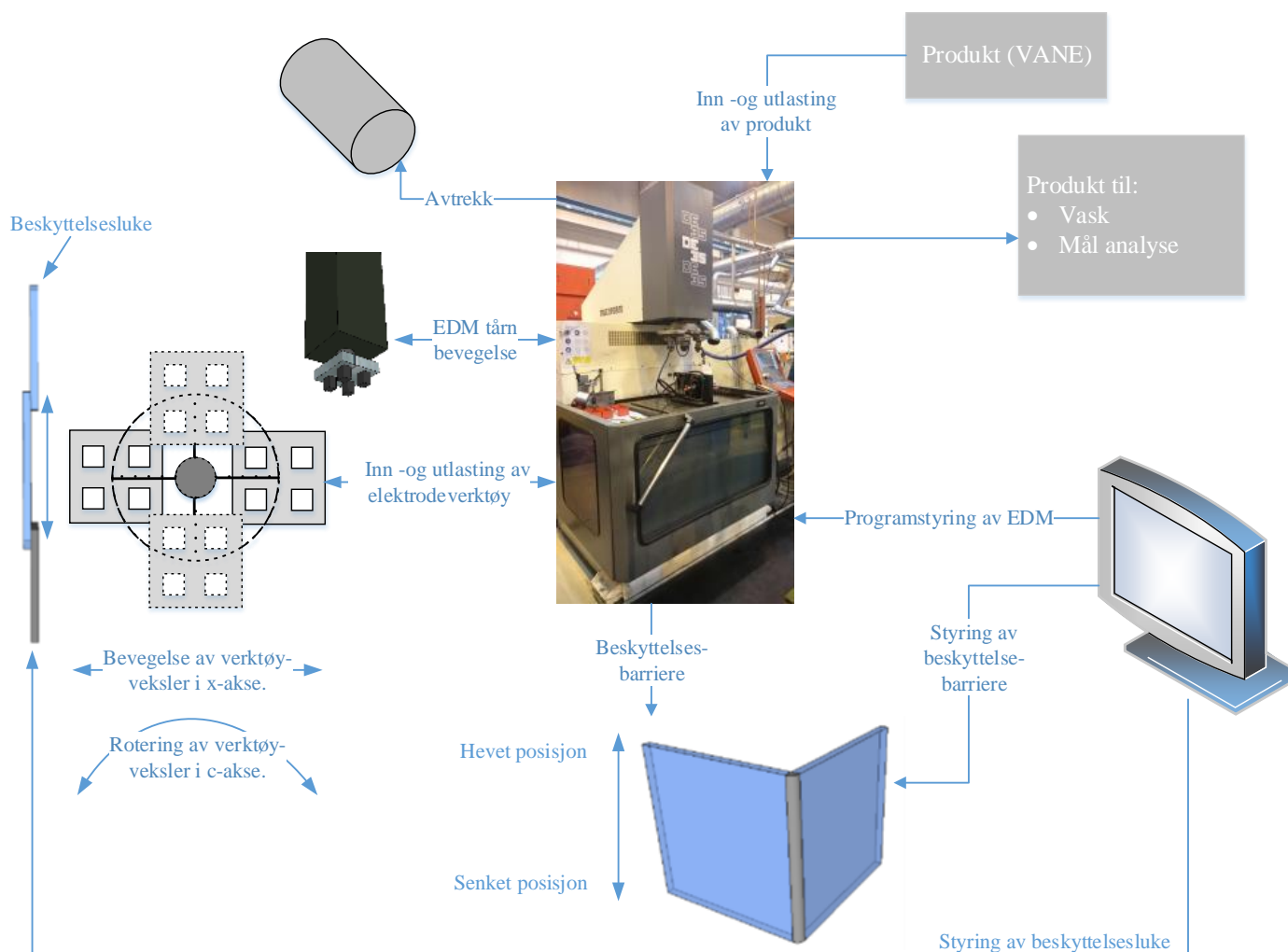
- Enklere system for avskjerming av maskin ved eroderingsprosess. Videre har dette utviklet seg til at prosjektgruppen designer en ny avskjerming som får navnet «beskyttelsesbarriere».
- Arbeidshøyde må defineres og godkjennes av operatører. GAN har operatører i varierende høyder.

Kravspesifikasjon

4.4. Brukermønster

På figuren (fig. 2) vises et brukermønster for verktøyveksleren. Den viser ulike prosesser som omhandler verktøyveksleren og EDM-maskinen. Dette er kun en enkel illustrasjon som hjelper prosjektgruppen med å få en helhetlig oversikt over systemet. Det er flere elementer som påvirker driften av verktøyveksleren og EDM-maskinen.

En mer detaljert nedbrytning av prosessene rundt verktøyveksleren og EDM-maskinen vil utarbeides senere i prosjektet når prosjektgruppen arbeider med konseptutredning og design.



Figur 2. Brukermønster for verktøyveksleren

Kravspesifikasjon

4.5. CE-godkjenning

Gjennom prosjektmandatet, Vedlegg A: *Prosjektmandat*, prosjektgruppen har mottatt fra oppdragsgiver, er det et krav at det produserte produktet skal bli CE-godkjent ved bygging og installasjon.

CE-merking og CE-godkjenning er et synlig bevis på at et produkt som oppfyller et eller flere krav som er fastsatt i ett eller flere av det «ny metode-direktivet» som ble opprettet av EU i 1985. Og dette går ut på at det lages et rammedirektiv på utvalgte produkter med overordnet krav om helse, miljø og sikkerhet. Dette betyr videre at CE-godkjenningen også er myndighetspålagt.

Det er viktig å vite at CE-krav alene ikke sier noe om produktets generelle kvalitet, men kun legger en basis for visse minstekrav som er fastsatt i direktivene, med hensyn på helse, miljø og sikkerhet.

Hvordan kravene i de forskjellige direktivene oppfylles, er gjennom en samsvarsvurdering fra produsent eller dens representant. Det er produsenten eller dennes representant som påfører CE-merket etter gjennomført samsvarsvurdering. Det skal også foreligge en samsvarserklæring, som skal følge med produktet. Den nødvendige dokumentasjonen skal oppbevares i minst 10 år og skal stilles til rådighet hvis krevd. Med samsvarserklæringen påtar produsenten eller dennes representant på seg ansvaret for at utstyr fullt ut tilfredsstiller alle aktuelle krav i «*forskrifter for maskiner*» (foreligger ikke i dokumentet).

Selve CE-godkjenningen prosjektgruppen skal gjennomføre på aktuelle produkter som leveres gjennom prosjektoppgaven til oppdragsgiver, vil bli utført med risikoanalyser fra prosjektgruppen sin side, og gjennom samarbeid med KTT.

Med tanke på at prosjektgruppen ikke har kommet til designfasen, hvor komponenter som velges er med på å bestemme om de aktuelle produkter som leveres gjennom prosjektoppgaven vil bli CE-godkjent, vil ikke prosjektgruppen i nåværende tidspunkt utrede noe mer rundt CE-godkjenning. Fokuset for prosjektgruppen er å tilfredsstille dette kravet fra oppdragsgiver, og må derfor jobbe deretter. Med andre ord vil det bli lagt mer vekt på dette kravet i konseptutredningen og designfasen av prosjektet.

Kravspesifikasjon

5. Bakgrunn for brukerkrav, «verktøykontroll - elektrodedata»

Dette kapitlet er bygd opp på samme måte som i kapittel 3. *Bakgrunn for brukerkrav, verktøyveksler.*

5.1. Utdrag av prosjektmandat

Prosjektgruppen har gjennom Vedlegg A: *Prosjektmandat* fått lite informasjon om verktøykontrollsystemet som omhandler behandling av elektrodedata for elektrodeholdere.

Et utdrag fra informasjonen prosjektgruppen har fått vises under:

- Elektrodehøyder er nøkkelinformasjon som følger elektrodeholdere til maskin og operasjon. Dere vil få i oppdrag å designe et system som minimerer risiko for at operatør taster inn feil høyde i maskin. Med flere holdere i omløp trenger vi også et system for å organisere alle elektrodeholderne.

Prosjektgruppen har derfor bestemt seg for å konsentrere seg på intervjurunder for å tilegne seg mer kunnskap om dette emnet. Dette kan en lese mer om i kapittel 5.2. *Intervju.*

Kravspesifikasjon

5.2. Intervju

Intervjuer i dette kapittelet bygger på samme intervjuhierarki som i kapittel 4.2. *Intervju*.

Intervjurunde 1	
Første intervjurunde ble utført onsdag 14. Januar 2015. Prosjektgruppen møtte GAN for å ha et prosjektmøte der det ble kjørt en intervjuprosess. Hovedmål med intervjuprosessen var å innhente informasjon om verktøykontroll-elektrodedata, for å skape et grunnlag for definering av brukerkrav.	
Spørsmål fra prosjektgruppe	Svar fra GKN
Verktøykontroll – elektrodedata	
1. Hvilket system ser GAN for seg når det kommer til verktøykontroll – elektrodedata?	<p>a. Vi ser for oss en løsning der verktøykontrollenheter, som RFID brikker, brukes. På denne måten kan vi flytte elektrodedata som er knyttet til elektrodeverktøyets ID på elektrodeholderne.</p> <p>b. En annen mulighet er et system som gir informasjon til operatør via en skjerm. Skjermen kan stå ved EDM 5129, der operatør leser av elektrodehøyder og taster det deretter inn i EDM-maskinens styresystem.</p> <p>c. Vi ser det som en fordel å kunne hente informasjonen ut av maskineriet, via RFID brikker eller lignende.</p> <p>d. Skal det brukes et RFID system, må dette tåle væske og vare lenge (lav risiko).</p>
2. Dersom vi velger en RFID løsning, hvordan vil GAN at informasjonen på brikkene skal skrives til EDM 5129?	<p>a. Dette er foreløpig usikkert, her må vi komme tilbake med mer informasjon senere.</p> <p>b. Vi har ikke tatt noen avgjørelser med tanke på manuell eller automatisk inntasting av elektrodehøyder.</p>

Kravspesifikasjon

	c. Ønskelig skal informasjonen til og fra RFID brikkene skrives/leses automatisk av Fehlmann fresemaskin og Exeron EDM.
3. Hvilken leverandør vil GAN benytte med tanke på RFID brikker?	a. Vi vil at dere skal bruke Balluff som leverandør av RFID løsninger. GAN har kjennskap til, og bruker allerede disse RFID brikkene i annet maskineri. Kongsberg Terotech har anbefalt oss å bruke Balluff da de har god kjennskap til deres system.
4. Hvilken leverandør har levert styring til Fehlmann fresemaskin?	a. Det er Heidenhain som blir brukt på Fehlmann fresemaskin.
5. Hvilken leverandør har levert styring til EDM 5129?	a. Exeron er leverandør av maskinen og styringen i denne.
6. Hvilken leverandør vil GAN bruke på styringen?	a. Det finnes flere leverandører for styringen til en automatiseringsløsning. Fehlmann, Heidenhain og 3R leverer alle løsninger som kan brukes. b. Vi ser for oss at det må gjøres en undersøkelse for å finne leverandøren av den beste løsningen.
7. Hvordan blir samarbeidet fremover dersom GAN og prosjektgruppen bestemmer seg for å bruke en RFID for verktøykontroll – elektrodedata?	a. Det er et stort behov for dialog fremover når det kommer til styring og RFID.
8. Hvor mye av arbeidet knyttet til styring og verktøykontroll – elektrodedata er datarelatert arbeid? Spørsmål fordi prosjektgruppen består av maskin -og elektroingeniør studenter.	a. Vi kan ikke si med sikkerhet hvor mye av arbeidet som er rettet mot data.

Tabell 4. Intervjurunde 1 - Verktøykontroll-elektrodedata

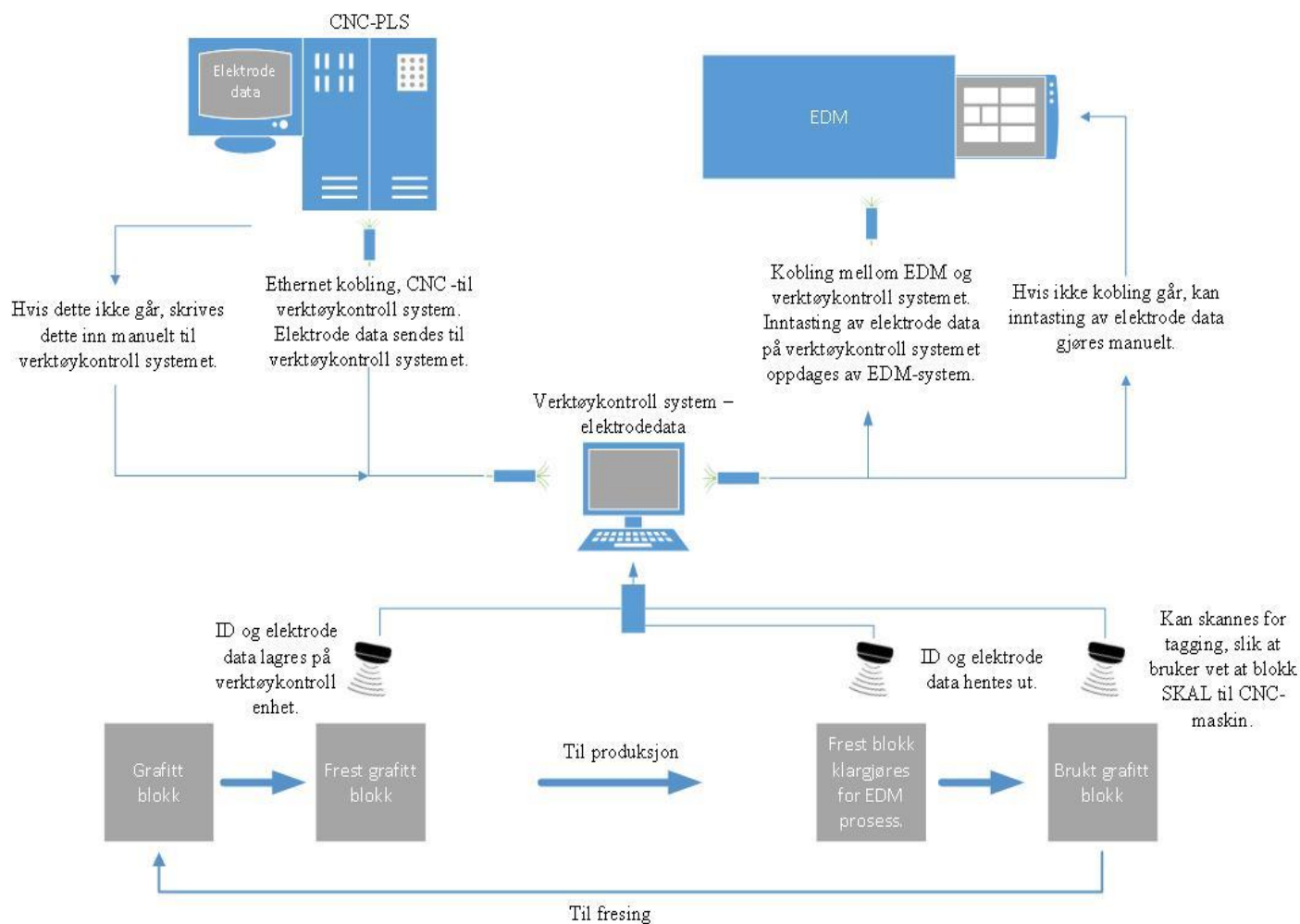
Kravspesifikasjon

5.3. Observasjon av operatør i brukermiljø

For å undersøke dagens situasjon i produksjonslinjen, har prosjektgruppen observert hvordan elektrodedata blir flyttet fra fresemaskin til EDM. I dag benytter operatører seg av en ”gul lapp” løsning, som ganske enkelt er en «Post It» med notater av elektrode høyde fra fresemaskin. Vi kan se i kapittel 5.1. *Utdrag av prosjektmandat*, og gjennom intervjurunden at det er et stort behov for å oppgradere systemet GAN bruker i dag. Det er risiko for at operatøren skriver ned eller taster inn feil elektrodedata på EDM-maskinen. Som nevnt i intervjurunden kan en løsning være å bruke et RFID system til verktøykontroll for elektrodedata. Leverandøren Balluff involveres da de leverer lignende produkter hos GAN i dag.

Kravspesifikasjon
5.4. Brukermønster

På figuren (fig. 3) kan vi se et brukermønster for mulig verktøykontroll av elektrodedataen, og mulighetene for kommunikasjon mellom de ulike maskinenes styresystem. Dette er kun en enkel skisse, og setter ingen retningslinjer for design av verktøykontrollsystemet.



Figur 3. Brukermønster for verktøykontroll – elektrodedata

Kravspesifikasjon

6. Samlet brukerkrav, «verktøyveksler»

6.1. Generelt

Dette kapittelet vil ta for seg et samling brukerkrav som bygger på de foregående kapitlene. Brukerkravene i kapittelet er delt opp i ulike kategorier, hvor kravene deles opp i overordnet brukerkrav, sikkerhet- og direkte brukerkrav. For å kunne referere til brukerkrav i systemkravdelen av kravspesifikasjonen, koder prosjektgruppen de ulike kategoriene. Se tabell (tab. 5) for inndeling av kodene. Kodene vil også brukes som referanser i andre dokumenter som testspesifikasjon.

Brukerkrav kode	Beskrivelse
OB	Overordnet Brukerkrav for verktøyveksler og verktøykontroll.
BSVV	Brukerkrav - Sikkerhet for verktøyveksler og EDM-maskin.
BMVV	Brukerkrav - Maskin for verktøyveksler og EDM-maskin.
BEA	Brukerkrav - Ergonomi og arbeidsplass.
BEVV	Brukerkrav - Elektro for verktøyveksler.
BSVK	Brukerkrav - Sikkerhet for verktøykontroll – elektrodedata.
BMVK	Brukerkrav - Maskin for verktøykontroll – elektrodedata.
BEVK	Brukerkrav - Elektro for verktøykontroll – elektrodedata.

Tabell 5. Inndeling av brukerkrav koder

Kravspesifikasjon

6.2. Overordnet brukerkrav for verktøyveksler

Kode	Eier av brukerkrav	Brukerkrav	Beskrivelse	Prioritet
Overordnede brukerkrav				
OB_01	GAN	Oppgradering av EDM-maskin skal tilpasses senere utvikling av produksjonslinjen.	Systemer og løsninger som skal designes for EDM-maskin 5129, skal på ingen måte hindre GAN i videre utvikling av produksjonslinjen (delautomatisering).	A
OB_02	GAN	Produktet skal være CE-godkjent.		A
OB_03	GAN	Produktet skal være mulig å bestille, samt implementere.	Resultatet fra prosjektgruppens arbeid skal være: <ul style="list-style-type: none"> • Mulig å bestille/lage • Mulig å integrere i EDM-maskin • Fungere med videre oppgradering av produksjonslinje 	A
OB_04	GAN	Konvertere EDM-maskin 5129 til et 0-punktsystem.	Gjør at kostnadene tilknyttet elektrisk erodering reduseres med tanke på materiell.	A

Kravspesifikasjon

OB_05	GAN, Prosjekt- gruppen	Det skal gjennomføres en risikovurdering for verktøyveksleren.	Etter forskrifter (<i>ref. CE-krav</i>) skal det gjennomføres en risikovurdering.	A
OB_08	GAN	Oppgradering av EDM-maskin 5129 skal betales ned i løpet av ett år.	For at GAN skal godkjenne investeringer, må det foreligge en lønnsomhetsanalyse.	A
OB_09	GAN/KTT	Det skal brukes en Siemens PLS som styresystem.	Olav Øverby fra KTT anbefaler en Siemens Simatic S7-1500	B

Tabell 6. Overordnet brukerkrav for verktøyveksler

Kravspesifikasjon

6.3. Sikkerhet for verktøyveksler og EDM-maskin

Kode	Eier av brukerkrav	Brukerkrav	Beskrivelse	Prioritet
Sikkerhet for verktøyveksler og EDM				
BSVV_01	GAN	Beskyttelsesbarrieren skal beskytte operatøren under drift av EDM-maskin.	Beskyttelsesbarrieren skal beskytte operatøren fra sprut, gasser eller lignende.	A
BSVV_02	GAN	Redusere håndteringen av elektrodeverktøy.	Lite berøring av elektroder (grafittblokker) og elektrodeverktøy som har vært senket i dielektrikum.	B
BSVV_03	GAN	Redusere skader knyttet til operasjon av EDM-maskin.	Operatøren skal ikke skade seg ved operasjon av EDM-maskin.	A
BSVV_04	GAN	Verktøyveksleren skal ha et innebygd sikkerhetssystem.	Verktøyveksler skal ha et sikkerhetssystem som bryter inn hvis uønskede hendelser inntreffer.	A
BSVV_05	GAN	Verktøyveksleren skal ha redusert hastighet når sikkerhetsbarrieren er i senket stilling.	Redusere muligheten for skader.	A
BSVV_06	GAN	Verktøyveksleren skal ha en nødstop.	Ved en uønsket hendelse skal operatøren ha mulighet til å stanse verktøyveksleren.	A

Tabell 7. Brukerkrav for sikkerhet verktøyveksler og EDM-maskin

Kravspesifikasjon

6.4. Avdeling, maskin

6.4.1. Verktøyveksler og EDM-maskin

Kode	Eier av brukerkrav	Brukerkrav	Beskrivelse	Prioritet
Verktøyveksler og EDM for maskin				
BMVV_01	GAN	Verktøyveksler skal kunne levere/motta verktøy til/fra EDM-maskin.	Verktøyveksleren skal kunne kjøres inn i EDM-maskinens bevegelsesområde for levering/henting av elektrodeverktøy.	A
BMVV_02	GAN	Verktøyveksleren skal ha plass til minst to elektrodeholdere.	Det er alltid to elektrodeholdere i drift i EDM-maskinen.	A
BMVV_03	GAN	Verktøyveksleren skal øke fleksibiliteten til EDM-maskinen.	Ønskelig med mange plasser i verktøyveksleren. Dette er fordi EDM-maskinen kan kjøre andre eroderingsprosesser.	B
BMVV_04	GAN	Verktøyveksleren må konstrueres med tanke på slitasje.	Verktøyveksleren blir utsatt for slitasje fra elektrodeholdere og generell bruk.	B

Tabell 8. Brukerkrav maskin - verktøyveksler og EDM-maskin

Kravspesifikasjon

6.4.2. Ergonomi og arbeidsplass

Kode	Eier av brukerkrav	Brukerkrav	Beskrivelse	Prioritet
Ergonomi og arbeidsplass for maskin				
BEA_01	GAN	Høyden på verktøyveksleren skal tilpasses operatørene.	Alle operatører skal kunne sette in verktøy i verktøyveksler uten unødvendig belastning.	A
BEA_02	GAN/KTT	Det skal være mulig å komme seg rundt EDM-maskin.	Ved reparasjoner eller lignende skal personell komme seg bak maskinen og ha tilgang til styreskapet.	A
BEA_03	GAN	Det skal være arbeidsplass på EDM-maskinen.	Det skal mulig for operatør å gjøre faste jobber som kontrollmålinger på VANE i EDM-maskinen.	B
BEA_04	GAN	Elektrodeholderen skal gjøres mer håndterbar.	Dette kan gjøres ved vektreduksjon eller lignende.	C

Tabell 9. Brukerkrav maskin - ergonomi og arbeidsplass

Kravspesifikasjon

6.5. Avdeling, elektro

6.5.1. Verktøyveksler og EDM-maskin

Kode	Eier av brukerkrav	Brukerkrav	Beskrivelse	Prioritet
Verktøyveksler og EDM for elektro				
BEVV_01	GAN	Styresystemet til verktøyveksleren skal kommunisere med verktøykontroll-systemet.		B
BEVV_02	GAN	Beskyttelsesbarriere skal ha en stabil opp- og nedkjøring.	Opp- og nedkjøring av beskyttelsesbarrieren skal være kontrollert uten raske responser.	A
BEVV_03	GAN, Prosjekt-gruppen	Styresystem skal ha tilbakemelding om beskyttelsesbarriere er i heiset/senket stilling.	Styresystem skal selv vite om barriereglass er i heiset/senket posisjon for nødvendig sikkerhetstiltak.	A
BEVV_04	GAN, Prosjekt-gruppen	Operasjon av beskyttelsesbarriere skal være med i EDM styresystemet.		C
BEVV_05	GAN	Beskyttelsesbarriere skal kunne styres manuelt fra operatørstasjon.	Operatør skal kunne velge selv om beskyttelsesbarriere skal stå i høy eller lav stilling.	A

Tabell 10. Brukerkrav elektro - verktøyveksler og EDM-maskin

Kravspesifikasjon

7. Samlet brukerkrav, «Verktøykontroll - elektrodedata».

7.1. Overordnet brukerkrav

Kode	Eier av brukerkrav	Brukerkrav	Beskrivelse	Prioritet
Overordnet brukerkrav				
OB_06	GAN	Verktøykontrollsystem med enheter skal tåle tiltenkt arbeidsmiljø.	Det helhetlige systemet må tåle dielektrikum og forurensing fra frese- og eroderingsprosessen.	A
OB_07	GAN	Verktøykontrollsystemet skal bestå av produkter fra leverandøren Balluff.	God kjennskap og anbefaling fra KTT gir grunnlag for ønske.	A

Tabell 11. Overordnet brukerkrav - verktøykontroll - elektrodedata

7.2. Sikkerhet for verktøykontroll – elektrodedata

Kode	Eier av brukerkrav	Brukerkrav	Beskrivelse	Prioritet
Sikkerhet for verktøykontroll – elektrodedata				
BSVK_01	GAN	Det skal foreligge et type system som viser operatør at riktige elektrodedata er lagt inn.	Dette kan for eksempel være et display.	B

Tabell 12. Brukerkrav elektro - sikkerhet for verktøykontroll – elektrodedata

Kravspesifikasjon**7.3. Avdeling, maskin****7.3.1. Verktøykontroll – elektrodedata**

Da designet for verktøykontroll – elektrodedata ikke krever at prosjektgruppen spesifiserer noen krav for maskin, vil dette punktet bortfalle.

Kravspesifikasjon

7.4. Avdeling, elektro

7.3.2. Verktøykontroll – elektrodedata

Kode	Eier av brukerkrav	Brukerkrav	Beskrivelse	Prioritet
Verktøykontroll – elektrodedata for elektro				
BEVK_01	GAN	Elektrodedata skal skrives til verktøykontrollenhet på elektrodeverktøy.	Egen verktøykontrollenhet på verktøy som inneholder en verktøy ID og data fra fresemaskin, (database eller direkte).	A
BEVK_02	GAN	Start av skriving/lesing til/fra verktøykontrollenhet skal indikeres.	Ved start av dataoverføring/skriving til verktøykontrollenhet, skal operatør få en melding om at overføring/skriving er i gang.	B
BEVK_03	GAN	Vellykket skriving/lesing til/fra verktøykontrollenhet skal indikeres.	Ved endt dataoverføring/skriving skal operatør få beskjed at data ble overført/skrevet til/fra verktøykontrollenhet.	B

Kravspesifikasjon

BEVK_04	GAN	Verktøykontrollsystemet skal være dynamisk.	Verktøykontrollsystemet skal kunne bære både verktøy ID og elektrodedata.	B
BEVK_05	GAN	Elektrodedata skal kunne hentes automatisk fra elektrodefresens styresystem.	Verktøykontrollsystem og elektrodefresens styresystem må kommunisere med hverandre for overføring av data.	C
BEVK_06	GAN	Elektrodefresens styresystem må kunne lese eksisterende data fra verktøykontroll-enheter.	Elektrodedata skal kunne hentes ut på nytt fra verktøykontroll-enheter etter eroderingsprosess.	B
BEVK_07	GAN	EDM-maskinens styresystem skal kunne lese av enheter fra verktøykontrollsystemet.	Elektrodedata fra enheter til verktøykontrollsystem må kunne overføre data direkte til EDM-maskin.	C

Tabell 13. Brukerkrav elektro - verktøykontroll - elektrodedata

Kravspesifikasjon

8. Samlet systemkrav

Dette kapittelet tar for seg systemkravene som prosjektgruppen har utarbeidet i kravspesifikasjonen. Kravene er utarbeidet fra brukerkrav, og dette refereres det til i hvert enkelt krav. I tillegg blir det referert til relaterte tester for hvert krav.

Kravnavn:	Beskyttelsesbarriere	Kravkode:	SK_01A
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	A
Tema:	Sikkerhet for verktøyveksler og EDM		
Relaterte brukerkrav:	BSVV_01	Relaterte tester:	TBSVV_01
Dato opprettet:	27.01.2015	Dato endret:	21.04.2015
Beskrivelse:	Bevegelig beskyttelsesbarrieren skal være 180cm over gulv-plan når maskinen er i drift.		
Restriksjoner:	Beskyttelsesbarriere skal ha god klaring til arbeidsbenk for operatør		
Endringsbeskrivelse:	Endret beskrivelse fra "xx cm" til "170cm", endret kravkode. Kravet er delt i to individuelle krav, se SK_01B. Endret beskrivelse fra "170cm" til "180cm", samt spesifisert at kravet er for bevegelig del av sikkerhetsbarriere. Endret kravnavn til "beskyttelsesbarriere"		

Kravnavn:	Beskyttelsesbarriere	Kravkode:	SK_01B
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	A
Tema:	Sikkerhet for verktøyveksler og EDM		
Relaterte brukerkrav:	BSVV_01	Relaterte tester:	TBSVV_01
Dato opprettet:	20.03.2015	Dato endret:	24.04.2015
Beskrivelse:	Fast beskyttelsesbarriere skal dekke EDM maskinen opp til 180cm fra gulv.		
Restriksjoner:	Denne høyden vil variere med valg av konstruksjon.		
Endringsbeskrivelse:	Lagt til en beskrivelse av systemkravet, endret restriksjoner og kravnavn.		

Kravspesifikasjon

Kravnavn:	Håndtering av elektrodeholder	Kravkode:	SK_02
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	B
Tema:	Sikkerhet for verktøyveksler og EDM		
Relaterte brukerkrav:	BSVV_02	Relaterte tester:	TBSVV_02
Dato opprettet:	20.03.2015	Dato endret:	-
Beskrivelse:	Håndteringen av elektrodeverktøy skal begrenses til to ganger per eroderingsprosess.		
Restriksjoner:	Operatør må laste elektrodeholder inn og ut fra verktøyveksler		
Endringsbeskrivelse:	-		

Kravnavn:	Skader	Kravkode:	SK_03
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	A
Tema:	Sikkerhet for verktøyveksler og EDM		
Relaterte brukerkrav:	BSVV_03	Relaterte tester:	TBSVV_03
Dato opprettet:	20.03.2015	Dato endret:	24.04.2015
Beskrivelse:	Det skal være null skader knyttet til bruk av EDM-maskinen.		
Restriksjoner:	EDM-maskinen må sikres med beskyttelsesbarriere og løsninger for nødstop eller lignende for å unngå skader.		
Endringsbeskrivelse:	Endret restriksjon.		

Kravnavn:	Sikkerhetssystemet til verktøyveksler	Kravkode:	SK_04
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	A
Tema:	Sikkerhet for verktøyveksler og EDM		
Relaterte brukerkrav:	BSVV_04	Relaterte tester:	TBSVV_04
Dato opprettet:	24.04.2015	Dato endret:	-
Beskrivelse:	Sikkerhetssystemet i verktøyveksleren kan gjennomføres via verktøyvekslerens styresystem.		
Restriksjoner:	Nødstop må gå utenfor verktøyvekslerens styresystem.		
Endringsbeskrivelse:	-		

Kravspesifikasjon

Kravnavn:	Verktøyvekslers kjørehastighet	Kravkode:	SK_05
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	A
Tema:	Sikkerhet for verktøyveksler og EDM		
Relaterte brukerkrav:	BSVV_05	Relaterte tester:	TBSVV_01
Dato opprettet:	25.04.15	Dato endret:	-
Beskrivelse:	Verktøyvekslers bevegelser skal redusere sin hastighet med 50% av normal hastighet når beskyttelsesbarrieren står i senket stilling.		
Restriksjoner:	Klemmefare økes betraktelig for operatør om beskyttelsesbarriere er nede, og nødstopp må derfor stå i umiddelbar nærhet.		
Endringsbeskrivelse:	-		

Kravnavn:	Nødstop	Kravkode:	SK_06
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	A
Tema:	Sikkerhet for verktøyveksler og EDM		
Relaterte brukerkrav:	BSVV_06, BSVV_03	Relaterte tester:	TBSVV_04
Dato opprettet:	09.02.2015	Dato endret:	-
Beskrivelse:	Verktøyveksleren skal kunne stoppes ved behov via en nødstop plassert maksimum 50cm fra innlasting i verktøyveksler og EDM-maskin		
Restriksjoner:	Operatør kan komme nær nødstopbryteren.		
Endringsbeskrivelse:	-		

Kravspesifikasjon

Kravnavn:	Levering og henting av elektrodeverktøy	Kravkode:	SK_07A
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	A
Tema:	Verktøyveksler og EDM for maskin		
Relaterte brukerkrav:	BMVV_01	Relaterte tester:	TBMVV_01
Dato opprettet:	27.01.2015	Dato endret:	09.05.2015
Beskrivelse:	Verktøyveksler skal bevege seg 60cm i x-akse mot EDM-maskin for å levere/hente verktøy.		
Restriksjoner:	Plassmangel (dielektrikumkar, EDM-maskinens bevegelighet). Kan ikke målsettes før godkjent konsept.		
Endringsbeskrivelse:	Kravkoden endret til SK_07A (24.04.2015), Lagt til verdi for "xx".		

Kravnavn:	Levering og henting av elektrodeverktøy	Kravkode:	SK_07B
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	A
Tema:	Verktøyveksler og EDM for maskin		
Relaterte brukerkrav:	BMVV_01	Relaterte tester:	TBMVV_01
Dato opprettet:	24.04.2015	Dato endret:	09.05.2015
Beskrivelse:	Verktøyveksler skal bevege seg 20cm i z-akse mot EDM-maskin for å levere/hente verktøy.		
Restriksjoner:	Plassmangel (dielektrikumkar, EDM-maskinens bevegelighet).		
Endringsbeskrivelse:	Lagt til verdi for "xx".		

Kravnavn:	Levering og henting av elektrodeverktøy	Kravkode:	SK_07C
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	A
Tema:	Verktøyveksler og EDM for maskin		
Relaterte brukerkrav:	BMVV_01	Relaterte tester:	TBMVV_01
Dato opprettet:	24.04.2015	Dato endret:	09.05.2015
Beskrivelse:	Tårnet på EDM maskinen skal kjøres til et spesifisert koordinat WS0: X = -271,9, Y = -184,5 og Z = -169,5 etter endt erodering for verktøyveksling.		
Restriksjoner:	Programmeringsmuligheter i EDM maskinens styresystem.		
Endringsbeskrivelse:	Lagt til verdi for "xx".		

Kravspesifikasjon

Kravnavn:	Eroderingsverktøy	Kravkode:	SK_08
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	B
Tema:	Verktøyveksler og EDM for maskin		
Relaterte brukerkrav:	BMVV_02	Relaterte tester:	TBMVV_01
Dato opprettet:	09.02.2015	Dato endret:	30.02.2015
Beskrivelse:	Verktøyveksleren skal bygges slik at det alltid er avsatt to plasser til elektrodeholdere for eroderingsprosessen i EDM-maskinen.		
Restriksjoner:	Ingen restriksjoner til krav.		
Endringsbeskrivelse:	Endret kravnavn og beskrivelse. Lagt til "elektrodeholdere for"		

Kravnavn:	Fleksibilitet	Kravkode:	SK_09
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	B
Tema:	Verktøyveksler og EDM for maskin		
Relaterte brukerkrav:	BMVV_03	Relaterte tester:	TBMVV_02
Dato opprettet:	09.02.2015	Dato endret:	24.04.2015
Beskrivelse:	Verktøyveksleren skal konstrueres slik at elektrodeholdere til andre eroderingsprosesser kan benyttes i EDM-maskin.		
Restriksjoner:	Det må benyttes lik adapter på alle elektrodeholdere.		
Endringsbeskrivelse:	Lagt til restriksjon.		

Kravnavn:	Slitasje	Kravkode:	SK_10A
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	B
Tema:	Verktøyveksler og EDM for maskin		
Relaterte brukerkrav:	BMVV_04	Relaterte tester:	TBMVV_02
Dato opprettet:	09.02.2015	Dato endret:	24.04.2015
Beskrivelse:	Verktøyveksleren konstruksjon (holde-gaffel) skal vare i minimum 10 uker.		
Restriksjoner:	Verktøyveksleren skal slites ut før elektrodeholderenes adaptere.		
Endringsbeskrivelse:	Delt systemkrav i to, derfor er kravkoden endret fra SK_10 til SK_10A		

Kravspesifikasjon

Kravnavn:	Slitasje	Kravkode:	SK_10B
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	B
Tema:	Verktøyveksler og EDM for maskin		
Relaterte brukerkrav:	BMVV_04	Relaterte tester:	TBMVV_02
Dato opprettet:	24.04.2015	Dato endret:	-
Beskrivelse:	Holdegaflen som er påmontert systemet for elektrodeforflytning skal vare i minimum 10 uker.		
Restriksjoner:	Systemet for elektrodeforflytning har en holde gaffel som skal slites ut før adapter som er påmontert elektrodeverktøy.		
Endringsbeskrivelse:	-		

Kravnavn:	Ergonomisk innlastningshøyde	Kravkode:	SK_11
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	A
Tema:	Ergonomi og arbeidsplass for maskin		
Relaterte brukerkrav:	BEA_01	Relaterte tester:	TBEA_01
Dato opprettet:	27.01.2015	Dato endret:	24.04.2015
Beskrivelse:	Høyden på verktøyveksler skal være 130 cm, slik at alle operatørene kan laste elektrodeverktøy inn og ut med minimal belastning.		
Restriksjoner:	Installasjon av ergonomiske matter eller lignende kan redusere denne høyden.		
Endringsbeskrivelse:	Lagt til restriksjon.		

Kravspesifikasjon

Kravnavn:	Tilgang rundt EDM-maskin	Kravkode:	SK_12
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	A
Tema:	Ergonomi og arbeidsplass for maskin		
Relaterte brukerkrav:	BEA_02	Relaterte tester:	TBEA_01
Dato opprettet:	27.01.2015	Dato endret:	20.03.2015
Beskrivelse:	Rundt EDM-maskinen skal det være minimum 80cm fri plass for reparasjoner og vedlikehold.		
Restriksjoner:	-		
Endringsbeskrivelse:	Fjernet: 100cm for el-skap		

Kravnavn:	Arbeidsplass i EDM-maskin	Kravkode:	SK_13
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	B
Tema:	Ergonomi og arbeidsplass for maskin		
Relaterte brukerkrav:	BEA_03	Relaterte tester:	TBEA_02
Dato opprettet:	20.03.2015	Dato endret:	-
Beskrivelse:	Det skal finnes en arbeidsplass på EDM-maskinen som er minimum 20x20cm for kontrollmåling av VAIN.		
Restriksjoner:	Størrelsen av verktøyveksler, verktøyopplagringsmulighet og sikkerhetsbarrieren.		
Endringsbeskrivelse:	-		

Kravnavn:	Elektrodeholderen	Kravkode:	SK_14
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	C
Tema:	Ergonomi og arbeidsplass for maskin		
Relaterte brukerkrav:	BEA_04	Relaterte tester:	TBEA_03
Dato opprettet:	09.02.2015	Dato endret:	20.03.2015
Beskrivelse:	Elektrodeholderen skal gjøres minst 2kg lettere enn dagens modell.		
Restriksjoner:	Materialvalg, pris, slitasje, miljø.		
Endringsbeskrivelse:	Satt inn "2kg" for "xx kg"		

Kravspesifikasjon

Kravnavn:	Kommunikasjon (verktøykontrollsystem)	Kravkode:	SK_15
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	B
Tema:	Verktøyveksler og EDM for elektro		
Relaterte brukerkrav:	BEVV_01	Relaterte tester:	TBEVV_01
Dato opprettet:	09.02.2015	Dato endret:	24.04.2015
Beskrivelse:	Det skal være to-veis kommunikasjon mellom verktøyveksler og verktøykontrollsystem.		
Restriksjoner:	Dette krever fullautomatisering		
Endringsbeskrivelse:	Lagt til restriksjon		

Kravnavn:	Heving og senkning av sikkerhetsbarriere	Kravkode:	SK_16
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	A
Tema:	Verktøyveksler og EDM for elektro		
Relaterte brukerkrav:	BEVV_02	Relaterte tester:	TBEVV_02
Dato opprettet:	09.02.2015	Dato endret:	30.03.2015
Beskrivelse:	Beskyttelsesbarrieren skal kjøres fra senket til hevet eller hevet til senket stilling på 5 sekunder.		
Restriksjoner:	-		
Endringsbeskrivelse:	Forandret beskrivelse, fjernet restriksjon.		

Kravnavn:	Start av erodering	Kravkode:	SK_17
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	A
Tema:	Verktøyveksler og EDM for elektro		
Relaterte brukerkrav:	BEVV_03	Relaterte tester:	TBEVV_02
Dato opprettet:	09.02.2015	Dato endret:	-
Beskrivelse:	Sikkerhetsbarrieren må være i driftstilling for at eroderingsprosessen kan begynne.		
Restriksjoner:	Dette må gå via styring, sensorer eller lignende.		
Endringsbeskrivelse:	-		

Kravspesifikasjon

Kravnavn:	Automatisk barrierestyring	Kravkode:	SK_18
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	C
Tema:	Verktøyveksler og EDM for elektro		
Relaterte brukerkrav:	BEVV_04	Relaterte tester:	TBEVV_03
Dato opprettet:	09.02.2015	Dato endret:	28.05.2015
Beskrivelse:	Beskyttelsesbarrierens styring skal programmeres inn i styresystemet til EDM-maskin.		
Restriksjoner:	-		
Endringsbeskrivelse:	Endret restriksjoner.		

Kravnavn:	Manuell barrierestyring	Kravkode:	SK_19
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	A
Tema:	Verktøyveksler og EDM for elektro		
Relaterte brukerkrav:	BEVV_05	Relaterte tester:	TBEVV_02
Dato opprettet:	09.02.2015	Dato endret:	-
Beskrivelse:	Beskyttelsesbarrieren skal ha manuell styring.		
Restriksjoner:	-		
Endringsbeskrivelse:	-		

Kravnavn:	Kontrollering av elektrodehøyder	Kravkode:	SK_20
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	B
Tema:	Sikkerhet for verktøykontroll - elektrodedata		
Relaterte brukerkrav:	BSVK_01	Relaterte tester:	TBSVK_01
Dato opprettet:	09.02.2015	Dato endret:	-
Beskrivelse:	Elektrodehøyder skal vises på display for operatørkontroll.		
Restriksjoner:	-		
Endringsbeskrivelse:	-		

Kravspesifikasjon

Kravnavn:	Flytting av elektrodedata	Kravkode:	SK_21
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	A
Tema:	Verktøykontroll – elektrodedata for elektro		
Relaterte brukerkrav:	BEVK_01	Relaterte tester:	TBEVK_01
Dato opprettet:	09.02.2015	Dato endret:	20.02.2015
Beskrivelse:	Elektrodedata skal følge elektrodeholdere via verktøykontrollenhet.		
Restriksjoner:	Verktøykontrollenhet skal være påmontert elektrodeholder.		
Endringsbeskrivelse:	Lagt til kravnavn og prioritet.		

Kravnavn:	Indikasjon, start skriving og lesing	Kravkode:	SK_22
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	B
Tema:	Verktøykontroll – elektrodedata for elektro		
Relaterte brukerkrav:	BEVK_02	Relaterte tester:	TBEVK_02
Dato opprettet:	09.02.2015	Dato endret:	20.02.2015
Beskrivelse:	Start av lesing/skriving til/fra verktøykontrollenhet skal indikeres.		
Restriksjoner:	Indikeres med: SKRIVER.		
Endringsbeskrivelse:	Lagt til kravnavn og prioritet.		

Kravnavn:	Indikasjon, avsluttet skriving og skriving	Kravkode:	SK_23
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	B
Tema:	Verktøykontroll – elektrodedata for elektro		
Relaterte brukerkrav:	BEVK_03	Relaterte tester:	TBEVK_02
Dato opprettet:	09.02.2015	Dato endret:	20.03.2015
Beskrivelse:	Avsluttet skriving/lesing til/fra verktøykontrollenhet skal indikeres.		
Restriksjoner:	Indikeres med: OK / IKKE OK.		
Endringsbeskrivelse:	Lagt til kravnavn og prioritet.		

Kravspesifikasjon

Kravnavn:	Tekniske egenskap verktøykontrollsystemet	Kravkode:	SK_24
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	B
Tema:	Verktøykontroll – elektrodedata for elektro		
Relaterte brukerkrav:	BEVK_04	Relaterte tester:	TBEVK_02
Dato opprettet:	27.04.2015	Dato endret:	-
Beskrivelse:	Databrikkene kan handle dynamisk data; både lesing fra og skriving til databrikkene er mulig.		
Restriksjoner:	-		
Endringsbeskrivelse:	-		

Kravnavn:	Kommunikasjon med eksterne systemer	Kravkode:	SK_25
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	C
Tema:	Verktøykontroll – elektrodedata for elektro		
Relaterte brukerkrav:	BEVK_05	Relaterte tester:	TBEVK_03
Dato opprettet:	27.04.2015	Dato endret:	-
Beskrivelse:	Verktøykontrollsystemet kan hente inn elektrodedata fra fresemaskinen.		
Restriksjoner:	-		
Endringsbeskrivelse:	-		

Kravspesifikasjon

Kravnavn:	Kommunikasjon med eksterne systemer	Kravkode:	SK_26
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	B
Tema:	Verktøykontroll – elektrodedata for elektro		
Relaterte brukerkrav:	BEVK_06	Relaterte tester:	TBEVK_02
Dato opprettet:	27.04.2015	Dato endret:	-
Beskrivelse:	Fresemaskinen kan hente inn elektrodedata fra verktøykontrollsystemet.		
Restriksjoner:	-		
Endringsbeskrivelse:	-		

Kravnavn:	Automatisk lesing av elektrodedata	Kravkode:	SK_27
Krav-type:	Systemkrav	Prioritet:	C
Tema:	Verktøykontroll – elektrodedata for elektro		
Relaterte brukerkrav:	BEVK_07	Relaterte tester:	TBEVK_02
Dato opprettet:	09.02.2015	Dato endret:	20.03.2015
Beskrivelse:	EDM-maskinen kan lese elektrodedata automatisk fra verktøykontrollsystemet.		
Restriksjoner:	Det er foreløpig usikkert om denne kommunikasjonen er mulig, men det tas som utgangspunkt at dette går.		
Endringsbeskrivelse:	Lagt til: prioritet, dato opprettet og beskrivelse.		



Testspesifikasjon

Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM maskin 5129

Prosjektgruppe: Eirik Brendeløkken (EB)
Morten A. Kjær (MK)
Erik Michalsen (EM)
Mark A. Steffens (MS)

Prosjektleder: Erik Michalsen

Intern veileder: Kjell Enger

Kunde: GKN Aerospace Norway AS

Ekstern veileder: Even Engebakken

Testspesifikasjon**Sammendrag**

Dette dokumentet inneholder testspesifikasjoner for oppgradering av EDM maskin 5129 og dens system.

Testspesifikasjonen er satt sammen i henhold til ønsker GAN har gitt gruppen i prosjektbeskrivelsen «Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM maskin 5129».

Testspesifikasjon

Innholdsfortegnelse

Tabelloversikt	3
Vedlegg	3
Innledning	1
1.1. Formål med dokument	1
1.2. Omfang	1
1.3. Liste over definisjoner og forkortelser	1
1.4. Kilder og referanser	2
1.5. Oversikt	2
Dokumenthistorie	3
2. Testplanlegging	6
2.1 Testutføring	6
2.2 Funksjoner som vil bli testet	6
2.3 Funksjoner som ikke vil bli testet	6
2.4 Tilnærmingsmåte	7
2.5 Kriterier bestått/ikke bestått	7
2.6 Testutsettelse og gjenopptakelseskrav	8
2.7 Testleveranser	8
2.8 Testoppgaver	9
2.9 Testomgivelser	9
2.10 Ansvarsområder	9
2.11 Stab og treningsbehov	10
2.12 Planlegging	10
3. Test caser	11
3.1 Systemtester	12
3.1.1 Verktøyveksler: tester overordnede brukerkrav	12
3.1.2 Verktøyveksler: tester sikkerhet for verktøyveksler og EDM	14
3.1.3 Verktøyveksler: tester verktøyveksler og EDM for maskin	15
3.1.4 Verktøyveksler: tester ergonomi og arbeidsplass for maskin	16
3.1.5 Verktøyveksler: verktøyveksler og EDM for elektro	17
3.1.6 Verktøy kontroll – elektrodedata: overordnede brukerkrav	18
3.1.7 Verktøy kontroll: tester sikkerhet for verktøykontroll - elektrodedata	18
3.1.8 Verktøy kontroll: tester verktøykontroll - elektrodedata for maskin	19
3.1.9 Verktøy kontroll: tester verktøykontroll - elektrodedata for elektro	20
3.1.10 Tester samlet systemkrav	20
3.2 Prosjekt-tester	21
3.3 Krav testomgivelser	22
3.4 Spesifikke prosedurale krav	22
4. Testprosedyrer	23
4.1 Testprosedyregjenkjenning	23

Testspesifikasjon

4.1.1 Funksjonell testing	23
4.1.2 Inspeksjon (statisk testing)	23
4.1.3 Analyse og simulering	23
4.1.4 Testing ved bruk av målinger	23
4.1.5 Demonstrasjon eller FAT	23
4.1.6 Black-box testing	23
4.1.7 White-box testing	24
4.1.8 Strukturell testing	24
5. Testrapporter	25
5.1 Testrapportidentifikasjon	25

Tabelloversikt

Tabell 1. Liste over definisjoner og forkortelser	1
Tabell 2. Dokumenthistorie	5
Tabell 3. Ansvarsområder	9
Tabell 4. Beskrivelse prioriteringer tester	11

Vedlegg

Vedlegg I: Oversikt koblinger *testspek – kravspek – prioritet*

Vedlegg J: Oversikt koblinger *kravspek – testspek - prioritet*

Testspesifikasjon

Innledning

1.1. Formål med dokument

Formålet med dette dokumentet er å spesifisere de ulike testkravene prosjektet «Oppgradering av EDM maskin 5129» trenger på en klar måte.

1.2. Omfang

Testspesifikasjonen omfatter både systemtestingen og testingen av bl.a. prosedyrer som brukes av prosjektgruppen.

1.3. Liste over definisjoner og forkortelser

Forkortelse	Beskrivelse
Interessenter	Stakeholders
Prosjektbeskrivelse	Prosjektmandat
Oppdragsgiver	Ekstern sensor eller veileder hos GAN
CI	Configuration items
EDM	Electrical Discharge Machining
GAN	GKN Aerospace Norway
HBV	Høgskolen i Buskerud og Vestfold
HMS	Helse, Miljø & Sikkerhet

Tabell 1. Liste over definisjoner og forkortelser

Testspesifikasjon

1.4. Kilder og referanser

- [1] Engebakken, E. (2014). *Prosjektmandat EDM*. Kongsberg: GAN.
- [2] Rypdal, R., Polanscak, E., Ellefsen, R., Strånd, T., Virtanen, R. (2014). *EDM Automatisering_sluttrapport*. Kongsberg: GAN.
- [3] Stavem, J.K. (2014). *Verktøyveksler og elektrodefresing*. Kongsberg: GAN.
- [4] Buede, D.M. (2009). *The Engineering Design of Systems – 2nd edition*, Wiley Publishing Inc., ISBN 978--470-16402-0.
- [5] Stevens, R., Brook, P., Jackson, K., Arnold, S. (1998). *Systems Engineering – coping with complexity*, Prentice Hall Europe, ISBN 978-0-13-095085-7.
- [6] <http://ec.europa.eu/idabc/servlets/Doc823a.doc?id=18631>, 17. januar 2015.
- [7] Forelesning om testing. HBV, campus Kongsberg. Olaf Hallan Graven, 23. januar 2015.

1.5. Oversikt

- Kapittel 1 er innledningen og inkluderer en beskrivelse av prosjekt-, bruk- og referansedokumenter samt kilder.
- Kapittel 2 beskriver testplanleggingen.
- Kapittel 3 beskriver test case spesifikasjonene.
- Kapittel 4 beskriver testprosedyrer.
- Kapittel 5 beskriver testrapporter.
- Vedleggene beskriver koblingene mellom testspesifikasjonene og kravspesifikasjonene.

Testspesifikasjon

Dokumenthistorie

Versjon	Kommentar	Forfatter	Dato
0.1	<ul style="list-style-type: none"> Dokument opprettet. 	MS	23.01.15
0.2	<ul style="list-style-type: none"> Skriving av tekst. 	MS	24.01.15
0.3	<ul style="list-style-type: none"> Redigering tekst & kapitler. 	MS	26.01.15
0.4	<ul style="list-style-type: none"> Skrive ned testene i kapittel 3, skriving av tekst, oversikt koblinger mellom test- og kravspesifikasjoner. 	MS	27.01.15
0.5	<ul style="list-style-type: none"> Rette opp småfeil, ferdigstille dokumentet. 	MS	28.01.15
0.6	<ul style="list-style-type: none"> Endret dokumentstruktur 	EB	29.01.15
1.0	<ul style="list-style-type: none"> Endringer som følge av oppgradering kravspesifikasjon til versjon 1.0. 	MS	12.02.15
1.1	<p>Endringer som følge av endringer i kravspesifikasjon i:</p> <ul style="list-style-type: none"> TOB_03 TBSVV_01 t.o.m. TBSVV_04 TBMVV_01 TBEA_01 TBEVV_01 t.o.m. TBEVV_03 TBEVK_01 t.o.m. TBEVK_03 Vedleggene Korrektur av dokument 	MS/EM	20.02.15
1.2	<p>Endringer som følge av endringer i kravspesifikasjon i:</p> <ul style="list-style-type: none"> TOB_01 TOB_08 (nytt krav) 	MS	18.03.15
1.3	<p>Revidering av dokument:</p> <ul style="list-style-type: none"> Generell revidering av dokument. 	MS	21.03.15

Testspesifikasjon

	<ul style="list-style-type: none"> • Korrektur. • 3.1.8: Lagt til tekst. <p>Endringer som følge av endringer i kravspesifikasjon i:</p> <ul style="list-style-type: none"> • TBSVV_01 • TBSVV_02 • TBEA_02 		
1.4	<p>Revidering av dokument:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generell revidering av dokument. • 1.2: Skrevet om i forbindelse med ferdigstilling konseptfasen. • 3.2: Skrevet om i forbindelse med ferdigstilling designfasen og sluttrapport. • 3.3: Skrevet om i forbindelse med ferdigstilling designfasen og sluttrapport. • Lagt til henvisninger til kapitler, vedlegg og dokumenter hvor det manglet. <p>Endringer som følge av endringer i kravspesifikasjon i:</p> <ul style="list-style-type: none"> • TBSVV_01 • TBMVV_01 • TBMVV_02 <p>Nye tester som følge av nye krav:</p> <ul style="list-style-type: none"> • TOB_09 	MS	27.04.15
1.5	<ul style="list-style-type: none"> • Delkapittel 3.2 skrevet på nytt i forbindelse med ferdigstilling prosjektdokumentasjon. 	MS	02.05.15
1.6	<ul style="list-style-type: none"> • 3.1.8: Skrevet om i forbindelse med 	MS	13.05.15

Testspesifikasjon

	endring i testspesifikasjon		
	<ul style="list-style-type: none">• 3.2: Lagt til test TBSVV_01_D		

Tabell 2. Dokumenthistorie

Testspesifikasjon

2. Testplanlegging

Dette kapitlet beskriver hvordan tester planlegges og gjennomføres.

2.1 Testutføring

Utføringen av testene kan gjøres av prosjektgruppen, GAN, en tredjepart eller kombinasjon av disse. Dersom en tredjepart utfører testene, vil ansvaret av testene ligge hos prosjektgruppen og/eller GAN som beskrevet i kapittel 2.10: *Ansvarsområder*. Hvem som har ansvaret må bestemmes før testene utføres. Hvis ingen avtale har blitt laget, ligger ansvaret automatisk hos GAN.

Prosjektgruppen vil bruke utstyret de har tilgjengelig for testingen. Dette kan være utstyr som er privat eller eiendom til HBV. Hvis det viser seg at det trengs utstyr som ikke er i besittelse av prosjektgruppen eller HBV, eller prosjektgruppen ikke ønsker å bruke sitt eget, private utstyr, forventes det at prosjektgruppen kan bruke utstyr som er i besittelse av GAN. Det kan for eksempel dreie seg om spesialisert og/eller kalibrert utstyr. Dette avsnittet gjelder for øvrig også kunnskap eller fasiliteter som trengs til å kunne gjennomføre testingen.

2.2 Funksjoner som vil bli testet

Målsettingen til prosjektgruppen er å teste så mange brukerkrav og systemkrav som mulig. På grunn av sluttdatoen til prosjektet og omfanget av prosjektmandatet forventer ikke prosjektgruppen at alle brukerkravene vil kunne bli testet. Brukerkravene inneholder flere funksjoner, som kan kombineres og testes samtidig. Kapittel 4: *Testprosedyrer* beskriver hvordan disse kombinasjoner er laget.

2.3 Funksjoner som ikke vil bli testet

Som beskrevet i kapittel 2.2: *Funksjoner som vil bli testet* har prosjektgruppen som målsetting å teste så mange brukerkrav som mulig. Sluttdatoen til prosjektet begrenser sannsynligvis antallet krav som vil bli testet. Derfor vil kontinuerlig vurdering av testingen være nødvendig i løpet av prosjektet. Denne informasjonen bør deles med oppdragsgiveren.

Oppdragsgiver kan utføre tester, som nevnt i dette dokumentet, etter at prosjektet blir avsluttet. Resultatene av disse testingene blir ikke en del av prosjektet.

Testspesifikasjon

2.4 Tilnærmingsmåte

Spesifisering av aktiviteter, metoder og verktøy som bør brukes for å kunne utføre testene planlegges beskrevet i et separat dokument. Aktivitetene bør beskrives detaljert nok til å kunne identifisere testoppgavene, estimere ressursene og tiden til å kunne utføre testene.

2.5 Kriterier bestått/ikke bestått

Kriteriene bestått/ikke bestått blir fastslått etter veiing av testresultatene. Hvis en test har en eller flere feil som resultat, kan disse feilene deles inn i kategorier. I noen tilfeller har feilene liten grad av innflytelse på utviklingen av systemet eller prosjektet. I noen tilfeller har feilene stor innflytelse. Et bestemt antall feil av en bestemt kategori kan også ha stor innvirkning på systemet eller prosjektet. Derfor foreslås det følgende kategorier:

- A-feil: kritisk feil. Stor/kritisk fare for helse, miljø og/eller sikkerhet. Eksempler er fare for livstruende skader eller død, brann eller eksplosjon, miljøgifter, innbrudd i datasystemet.
- B-feil: systemfeil. Systemet oppfører seg ikke som ønsket og genererer derfor ikke ønsket funksjon, men er ikke en A-feil. Eksempler er et system som stopper opp, sikringer som går, feil i sensorer eller programvare som gir feil data, ingen samsvar med kontrakter, avtaler og/eller regelverk som har store innflytelser på prosjektprosessen.
- C-feil: Systemet oppfører seg ikke som ønsket, men resultatet av prosessen er ønsket. Eksempler er feil i grensesnitt, ikke- eller feilaktig fungerende visuelle og/eller hørbare alarmeringer, ikke akseptable nivåer av støy, ingen samsvar med kontrakter, avtaler og/eller regelverk som har mindre innflytelser på prosjektprosessen.
- D-feil: Systemet oppfører seg som ønsket og resultatet av prosessen er ønsket. Noen småfeil oppdages. Eksempler er minimale avvik i gjennomføringstiden, feil farge betjeningsknapper, grammatikkfeil i dokumentasjon.

Testspesifikasjon

En test kan generere flere feil. Antallet feil i hver kategori bestemmer om testen er bestått eller ikke bestått. Maksimalt antall feil i hver kategori som gir bestått test:

- 0 «kategori A» feil
- 0 «kategori B» feil
- 2 «kategori C» feil
- 5 «kategori D» feil

Dersom testen avviker fra disse resultatene kan den kun regnes som bestått dersom oppdragsgiver samtykker med avviket. Dette må kunne dokumenteres.

2.6 Testutsettelse og gjenopptakelseskrav

Dersom en test ikke kan gjennomføres eller avsluttes som planlagt, blir den utsatt. Utsettelsen blir rapportert til oppdragsgiveren innen 24 timer. Prosjektgruppen drøfter eventuelle testresultater med oppdragsgiveren. Etter diskusjon med oppdragsgiveren blir det fastsatt ny testdato. Ved avbrutt test blir hele testen gjennomført på nytt, med mindre oppdragsgiveren bestemmer noe annet. Dokumentasjon og annen informasjon som tilhører avbrutte tester blir, forutsatt at dette lar seg gjøre, lagret i minst ett år.

2.7 Testleveranser

Før testing påbegynnes skal prosjektgruppen levere til oppdragsgiveren:

- Testspesifikasjonsdokument.
- Oversikt over testutstyr som behøves for å kunne gjennomføre testingen (kapittel 2.1: *Testutføring*)

Denne leveransen skal foregå innen 48 timer før utførelsen av testingen.

Før testing påbegynnes skal oppdragsgiveren levere til prosjektgruppen:

- Bekreftelse på at testspesifikasjons dokumentet er godkjent.
- Bekreftelse på at prosjektgruppen kan bruke testutstyr de har bedt om.

Denne leveransen skal skje innen 24 timer før utførelsen av testingen.

Etter testing skal prosjektgruppen levere en testrapport til oppdragsgiveren. Innholdet til denne rapporten beskrives i kapittel 5. Leveransen skal foregå innen 72 timer etter avsluttet

Testspesifikasjon

testing. Dersom testingen utføres av GAN eller tredjepart utsettes leveransetiden inntil prosjektgruppen har mottatt testrapporten fra GAN eller tredjepart.

Etter mottakelse av testrapporten skal oppdragsgiveren kommentere resultatene i testrapporten. Dette vil foregå skriftlig. Denne leveransen skal finne sted innen 72 timer etter avsluttet test.

2.8 Testoppgaver

Testing krever aktiviteter i forberedelsesfasen og utføringsfasen. Hver test krever sine egne, muligens unike, aktiviteter. I kapittel 2.7: *Testleveranser* beskrives noen av de generelle aktivitetene som skal gjennomføres før testingen.

Gjennomføring av nevnte aktiviteter bør oppsummeres i et separat dokument. Aktivitetene kan implementeres i det samme dokumentet som nevnes i kapittel 2.4: *Tilnærmingsmåte*.

2.9 Testomgivelser

Det stilles krav til omgivelsene testene blir utført i. Begrepet «omgivelsene» innebærer ikke bare den fysiske omgivelsen, men for eksempel også nødvendig programvare eller testutstyr.

Kravene bør oppsummeres i et separat dokument. Kravene kan implementeres i det samme dokumentet som nevnes i kapittel 2.4: *Tilnærmingsmåte*.

2.10 Ansvarsområder

De følgende ansvarsområdene er definert:

Aktivitet	Ansvar
Testledelse	MS (HBV)
Testutforming	MS (HBV)
Testpreparering	Minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver.
Testutføring	MS (HBV) og/eller GAN
Testobservatører	Minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver.
Testsjekk	MS (HBV)

Tabell 3. Ansvarsområder

Testspesifikasjon

2.11 Stab og treningsbehov

Testingen gjennomføres hovedsakelig av prosjektgruppen og GAN. Der hvor det er behov for spesialisert kunnskap i forbindelse med testingen bør det vurderes å leie inn denne kunnskapen. Siden prosjektet har en begrenset tidsramme er det ikke planlagt trening av prosjektgruppemedlemmer. Hvis oppdragsgiveren mener det er behov for trening og/eller opplæring av prosjektgruppemedlemmer vil dette bli diskutert.

Prosjektgruppen vil legge til rette for å lære opp ansatte i GAN med hensyn til betjening av utstyr og andre aktiviteter som er nødvendig for å kunne gjennomføre testingen. Dette gjelder også eventuelle parter som blir leid inn for å gjennomføre tester.

2.12 Planlegging

Planlegging av testene foregår i et separat tidsplandokument. Da dette dokumentet jevnlig blir oppdatert, bør interessenter henvende seg til testansvarlig i prosjektgruppen dersom en kopi av dokumentet behøves. Kopier blir deretter distribuert til ekstern veileder og/eller sensor hos GAN.

Dersom testing utsettes, som beskrevet i kapittel 2.6: *Testutsettelse og gjenopptakelseskrav*, bør gjenopptakelse planlegges i samarbeid med oppdragsgiveren.

Testspesifikasjon

3. Test caser

Test caser spesifiserer inputs, forventede resultater og hvordan en gjennomfører testen. Test caser inneholder å være ett eller flere steg som tester funksjonene til et krav.

Testene vil deles opp i systemtester og prosjekt-tester. Systemtester inneholder alle tester som direkte har med EDM-maskin 5129 å gjøre. Eksempler på disse er hardwaretester, programvaretester, tester med hensyn til HMS. Prosjekt-tester inneholder alle tester som har med gjennomføringen av prosjektet å gjøre. Eksempler på disse er interne prosedyretester og dokumenttester.

Relaterte koder er koder som finnes i kravspesifikasjonsdokumentet. Kodene beskriver krav som stilles til systemet og/eller prosjektet. I vedleggene H og I finnes en oversikt over koblingene mellom kravspesifikasjonene og testspesifikasjonene.

Prioriteringen av testene følger samme gradering som i kravspesifikasjonsdokumentet:

Prioritet	Beskrivelse
A	Tester som er helt nødvendig for den primære interessenten. Testene vil gjerne inneholde eller være knyttet til sikkerhet som minimerer risikoer.
B	Viktige tester, men som ikke nødvendigvis knyttes opp mot sikkerhetstiltak. Tester som er relativt viktig for å tilfredsstille de interessentene.
C	Mindre viktige tester som kun prioriteres hvis tid.

Tabell 4. Beskrivelse prioriteringer tester

Testspesifikasjon

3.1 Systemtester

3.1.1 Verktøyveksler: tester overordnede brukerkrav

Test-ID:	TOB_01	Relaterte koder:	OB_01
Hva testes:	Kompatibilitet mulighet til delautomatisering		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Forventet resultat:	Systemer og løsninger som designes for EDM maskin 5129 tillater en eventuelt delautomatiseringsprosess i framtiden.		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TOB_02	Relaterte koder:	OB_02
Hva testes:	CE-godkjenning		
Hvordan testes:	Inspeksjon & målinger (hvis nødvendig)		
Forventet resultat:	Etter ombyggingen er maskinen i samsvar med gjeldende lov og standarder.		
Prioritering:	A	Hvem tester:	GAN, evt. tredjepart

Test-ID:	TOB_03	Relaterte koder:	OB_03
Hva testes:	Kontinuitet leveranser (reserve)del		
Hvordan testes:	Inspeksjon & målinger (hvis nødvendig)		
Forventet resultat:	Det er dokumentert at leveranser av (reserve)del vil være mulig i en bestemt periode framover.		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TOB_04	Relaterte koder:	OB_04
Hva testes:	Konvertering til 0-punktsystem		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Forventet resultat:	Det er montert et 0-punktsystem på maskinen.		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TOB_05	Relaterte koder:	OB_05
Hva testes:	Risikovurdering for verktøyveksler		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Forventet resultat:	Det er dokumentert at det har blitt gjennomført en risikovurdering med hensyn til verktøyveksleren.		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TOB_08	Relaterte koder:	OB_08
Hva testes:	Lønnsomhetsanalyse		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Forventet resultat:	Det er dokumentert at investeringen vil betales ned innen 1 år.		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testspesifikasjon

Test-ID:	TOB_09	Relaterte koder:	OB_09
Hva testes:	Kompatibilitet med foretrukket produsent		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Forventet resultat:	Det skal brukes en Siemens PLS som styrer verktøyveksleren.		
Prioritering:	B	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testspesifikasjon

3.1.2 Verktøyveksler: tester sikkerhet for verktøyveksler og EDM

Test-ID:	TBSVV_01	Relaterte koder:	BSVV_01, BSVV_05, SK_01A, SK01_B, SK_05
Hva testes:	Funksjon beskyttelsesbarrieren		
Hvordan testes:	Funksjonell testing, inspeksjon & målinger		
Forventet resultat:	<ul style="list-style-type: none"> Beskyttelsesbarrieren star i hevet posisjon under eroderingsprosessen. Verktøyveksleren skal ha en 50% hastighet hvis beskyttelsesbarrieren er i senket stilling. Beskyttelsesbarrieren skal være 180cm over gulv-plan når maskinen er i drift. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TBSVV_02	Relaterte koder:	BSVV_02, SK_02
Hva testes:	Mengde av berøring elektroder og elektrodeverktøy		
Hvordan testes:	Funksjonell testing & inspeksjon		
Forventet resultat:	<ul style="list-style-type: none"> Berøring av elektroder og elektrodeverktøy skal begrenses til to ganger per eroderingsprosess. 		
Prioritering:	B	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TBSVV_03	Relaterte koder:	BSVV_03, SK_03
Hva testes:	Beskyttelse mot skader		
Hvordan testes:	Funksjonell testing, evt. gjennom bruk av målinger		
Forventet resultat:	<ul style="list-style-type: none"> Ingen mulighet for skader ved bruk av EDM-maskinen. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen & KTT

Test-ID:	TBSVV_04	Relaterte koder:	BSVV_04, BSVV_06, SK_04, SK_06
Hva testes:	Funksjon sikkerhetssystem		
Hvordan testes:	Funksjonell testing, inspeksjon & målinger		
Forventet resultat:	<ul style="list-style-type: none"> Sikkerhetssystemet griper inn når uønskede hendelser inntreffer. Begrepet «uønskede hendelser» bør gjøres målbart i samarbeid med GAN. Verktøyvekslerens bevegelser avbrytes umiddelbart etter at nødstopknappen betjenes. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testspesifikasjon

3.1.3 Verktøyveksler: tester verktøyveksler og EDM for maskin

Test-ID:	TBMVV_01	Relaterte koder:	BMVV_01, BMVV_02, SK_07A, SK_07B, SK_07C, SK_08
Hva testes:	Funksjon verktøyveksler		
Hvordan testes:	Funksjonell testing & inspeksjon		
Forventet resultat:	<ul style="list-style-type: none"> Verktøyveksleren kan levere/motta verktøy til/fra EDM maskinen. Verktøyveksleren kan bevege seg 60 cm i x-retning mot EDM-maskinen for å levere/hente verktøy. Verktøyveksleren kan bevege seg 20 cm i z-retning mot EDM-maskinen for å levere/hente verktøy. Tårnet på EDM-maskinen skal kjøres til et spesifisert koordinat: WS0 X = -271,9, Y = -184,5 og Z = -169,5 etter endt erodering for verktøyveksling. Verktøyveksleren skal ha plass til minst to elektrodeholdere. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TBMVV_02	Relaterte koder:	BMVV_03, BMVV_04, SK_09, SK_10A, SK_10B
Hva testes:	Funksjon verktøyveksler		
Hvordan testes:	Funksjonell testing & inspeksjon		
Forventet resultat:	<ul style="list-style-type: none"> Verktøyveksleren har mange plasser for elektrodeverktøy. Gaffelen til verktøyveksleren må konstrueres med tanke på slitasje. Gaffelen på lineærføringene må konstrueres med tanke på slitasje. 		
Prioritering:	B	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testspesifikasjon

3.1.4 Verktøyveksler: tester ergonomi og arbeidsplass for maskin

Test-ID:	TBEA_01	Relaterte koder:	BEA_01, BEA_02, SK_11, SK_12
Hva testes:	Ergonomi og arbeidsplass		
Hvordan testes:	Inspeksjon & målinger		
Forventet resultat:	<ul style="list-style-type: none"> Høyden på verktøyveksleren kan tilpasses operatørene. Man kan komme seg rundt EDM maskinen. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TBEA_02	Relaterte koder:	BEA_03, SK_13
Hva testes:	Ergonomi og arbeidsplass		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Forventet resultat:	Det skal være arbeidsplass på EDM-maskinen som er minimum 20x20cm.		
Prioritering:	B	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TBEA_03	Relaterte koder:	BEA_04, SK_14
Hva testes:	Ergonomi og arbeidsplass		
Hvordan testes:	Inspeksjon & målinger		
Forventet resultat:	Elektrodeholderen skal gjøres mer håndterbar.		
Prioritering:	C	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testspesifikasjon

3.1.5 Verktøyveksler: verktøyveksler og EDM for elektro

Test-ID:	TBEVV_01	Relaterte koder:	BEVV_01, SK_15
Hva testes:	Funksjon verktøyveksler		
Hvordan testes:	Funksjonell testing & inspeksjon		
Forventet resultat:	<ul style="list-style-type: none"> Styresystemet til verktøyveksleren kommuniserer med verktøykontrollsystemet. 		
Prioritering:	B	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TBEVV_02	Relaterte koder:	BEVV_02, BEVV_03, BEVV_05, SK_16, SK_17, SK_19
Hva testes:	Funksjon beskyttelsesbarriere		
Hvordan testes:	Funksjonell testing & målinger		
Forventet resultat:	<ul style="list-style-type: none"> Opp- og nedkjøring av beskyttelsesbarrieren er kontrollert og har ikke noen raske responser. Styresystemet får tilbakemelding om beskyttelsesbarrieren er i heiset/senket stilling Beskyttelsesbarrieren kan styres manuelt fra operatørstasjonen. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TBEVV_03	Relaterte koder:	BEVV_04, SK_18
Hva testes:	Funksjon beskyttelsesbarriere		
Hvordan testes:	Funksjonell testing		
Forventet resultat:	Beskyttelsesbarrieren kan styres fra EDM-ens styresystem.		
Prioritering:	C	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testspesifikasjon

3.1.6 Verktøy kontroll – elektrodedata: overordnede brukerkrav

Test-ID:	TOB_06	Relaterte koder:	OB_06
Hva testes:	Kompatibilitet med tiltenkt arbeidsmiljø		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Forventet resultat:	Det helhetlige systemet tåler dielektrikum og forurensing fra frese- og eroderingsprosessen.		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TOB_07	Relaterte koder:	OB_07
Hva testes:	Kompatibilitet med foretrukket produsent		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Forventet resultat:	Verktøykontrollsystemet har liknende eller bedre spesifikasjoner enn systemet som leveres av produsenten Balluff.		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

3.1.7 Verktøy kontroll: tester sikkerhet for verktøykontroll - elektrodedata

Test-ID:	TBSVK_01	Relaterte koder:	BSVK_01, SK_20
Hva testes:	Verktøykontroll		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Forventet resultat:	Det foreligger et system som viser operatør at riktige elektrodedata er lagt inn.		
Prioritering:	B	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testspesifikasjon

3.1.8 Verktøy kontroll: tester verktøykontroll - elektrodedata for maskin

Da designet for verktøykontroll – elektrodedata ikke krever at prosjektgruppen spesifiserer noen krav for maskin, vil dette punktet bortfalle.

Testspesifikasjon

3.1.9 Verktøy kontroll: tester verktøykontroll - elektrodedata for elektro

Test-ID:	TBEVK_01	Relaterte koder:	BEVK_01, SK_21
Hva testes:	Funksjon verktøykontrollsystemet		
Hvordan testes:	Funksjonell testing & inspeksjon		
Forventet resultat:	Elektrodedata skrives til verktøykontrollenhet på elektrodeverktøy.		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TBEVK_02	Relaterte koder:	BEVK_02, BEVK_03, BEVK_04, BEVK_06, SK_22, SK_23, SK_24, SK_26
Hva testes:	Funksjon verktøykontrollsystemet		
Hvordan testes:	Funksjonell testing & inspeksjon		
Forventet resultat:	<ul style="list-style-type: none"> • Ved start av dataoverføring/skriving får operatøren en visuell og/eller akustisk melding om at dataoverføring/skriving er i gang. • Etter endt dataoverføring/skriving får operatøren visuell og eventuelt akustisk melding om at dataoverføring/skriving har lyktes eller ikke lyktes. • Verktøykontrollsystemet kan transportere og beholde både verktøy ID og elektrodedata samtidig/ i samme dataoverføring. • Elektrodefresens styresystem kan lese eksisterende data fra verktøykontrollenheter. 		
Prioritering:	B	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TBEVK_03	Relaterte koder:	BEVK_05, BEVK_07, SK_25, SK_27
Hva testes:	Funksjon verktøykontrollsystemet		
Hvordan testes:	Funksjonell testing & inspeksjon		
Forventet resultat:	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrodedata kan hentes automatisk fra elektrodefresens system. • EDM-maskinens styresystem kan lese av enheter fra verktøykontrollsystemet. 		
Prioritering:	C	Hvem tester:	Prosjektgruppen

3.1.10 Tester samlet systemkrav

Systemkravtestene er implementert i ovennevnte testene.

Testspesifikasjon

3.2 Prosjekt-tester

Mesteparten av testene beskrevet i kapittel 3.1: *Systemtester* er basert på testing etter ferdigstillelse av verktøyveksler, beskyttelsesbarriere, 0-punktssystem og verktøykontrollsystem. En del av disse testene kan skrives om slik at de kan brukes i design- og dokumentasjonsfasen. På denne måten kan prosjektgruppen teste designet opp mot kravene.

Et eksempel er testen med test-ID TBSVV_01. En av komponentene som bør testes er beskyttelsesbarrieren. Høyden på den bør være 180 cm når EDM-maskinen er i drift. En måte å teste dette på før beskyttelsesbarrieren blir bygget er å måle høyden i programmet SolidWorks. Programvaren blir brukt for å designe mekaniske komponenter.

Etter analyse av testene vil følgende testene gjennomføres i designfasen, uten å endre innholdet til dem:

- TOB_01
- TOB_02
- TOB_03
- TOB_05
- TOB_06
- TOB_07
- TOB_08
- TOB_09

Etter analyse av testene vil de følgende testene gjennomføres i designfasen, etter at innholdet har blitt endret hel- eller delvis. For å kunne skille mellom de opprinnelige testene og «designtestene» får de sistnevnte testene et nytt test-ID, som blir nevnt mellom parentesene:

- TOB_04 (TOB_04_D)
- TBEA_01 (TBEA_01_D)
- TBEA_03 (TBEA_03_D)
- TBSVV_01 (TBSVV_01_D)
- TBMVV_01 (TBMVV_01_D)
- TBMVV_02 (TBMVV_02_D)

Testspesifikasjon

Designtestene vil bare bli beskrevet i testplanen, fordi det bare vil bli endringer i måten testene blir utført på. Derfor henvises det til kapittel 3.2: *Testbeskrivelse prosjekt-tester* i dokumentet *Testplan* for nærmere beskrivelse av disse testene.

3.3 Krav testomgivelser

Gjennomføring av tester kan innebære at det stilles krav til omgivelsene testene blir kjørt i. Det bør siktes på at slike tester blir gjennomført i testomgivelser som likner plasseringen av EDM-maskin 5129. Minstekrav til omgivelsene blir derfor:

- Testingen gjennomføres inne.
- HMS tiltak kreves hvis nødvendig.
- Klimatologiske omstendigheter likner stedet EDM-maskin 5129 er plassert eller bedre. Behov for måling og rapportering av temperatur, luftfuktighet og så videre er ikke tilstede.

3.4 Spesifikke prosedurale krav

Ved bruk av måleinstrumenter skal det brukes kalibrerte måleinstrumenter etter avtale med oppdragsgiver. Avvik med hensyn til bruk av kalibrerte måleinstrumenter bør også avtales med oppdragsgiver.

Testspesifikasjon

4. Testprosedyrer

Dette kapitlet beskriver hvordan test caser skal utføres. Hver test case vil ha en tilsvarende testprosedyre. En testprosedyre kan derimot ta flere test caser for seg.

4.1 Testprosedyregjenkjenning

4.1.1 Funksjonell testing

Funksjonen blir testet i en testomgivelse eller i praksis. Inngangsverdier er lik reelle verdier. Fokus er på utgangsverdiene. Det kan sammenlignes med black-box testing.

4.1.2 Inspeksjon (statisk testing)

Sammenlikning av systemdeler og brukerkrav. Det kan gjøres gjennom visuell inspeksjon.

4.1.3 Analyse og simulering

Bruk av modeller som representerer bestemte aspekter av systemet. Dette er ofte brukt i sammenheng med demonstrasjon. Fysiske komponenter er ofte ikke tilgjengelig eller tilstede. Dette kan også brukes når testing ved bruk av målinger er for dyrt eller demonstrasjon ikke er tilstrekkelig eller gjennomførbart.

4.1.4 Testing ved bruk av målinger

Bruk av kalibrerte måleinstrumenter. Detaljert informasjon er nødvendig for å forstå og spore opp feil.

4.1.5 Demonstrasjon eller FAT

Demonstrasjon av systemet foran objektive testobservatører i en kontrollert omgivelse. Hovedsakelig brukt som validering eller «acceptance testing». Dette kan også brukes dersom testing ved bruk av målinger er for dyrt.

4.1.6 Black-box testing

Utgangsverdier blir vurdert som korrekt eller ukorrekt basert på inngangsverdier. Hvordan selve testobjektet fungerer blir ignorert. Både positiv og negativ testing bør gjennomføres. Metoden kan brukes som systemtesting.

Positiv testing: å hente testdata og rutiner fra brukerkrav.

Negativ testing: å forsøke å avdekke mangler i brukerkravene og deretter fastslå hvordan testobjektet reagerer. Krasjtesting er et eksempel på det.

Testspesifikasjon

4.1.7 White-box testing

Også kjent som glass-box testing. Hvordan selve testobjektet fungerer er også en del av testingen. Metoden blir ofte brukt på CI nivå, men blir ofte ubrukelig på systemtestingsnivå.

4.1.8 Strukturell testing

Undersøker strukturen til et system og tilhørende funksjoner. Inneholder elementer som ytelse, stress, sikkerhet, tilgjengelighet.

Testspesifikasjon

5. Testrapporter

Dette kapitlet beskriver hvordan tester bør eller skal rapporteres. Hver test, som er sporbar gjennom test-ID, skal dokumenteres. Det siktes på at oppsettet av rapporteringen vil være lik, men detaljeringen i rapportene er avhengig av nivået til testingen. Testrapportene bør i første omgang behandles som konfidensiell informasjon. Avvik fra dette kravet er bare mulig hvis oppdragsgiveren gir tillatelse til å offentliggjøre hele eller deler av testrapporten.

5.1 Testrapportidentifikasjon

Testrapporten skal inneholde:

- Beskrivelse av hvilket prosjekt testrapporten hører til.
- Hvem som er oppdragsgiveren til testen/testene.
- Hvem som har preparert testen/testene.
- Hvem som har utført testen/testene.
- Hvem som har vært testobservatører.
- Hvor testen/testene har blitt utført.
- Når testen/testene har blitt utført. Hvis samme test kjøres flere ganger på samme dagen må klokkeslettene til testen/testene inkluderes.
- Hvilke tester som har blitt utført, gjennom beskrivelse av test-ID.
- Hvilke måleinstrumenter har blitt brukt, gjennom beskrivelse av unik identifisering. Dette kan være unik ID, serienummer eller liknende.
- Resultatet av testen/testene.
- Hvis testresultatet er «ikke bestått» eller liknende: årsaken til det.
- Eventuelle avvik, for eksempel med hensyn til testprosedyrer.
- Eventuelle merknader, for eksempel når komponenter, programvareversjoner eller måleinstrumenter har blitt endret/byttet ut i testoppsettet.

Hvis GAN eller en tredjepart tester, kan de skrive deres egen testrapport. Prosjektgruppen vil få tilgang til denne rapporten og kontrollerer om alle vilkår som nevnt ovenfor er oppfylt.

Hvis data mangler, blir dette tilføyet gjennom å skrive et vedlegg til rapporten eller å skrive en ny testrapport.



Testplan

Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM maskin 5129

Prosjektgruppe: Eirik Brendeløkken (EB)
Morten A. Kjær (MK)
Erik Michalsen (EM)
Mark A. Steffens (MS)

Prosjektleder: Erik Michalsen

Intern veileder: Kjell Enger

Kunde: GKN Aerospace Norway AS

Ekstern veileder: Even Engebakken

Testplan

Sammendrag

Dette dokumentet inneholder testplanen for oppgradering av EDM maskin 5129 og dens system.

Testplanen henger direkte sammen med testspesifikasjonsdokumentet som er satt sammen i henhold til ønsker fra GAN har gitt gruppen i prosjektbeskrivelsen, se Vedlegg A:

Prosjektmandat.

Testplan

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	1
1.1. Formål med dokument	1
1.2. Omfang	1
1.3. Liste over definisjoner og forkortelser	1
1.4. Oversikt	1
2. Dokumenthistorie	2
3. Testplanlegging	4
3.1. Testbeskrivelse systemtester	4
3.1.1. Verktøyveksler: tester overordnede brukerkrav	6
3.1.2. Verktøyveksler: tester sikkerhet for verktøyveksler og EDM	10
3.1.3. Verktøyveksler: tester verktøyveksler og EDM for maskin	14
3.1.4. Verktøyveksler: tester ergonomi og arbeidsplass for maskin	16
3.1.5. Verktøyveksler: verktøyveksler og EDM for elektro	18
3.1.6. Verktøy kontroll – elektrodedata: overordnede brukerkrav	21
3.1.7. Verktøy kontroll: tester sikkerhet for verktøykontroll - elektrodedata	22
3.1.8. Verktøy kontroll: tester verktøykontroll - elektrodedata for maskin.....	23
3.1.9. Verktøy kontroll: tester verktøykontroll - elektrodedata for elektro	24
3.2 Testbeskrivelse prosjekt-tester	27
3.2.1 Verktøyveksler: tester overordnede brukerkrav	28
3.2.2 Verktøyveksler: tester sikkerhet for verktøyveksler og EDM.....	29
3.2.3 Verktøyveksler: tester verktøyveksler og EDM for maskin.....	30
3.2.4 Verktøyveksler: tester ergonomi og arbeidsplass for maskin	32

Tabelloversikt

Tabell 1. Liste over definisjoner og forkortelser	1
Tabell 2. Dokumenthistorie	3

Vedlegg

Vedlegg A: *Prosjektmandat*Vedlegg K: *Estimert timeoversikt*

Testplan

1. Innledning

1.1. Formål med dokument

Formålet med dette dokumentet er å spesifisere de forskjellige testprosedyrene prosjektet «Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM maskin 5129» trenger.

1.2. Omfang

Testplanen omfatter både systemtestingen og testingen av bl.a. prosedyrer som brukes av prosjektgruppen.

1.3. Liste over definisjoner og forkortelser

Forkortelse	Beskrivelse
Oppdragsgiver	Ekstern sensor eller veileder hos GAN
CE	Conformité Européenne
EDM	Electrical Discharge Machining
GAN	GKN Aerospace Norway
HBV	Høgskolen i Buskerud og Vestfold
KTT	Kongsberg Terotech

Tabell 1. Liste over definisjoner og forkortelser

1.4. Oversikt

Kapittel 1 er innledningen og inkluderer en beskrivelse av prosjekt-, bruk- og referansedokumenter samt kilder.

Kapittel 2 beskriver testplanleggingen.

Testplan

2. Dokumenthistorie

Versjon	Kommentar	Forfatter	Dato
0.1	Dokument opprettet.	MS	30.01.15
0.2	Første utkast dokumentet	MS	18.02.15
0.3	Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> • Generell revidering av dokument. • Korrektur. • 2.1: Lagt til tekst. • 2.1.8: Lagt til tekst. • Oppdatering av vedlegg. Endringer som følge av endringer i kravspesifikasjon i: <ul style="list-style-type: none"> • TOB_01 • TOB_08 (nytt krav) • TBSVV_01 • TBSVV_02 • TBEA_01 • TBEA_02 • TBEA_03 • TBEVV_02 	MS	21.03.15
1.0	Dokument godkjent.	MS	21.03.15
1.1	Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> • Generell revidering av dokument. • 1.2: Skrevet om i forbindelse med ferdigstillelse konseptfasen. • 1.4: Fjernet henvisning til vedlegg. • Lagt til henvisninger til vedlegg og dokumenter hvor det manglet. Endringer som følge av endringer i kravspesifikasjon i:	MS	27.04.15

Testplan

	<ul style="list-style-type: none"> • TBSVV_01 • TBSVV_04 • TBMVV_01 • TBMVV_02 • TBEA_01 <p>Nye tester som følge av nye krav:</p> <ul style="list-style-type: none"> • TOB_09 		
1.2	<ul style="list-style-type: none"> • Små justeringer • Nytt kapittel 3.2 i forbindelse med ferdigstillelse prosjektdokumentasjon. 	MS	02.05.15
1.3	<ul style="list-style-type: none"> • 3.1.3: TBMVV_01: endret test i forbindelse med nye verdier • 3.1.8: Skrevet om i forbindelse med endring i testspesifikasjon • 3.2: Lagt til test TBSVV_01_D • Endringer i delkapittelnummerering i kapittel 3.2 	MS	13.05.15

Tabell 2. Dokumenthistorie

Testplan

3. Testplanlegging

Dette kapitlet beskriver hvordan tester planlegges gjennomført på en mer detaljert måte enn i testspesifikasjonsdokumentet. Den samme strukturen overholdes som i testspesifikasjonsdokumentet for å forenkle sammenlikning.

3.1. Testbeskrivelse systemtester

Hver test blir beskrevet på samme måte. En testbeskrivelse inneholder:

- Test-ID
- Relaterte koder
- Hva testes
- Hvordan testes
- Oppstartkriterier
- Testscenario
- Prioritering
- Hvem tester

«Test-ID» er et unikt nummer som gjør at testen er sporbar. Test-IDen kan kobles opp mot bruker- og systemkrav. Kravkodene som tilhører testkravet blir beskrevet som «Relaterte koder».

«Hva testes» er en generell beskrivelse av temaet som testes. Målet med beskrivelsen er å få en rask oversikt over de forskjellige temaene som testes, samt å finne de testene som eventuelt tilhører hverandre.

«Hvordan testes» er en beskrivelse av hvilken testprosedyre eller hvilke testprosedyrer som brukes. Beskrivelser av testprosedyrer som brukes i testplanen kan finnes i kapittel 5: *Testprosedyrer*, i testspesifikasjonsdokumentet.

«Oppstartkriterier» beskriver minimumskrav som bør være tilstede før testen kan påbegynnes. Her stilles det ofte krav til testansvarlig, testobservatører, eventuelt utstyr som trengs for å kunne gjennomføre testen og så videre.

«Testscenario» er en faktisk beskrivelse av hvordan testen bør gjennomføres. Eventuelle avvik bør bli notert i testrapporten.

Testplan

«Prioritering» er koblet direkte til prioriteringen til testen som stilles i testspesifikasjonsdokumentet og prioriteringen til kravene som stilles i kravspesifikasjonsdokumentet. En nærmere beskrivelse av prioriteringen kan bli funnet i kapittel 4: *Test caser*, i testspesifikasjonsdokumentet.

«Hvem tester» beskriver hvem som har ansvaret for testen. En oversikt over ansvarsfordelingen til de forskjellige testene kan finnes i Vedlegg J: *Estimert timeoversikt*, men også i kapittel 3: *Testplanlegging*, i testspesifikasjonsdokumentet.

Testplan

3.1.1. Verktøyveksler: tester overordnede brukerkrav

Test-ID:	TOB_01	Relaterte koder:	OB_01
Hva testes:	Kompatibilitet mulighet til delautomatisering		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dokumentgrunnlaget som leveres til oppdragsgiveren (GAN) på slutten av prosjektet garanterer at systemet kan delautomatiseres i framtiden. 2. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TOB_02	Relaterte koder:	OB_02
Hva testes:	CE-godkjenning		
Hvordan testes:	Inspeksjon & malinger (hvis nødvendig)		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Kalibrerte måleinstrumenter tilstede (hvis nødvendig) 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Det er laget risikovurderinger underveis i prosessen. 2. (Del)systemer oppfyller lovgivning og harmoniserte standarder som gjelder for produktet. 3. Det foreligger påkrevd teknisk dokumentasjon som loven krever for å vurdere produktets samsvar med relevante krav. 4. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	GAN, evt. tredjepart

Testplan

Test-ID:	TOB_03	Relaterte koder:	OB_03
Hva testes:	Kontinuitet leveranser (reserve)delar		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dokumentgrunnlaget som leveres til oppdragsgiveren (GAN) på slutten av prosjektet garanterer at systemet kan forsynes med reservedeler utover en bestemt periode i framtiden. 2. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TOB_04	Relaterte koder:	OB_04
Hva testes:	Konvertering til 0-punktsystem		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Det er montert et 0-punktsystem på maskinen. 2. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

Test-ID:	TOB_05	Relaterte koder:	OB_05
Hva testes:	Risikovurdering for verktøyveksler		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dokumentgrunnlaget som leveres til oppdragsgiveren (GAN) på slutten av prosjektet garanterer at det er dokumentert at det har blitt gjennomført en risikovurdering med hensyn til verktøyveksleren. 2. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TOB_08	Relaterte koder:	OB_08
Hva testes:	Lønnsomhetsanalyse		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dokumentgrunnlaget som leveres til oppdragsgiveren (GAN) på slutten av prosjektet garanterer at det er dokumentert at investeringen vil betales ned innen 1 år. 2. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

Test-ID:	TOB_09	Relaterte koder:	OB_09
Hva testes:	Kompatibilitet med foretrukket produsent		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dokumentgrunnlaget som leveres til oppdragsgiveren (GAN) på slutten av prosjektet garanterer at styresystemet til verktøyveksleren styres av en Siemens PLS. 2. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	B	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

3.1.2. Verktøyveksler: tester sikkerhet for verktøyveksler og EDM

Test-ID:	TBSVV_01	Relaterte koder:	BSVV_01, BSVV_05, SK_01A, SK_01B, SK_05
Hva testes:	Funksjon beskyttelsesbarrieren		
Hvordan testes:	Funksjonell testing, inspeksjon & målinger		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Operatør tilstede (kan samtidig være testobservatør) • Kalibrerte måleinstrumenter tilstede 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Ingen verktøy eller verkstykke er montert. • Beskyttelsesbarrieren står i senket stilling. • Ingen program som er aktivt. 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verktøyveksleren betjenes på en manuell måte. <ol style="list-style-type: none"> a. Verktøyveksleren har en 50% hastighet når den beveger seg. b. Ingen mulighet til å starte et program. 2. Beskyttelsesbarrieren heves til øverste stilling. <ol style="list-style-type: none"> a. Øverste randen til beskyttelsesbarrieren er 180 cm over gulv-plan, med et avvik på maksimalt 3,4 cm (2 %) i hver retning. b. Det er god klaring til arbeidsbenken for operatøren. c. Det er mulig å starte et program. 3. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

Test-ID:	TBSVV_02	Relaterte koder:	BSVV_02, SK_02
Hva testes:	Mengde av berøring elektroder og elektrodeverktøy		
Hvordan testes:	Funksjonell testing & inspeksjon		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Operatør tilstede (kan samtidig være testobservatør) 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Som ved start av vanlig operasjon av systemet. 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vanlig betjening og operasjon av systemet etter gjeldende instruksjer. <ol style="list-style-type: none"> a. Testobservatører registrerer <u>hvor mange ganger</u> elektrodene og elektrodeverktøyet berøres og <u>hvor mye tid</u> som er involvert med berøringen. Dette kan klassifiseres som «kort» (0-2 sekunder, «middels» (2-5 sekunder) og «lang» (>5 sekunder). Testen trenger ikke å bli gjennomført med stoppeklokke, men kan baseres på testobservatørens observasjoner. 2. Testen avsluttes etter fullføring av programmet. 		
Prioritering:	B	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

Test-ID:	TBSVV_03	Relaterte koder:	BSVV_03, SK_03
Hva testes:	Beskyttelse mot skader		
Hvordan testes:	Funksjonell testing, inspeksjon & målinger (hvis nødvendig)		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Operatør tilstede (kan samtidig være testobservatør) • Kalibrerte måleinstrumenter tilstede (hvis nødvendig) 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Som ved start av vanlig operasjon av systemet. 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vanlig betjening og operasjon av systemet etter gjeldende instruksjer. <ol style="list-style-type: none"> a. Testobservatører registrerer hvor mange avvik med hensyn til gjeldende lovgivning og harmoniserte standarder oppstår. b. Hvis det er behov for målinger, blir disse utført. 2. Testen avsluttes etter fullføring av programmet. 3. Testes gjentas for alle de andre tilgjengelige programmer i systemet. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen & KTT

Testplan

Test-ID:	TBSVV_04	Relaterte koder:	BSVV_04, BSVV_06, SK_04, SK_06
Hva testes:	Funksjon sikkerhetssystem		
Hvordan testes:	Funksjonell testing, inspeksjon & målinger		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Operatør tilstede (kan samtidig være testobservatør) • Kalibrerte måleinstrumenter tilstede 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Som ved start av vanlig operasjon av systemet. • Ingen verktøy eller verkstykke er montert. 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vanlig betjening og operasjon av systemet etter gjeldende instruksjer. 2. Nødstopppknappen er plassert maksimum 50 cm fra innlastning i verktøyveksler og EDM-maskin. 3. Testutfører betjener nødstopp på vilkårlig tidspunkt. <ol style="list-style-type: none"> a. Verktøyvekslerens bevegelser avbrytes umiddelbart etter at nødstopppknappen betjenes. b. Testobservatører registrerer hvor mange avvik med hensyn til gjeldende lovgivning og harmoniserte standarder oppstår. 4. Testutfører genererer uønskede hendelser som aktiverer sikkerhetssystemet: <ol style="list-style-type: none"> a. Verktøyvekslerens bevegelser avbrytes umiddelbart etter at nødstopppknappen betjenes. b. Testobservatører registrerer hvor mange avvik med hensyn til gjeldende lovgivning og harmoniserte standarder oppstår. 5. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

3.1.3. Verktøyveksler: tester verktøyveksler og EDM for maskin

Test-ID:	TBMVV_01	Relaterte koder:	BMVV_01, BMVV_02, SK_07A, SK_07B, SK_07C, SK_08
Hva testes:	Funksjon verktøyveksler		
Hvordan testes:	Funksjonell testing & inspeksjon		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Operatør tilstede (kan samtidig være testobservatør) 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Som ved start av vanlig operasjon av systemet. 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vanlig betjening og operasjon av systemet etter gjeldende instruks. 2. Verktøyveksleren har plass til minst 2 verktøy. 3. Tårnet på EDM-maskinen kjøres til koordinat: WS0: X = -271,9, Y = -184,5 og Z = -169,5 etter endt erodering for å levere/hente verktøy. 4. Verktøyveksleren kan levere/motta verktøy til/fra EDM maskinen. 5. Verktøyveksleren kan bevege seg inn i EDM-maskinens bevegelsesområde. <ol style="list-style-type: none"> a. 60 cm i x-retning mot EDM-maskinen b. 20 cm i z-retning mot EDM-maskinen 6. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

Test-ID:	TBMVV_02	Relaterte koder:	BMVV_03, BMVV_04, SK_09, SK_10A, SK_10B
Hva testes:	Funksjon verktøyveksler		
Hvordan testes:	Funksjonell testing & inspeksjon		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Operatør tilstede (kan samtidig være testobservatør) 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Som ved start av vanlig operasjon av systemet. 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vanlig betjening og operasjon av systemet etter gjeldende instruksjer. 2. Verktøyveksleren har plass til minst 2 verktøy. 3. Verktøyveksleren kan betjene alle typer elektrodeholdere som benyttes i de ulike eroderingsprosessene som utføres på EDM-maskinen. 4. Verktøyveksleren krasjer ikke innen 10 uker etter bytting av holdeaffelen på den roterende veksleren eller lineærføringene på grunn av slitasje på holdeaffelen. 5. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	B	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

3.1.4. Verktøyveksler: tester ergonomi og arbeidsplass for maskin

Test-ID:	TBEA_01	Relaterte koder:	BEA_01, BEA_02, SK_11, SK_12
Hva testes:	Ergonomi og arbeidsplass		
Hvordan testes:	Inspeksjon & målinger		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Kalibrerte måleinstrumenter tilstede 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Vilkårlig 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Høyden på verktøyveksleren er 130 cm, med et avvik på maksimalt 2,6 cm (2 %) i hver retning. <ol style="list-style-type: none"> a. Høyden blir målt fra gulv-plan (uten ergonomisk matte eller liknende) til senteret av innlastningsstedet. 2. Rundt EDM-maskinen er det minimalt 80 cm med fri plass. 3. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TBEA_02	Relaterte koder:	BEA_03, SK_13
Hva testes:	Ergonomi og arbeidsplass		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Vilkårlig 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. På eller i direkte nærhet av EDM-maskinen finnes det plass på minimum 20x20cm hvor det kan utføres arbeid som f.eks. kontrollmålinger av elektroder. 2. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	B	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

Test-ID:	TBEA_03	Relaterte koder:	BEA_04, SK_14
Hva testes:	Ergonomi og arbeidsplass		
Hvordan testes:	Inspeksjon & målinger		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Kalibrerte måleinstrumenter tilstede 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Vilkårlig 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vekten til nye elektrodeholdere er minst 2 kg lavere enn vekten til dagens modell. 2. Berøring av elektrodene forebygges gjennom bedre design av elektrodeholderen. 3. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	C	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

3.1.5. Verktøyveksler: verktøyveksler og EDM for elektro

Test-ID:	TBEVV_01	Relaterte koder:	BEVV_01, SK_15
Hva testes:	Funksjon verktøyveksler		
Hvordan testes:	Funksjonell testing & inspeksjon		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Operatør tilstede (kan samtidig være testobservatør) 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Som ved start av vanlig operasjon av systemet. • Elektrodene på elektrodeverktøyet som vil brukes på EDM-maskinen må freses. 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elektrodene freses i fresemaskinen (og får data ført inn i verktøykontrollsystemet). 2. Vanlig betjening og operasjon av systemet etter gjeldende instruks. Elektrodeverktøyet som har blitt frest brukes på EDM-maskinen. <ol style="list-style-type: none"> a. Testobservatører registrerer om systemet ikke genererer feilmeldinger med hensyn til kommunikasjon mellom verktøykontrollsystemet og verktøyveksleren. 3. Testen avsluttes etter at det har blitt observert at dataoverføringen er vellykket. 		
Prioritering:	B	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

Test-ID:	TBEVV_02	Relaterte koder:	BEVV_02, BEVV_03, BEVV_05, SK_16, SK_17, SK_19
Hva testes:	Funksjon beskyttelsesbarriere		
Hvordan testes:	Funksjonell testing & måling		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Operatør tilstede (kan samtidig være testobservatør) • Kalibrerte måleinstrumenter tilstede 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Som ved start av vanlig operasjon av systemet. 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vanlig betjening og operasjon av systemet etter gjeldende instruksjer. 2. Beskyttelsesbarrieren kan styres manuelt fra operatørstasjonen når ingen program kjører. 3. Opp- og nedkjøring av beskyttelsesbarrieren er kontrollert og har ikke noen raske responser. <ol style="list-style-type: none"> a. Beskyttelsesbarrieren skal kjøres fra senket til hevet eller hevet til senket stilling på 5 sekunder. 4. Styresystemet får tilbakemelding om beskyttelsesbarrieren er i heiset stilling. Det samme gjelder hvis beskyttelsesbarrieren er i senket stilling. 5. Beskyttelsesbarrieren må være i heiset stilling før eroderingsprosessen kan begynne. 6. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

Test-ID:	TBEVV_03	Relaterte koder:	BEVV_04, SK_18
Hva testes:	Funksjon beskyttelsesbarriere		
Hvordan testes:	Funksjonell testing		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Operatør tilstede (kan samtidig være testobservatør) 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Som ved start av vanlig operasjon av systemet. 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vanlig betjening og operasjon av systemet etter gjeldende instruksjer. 2. Beskyttelsesbarrieren kan styres manuelt fra EDM-ens styresystem. 3. Testen avsluttes etter gjennomgang av ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	C	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

3.1.6. Verktøy kontroll – elektrodedata: overordnede brukerkrav

Test-ID:	TOB_06	Relaterte koder:	OB_06
Hva testes:	Kompatibilitet med tiltenkt arbeidsmiljø		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dokumentgrunnlaget som leveres til oppdragsgiveren (GAN) på slutten av prosjektet garanterer at det helhetlige systemet tåler dielektrikum og forurensing fra frese- og eroderingsprosessen. 2. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TOB_07	Relaterte koder:	OB_07
Hva testes:	Kompatibilitet med foretrukket produsent		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dokumentgrunnlaget som leveres til oppdragsgiveren (GAN) på slutten av prosjektet garanterer at verktøykontrollsystemet har liknende eller bedre spesifikasjoner enn systemet som leveres av produsenten Balluff. Hvis systemet faktisk er fra Balluff gjelder testen som bestått. 2. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

3.1.7. Verktøy kontroll: tester sikkerhet for verktøykontroll - elektrodedata

Test-ID:	TBSVK_01	Relaterte koder:	BSVK_01, SK_20
Hva testes:	Verktøykontroll		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Operatør tilstede (kan samtidig være testobservatør) 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Som ved start av vanlig operasjon av systemet. 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vanlig betjening og operasjon av systemet etter gjeldende instruksjer. 2. Verktøykontrolldata vises på et display som er montert ved operatørstasjonen. Det vises i hvert fall: <ul style="list-style-type: none"> - Elektrodehøyder - Om riktig elektrodeverktøy er i bruk/tilhører gjeldene eroderingsprosess. 3. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	B	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan**3.1.8. Verktøy kontroll: tester verktøykontroll - elektrodedata for maskin**

Da designet for verktøykontroll – elektrodedata ikke krever at prosjektgruppen spesifiserer noen krav for maskin, vil dette punktet bortfalle.

Testplan

3.1.9. Verktøy kontroll: tester verktøykontroll - elektrodedata for elektro

Test-ID:	TBEVK_01	Relaterte koder:	BEVK_01, SK_21
Hva testes:	Funksjon verktøykontrollsystemet.		
Hvordan testes:	Funksjonell testing & inspeksjon.		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Operatør tilstede (kan samtidig være testobservatør) 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Som ved start av vanlig operasjon av systemet. • Elektrodene på elektrodeverktøyet som vil brukes på EDM-maskinen må freses. 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elektrodene freses i fresemaskinen (og får data ført inn i verktøykontrollsystemet). 2. Vanlig betjening og operasjon av systemet etter gjeldende instruks. Elektrodeverktøyet som har blitt frest brukes på EDM-maskinen. <ol style="list-style-type: none"> a. Testobservatører registrerer om verktøykontrollsystemet genererer: <ul style="list-style-type: none"> - verktøy ID - data fra fresemaskin 3. Testen avsluttes etter at det har blitt observert at dataoverføringen er vellykket. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

Test-ID:	TBEVK_02	Relaterte koder:	BEVK_02, BEVK_03, BEVK_04, BEVK_06, SK_22, SK_23, SK_24, SK_26
Hva testes:	Funksjon verktøykontrollsystemet.		
Hvordan testes:	Funksjonell testing & inspeksjon.		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Operatør tilstede (kan samtidig være testobservatør) 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Som ved start av vanlig operasjon av systemet. • Elektroderne på elektrodeverktøyet som vil brukes på EDM-maskinen må freses. 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elektroderne freses i fresemaskinen (og får data ført inn i verktøykontrollsystemet). <ol style="list-style-type: none"> a. Start av lesing av & skriving til verktøykontrollenhet skal indikeres med «SKRIVER» på et display. b. Avsluttet lesing av & skriving til verktøykontrollsystemet skal indikeres med «OK» eller «IKKE OK» på et display. c. Verktøy ID og elektrodedata kan leses fra displayet. 2. Elektrodeverktøyet hentes ut fresemaskinen etter fullført fresing og kan ikke kommunisere med verktøykontrollsystemet. <ol style="list-style-type: none"> a. Verktøy ID og elektrodedata kan hentes ut av systemet og vises på et display. Det kan også hentes ut den komplette historien av verktøyet som tilhører verktøy ID. 3. Vanlig betjening og operasjon av systemet etter gjeldende instruksjer. Elektrodeverktøyet som har blitt frest brukes på EDM-maskinen. <ol style="list-style-type: none"> a. Start av lesing av & skriving til verktøykontrollenhet skal indikeres med «SKRIVER» på et display. b. Avsluttet lesing av & skriving til verktøykontrollsystemet skal indikeres med «OK» eller «IKKE OK» på et display. c. Verktøy ID og elektrodedata kan leses fra displayet. 4. Etter fullført bearbeiding av EDM-maskinen tas elektrodeverktøyet ut EDM-maskinen og verktøyveksleren. Elektrodeverktøyet kan ikke kommunisere med verktøykontrollsystemet. <ol style="list-style-type: none"> a. Verktøy ID og elektrodedata kan hentes ut av systemet og vises på et display. Det kan også hentes ut den komplette historien av verktøyet som tilhører verktøy ID. 5. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	B	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

Test-ID:	TBEVK_03	Relaterte koder:	BEVK_05, BEVK_07, SK_25, SK_27
Hva testes:	Funksjon verktøykontrollsystemet.		
Hvordan testes:	Funksjonell testing & inspeksjon.		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Operatør tilstede (kan samtidig være testobservatør) 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Som ved start av vanlig operasjon av systemet. • Elektroderne på elektrodeverktøyet som vil brukes på EDM-maskinen må freses. 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elektroderne freses i fresemaskinen (og får data ført inn i verktøykontrollsystemet). <ol style="list-style-type: none"> a. Datakommunikasjon mellom fresemaskin og verktøykontrollsystemet gjør at fresemaskinen sender elektrodedata til i verktøykontrollsystemet. b. Lesing av & skriving til verktøykontrollenhet skjer automatisk. 2. Vanlig betjening og operasjon av systemet etter gjeldende instruks. Elektrodeverktøyet som har blitt frest brukes på EDM-maskinen. <ol style="list-style-type: none"> a. Datakommunikasjon mellom EDM-maskin og verktøykontrollsystemet gjør at EDM-maskinen får elektrodedata fra verktøykontrollsystemet. b. Lesing & skriving til verktøykontrollenhet skjer automatisk. 3. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	C	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

3.2 Testbeskrivelse prosjekt-tester

Hver test i dette delkapittelet blir beskrevet på samme måte som testene i kapittel 3.1:

Testbeskrivelse systemtester. Testene i dette delkapitlet er basert på tester som blir nevnt i kapittel 3.1: *Testbeskrivelse systemtester*, men er tilpasset situasjonen i designfasen. Et eksempel på en slik test kan finnes i dokumentet *Testspesifikasjonen*, kapittel 3.2: *Prosjekt-tester*. Her kan det også finnes en nærmere begrunnelse av disse testene.

Testplan

3.2.1 Verktøyveksler: tester overordnede brukerkrav

Test-ID:	TOB_04_D	Relaterte koder:	OB_04
Hva testes:	Konvertering til 0-punktsystem		
Hvordan testes:	Inspeksjon		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dokumentgrunnlaget som leveres til oppdragsgiveren (GAN) på slutten av prosjektet garanterer at det er teknisk mulig å montere et 0-punktsystem på maskinen. 2. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

3.2.2 Verktøyveksler: tester sikkerhet for verktøyveksler og EDM

Test-ID:	TBSVV_01_D	Relaterte koder:	BSVV_01, BSVV_05, SK_01A, SK_01B, SK_05
Hva testes:	Funksjon beskyttelsesbarrieren		
Hvordan testes:	Funksjonell testing, inspeksjon & målinger		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Operatør tilstede (kan samtidig være testobservatør) • Kalibrerte måleinstrumenter tilstede 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Ingen verktøy eller verkstykke er montert. • Beskyttelsesbarrieren står i senket stilling. • Ingen program som er aktivt. 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Øverste randen til beskyttelsesbarrieren er 180 cm over gulv-plan, med et avvik på maksimalt 3,4 cm (2 %) i hver retning. <ol style="list-style-type: none"> a. Høyden blir sjekket i programmet SolidWorks. 2. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

3.2.3 Verktøyveksler: tester verktøyveksler og EDM for maskin

Test-ID:	TBMVV_01_D	Relaterte koder:	BMVV_02, SK_08
Hva testes:	Funksjon verktøyveksler		
Hvordan testes:	Funksjonell testing & inspeksjon		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Operatør tilstede (kan samtidig være testobservatør) 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Som ved start av vanlig operasjon av systemet. 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verktøyveksleren har plass til minst 2 verktøy. <ol style="list-style-type: none"> a. Antallet blir sjekket i programmet SolidWorks. 2. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

Test-ID:	TBMVV_02_D	Relaterte koder:	BMVV_03, BMVV_04, SK_09, SK_10A, SK_10B
Hva testes:	Funksjon verktøyveksler		
Hvordan testes:	Funksjonell testing & inspeksjon		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Operatør tilstede (kan samtidig være testobservatør) 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Som ved start av vanlig operasjon av systemet. 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verktøyveksleren har plass til minst 2 verktøy. <ol style="list-style-type: none"> a. Antallet blir sjekket i programmet SolidWorks. 2. Dokumentgrunnlaget som leveres til oppdragsgiveren (GAN) på slutten av prosjektet garanterer at verktøyveksleren kan betjene alle typer elektrodeholdere som benyttes i de ulike eroderingsprosessene som utføres på EDM-maskinen. 3. Verktøyveksleren er designet for å ikke kunne krasje innen 10 uker etter bytting av holdegaffelen på den roterende veksleren eller lineærføringene på grunn av slitasje på holdegaffelen. <ol style="list-style-type: none"> a. Materialbruket til komponentene blir sjekket i programmet SolidWorks. 4. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	B	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Testplan

3.2.4 Verktøyveksler: tester ergonomi og arbeidsplass for maskin

Test-ID:	TBEA_01_D	Relaterte koder:	BEA_01, SK_11
Hva testes:	Ergonomi og arbeidsplass		
Hvordan testes:	Inspeksjon & målinger		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Kalibrerte måleinstrumenter tilstede 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Vilkårleg 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Høyden på verktøyveksleren er 130 cm, med et avvik på maksimalt 2,6 cm (2 %) i hver retning. <ol style="list-style-type: none"> a. Høyden blir målt fra gulv-plan (uten ergonomisk matte eller liknende) til senteret av innlastningsstedet. b. Høyden blir målt i programmet SolidWorks. 2. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	A	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Test-ID:	TBEA_03_D	Relaterte koder:	BEA_04, SK_14
Hva testes:	Ergonomi og arbeidsplass		
Hvordan testes:	Inspeksjon & målinger		
Oppstartkriterier:	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig påpekt (hvis ikke ligger ansvaret automatisk hos GAN, se kap. 2.1 & 2.10 i testspesifikasjonsdokumentet) • Testobservatører tilstede (minst 1 medlem fra prosjektgruppen & 1 medlem fra oppdragsgiver) • Kalibrerte måleinstrumenter tilstede 		
Status system ved start av test:	<ul style="list-style-type: none"> • Vilkårleg 		
Testscenario:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vekten til nye elektrodeholdere er minst 2 kg lavere enn vekten til dagens modell. <ol style="list-style-type: none"> a. Vekten blir kontrollert gjennom sjekk av data i programmet SolidWorks. 2. Testen avsluttes etter gjennomgang av alle de ovennevnte punktene. 		
Prioritering:	C	Hvem tester:	Prosjektgruppen

Oppgradering av EDM maskin 5129

Testrapport (rev. 1.0)		
Test-ID	TOB_01	Relaterte koder OB_01
Hva testes	Kompatibilitet mulighet til delautomatisering	
Hvordan testes	Inspeksjon	Testlokasjon HBV Kongsberg, rom C170/171
Testdato	18.05.2015	
Testresultat	Bestått / ikke bestått	

Involverte personer	
Oppdragsgiver	GKN Aerospace Norway
Testpreparering	Mark Steffens
Testutføring	Mark Steffens
Testobservatører	Erik Michalsen

Måleinstrumenter				
ID-nr.	Beskrivelse	Merk	Type	Serienr.

Testresultater
<p>Gjennomgang av de tekniske løsninger beskrevet i designdokumentet viser at det prosjekterte systemet er basert på delautomatisering, med mulighet til å helautomatisering i framtiden.</p>

Produksjonsoptimalisering

Oppgradering av EDM maskin 5129

Test-ID	TOB_01	Testdato	18.05.2015
----------------	--------	-----------------	------------

Observerte avvik
Ingen.

Eventuelle øvrige merknader
Ingen.

Godkjenning testrapport		
Underskrift testutfører	Underskrift testansvarlig	Underskrift oppdragsgiver

Oppgradering av EDM maskin 5129

Testrapport (rev. 1.0)		
Test-ID	TOB_02	Relaterte koder OB_02
Hva testes	CE-godkjenning	
Hvordan testes	Inspeksjon	Testlokasjon HBV Kongsberg, rom C170/171
Testdato	18.05.2015	
Testresultat	Bestått / ikke bestått	

Involverte personer	
Oppdragsgiver	GKN Aerospace Norway
Testpreparering	Mark Steffens
Testutføring	Mark Steffens
Testobservatører	Erik Michalsen

Måleinstrumenter				
ID-nr.	Beskrivelse	Merk	Type	Serienr.

Testresultater
<ul style="list-style-type: none"> • Risikovurderinger er dokumentert i dokumentgrunnlaget til prosjektet. • Designet følger delvis lovgivning og harmoniserte standarder. • Påkrevd dokumentasjonen er ikke komplett på grunn av at systemet ikke har blitt bygget og testet i praksis.

Oppgradering av EDM maskin 5129

Test-ID	TOB_02	Testdato	18.05.2015
----------------	--------	-----------------	------------

Observerte avvik
<ul style="list-style-type: none">• (Del)systemet må sjekkes på nytt om de oppfyller lovgivning og harmoniserte standarder. Prosjektgruppen har ikke kunnskapen for å kunne vurdere dette.• Ferdigstillelse av påkrevd dokumentasjon må gjennomføres etter bygging og testing av systemet.

Eventuelle øvrige merknader
Ingen.

Godkjenning testrapport		
Underskrift testutfører	Underskrift testansvarlig	Underskrift oppdragsgiver

Oppgradering av EDM maskin 5129

Testrapport (rev. 1.0)		
Test-ID	TOB_03	Relaterte koder OB_03
Hva testes	Kontinuitet leveranser (reserve)deler	
Hvordan testes	Inspeksjon	Testlokasjon HBV Kongsberg, rom C170/171
Testdato	18.05.2015	
Testresultat	Bestått / ikke bestått	

Involverte personer	
Oppdragsgiver	GKN Aerospace Norway
Testpreparering	Mark Steffens
Testutføring	Mark Steffens
Testobservatører	Erik Michalsen

Måleinstrumenter				
ID-nr.	Beskrivelse	Merk	Type	Serienr.

Testresultater
<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentasjonen viser at systemet har blitt basert på teknikk og materialer som er standard i dagens situasjon. • Leverandørene til utstyr og materialer anses til å være i stand til å kunne forsyne oppdragsgiveren med like eller bedre utstyr og materialer i framtiden. • Hvis utstyr ikke lenger produseres vil det finnes like eller bedre løsninger. • Tegningsunderlaget anses til å være klar nok til å kunne lage sammensatte deler.

Produksjonsoptimalisering

Oppgradering av EDM maskin 5129

Test-ID	TOB_03	Testdato	18.05.2015
----------------	--------	-----------------	------------

Observerte avvik
Ingen.

Eventuelle øvrige merknader
Ingen.

Godkjenning testrapport		
Underskrift testutfører	Underskrift testansvarlig	Underskrift oppdragsgiver

Oppgradering av EDM maskin 5129

Testrapport (rev. 1.0)		
Test-ID	TOB_04_D	Relaterte koder OB_04
Hva testes	Konvertering til 0-punktssystem	
Hvordan testes	Inspeksjon	Testlokasjon HBV Kongsberg. Rom C170/171
Testdato	18.05.2015	
Testresultat	Bestått / ikke bestått	

Involverte personer	
Oppdragsgiver	GKN Aerospace Norway
Testpreparering	Mark Steffens
Testutføring	Mark Steffens
Testobservatører	Erik Michalsen

Måleinstrumenter				
ID-nr.	Beskrivelse	Merk	Type	Serienr.

Testresultater
Det er dokumentert at det er teknisk mulig å montere et 0-punktssystem på maskinen.

Produksjonsoptimalisering

Oppgradering av EDM maskin 5129

Test-ID	TOB_04_D	Testdato	18.05.2015
----------------	----------	-----------------	------------

Observerte avvik
Ingen.

Eventuelle øvrige merknader
Ingen.

Godkjenning testrapport		
Underskrift testutfører	Underskrift testansvarlig	Underskrift oppdragsgiver

Oppgradering av EDM maskin 5129

Testrapport (rev. 1.0)		
Test-ID	TOB_05	Relaterte koder OB_05
Hva testes	Risikovurdering for verktøyveksler	
Hvordan testes	Inspeksjon	Testlokasjon HBV Kongsberg, rom C170/171
Testdato	18.05.2015	
Testresultat	Bestått / ikke bestått	

Involverte personer	
Oppdragsgiver	GKN Aerospace Norway
Testpreparering	Mark Steffens
Testutføring	Mark Steffens
Testobservatører	Erik Michalsen

Måleinstrumenter				
ID-nr.	Beskrivelse	Merk	Type	Serienr.

Testresultater
Det er dokumentert at det har blitt gjennomført en risikovurdering med hensyn til verktøyveksleren.

Oppgradering av EDM maskin 5129

Test-ID	TOB_05	Testdato	18.05.2015
----------------	--------	-----------------	------------

Observerte avvik
Ingen.

Eventuelle øvrige merknader
Ingen.

Godkjenning testrapport		
Underskrift testutfører	Underskrift testansvarlig	Underskrift oppdragsgiver

Oppgradering av EDM maskin 5129

Testrapport (rev. 1.0)		
Test-ID	TOB_06	Relaterte koder OB_06
Hva testes	Kompatibilitet med tiltenkt arbeidsmiljø	
Hvordan testes	Inspeksjon	Testlokasjon HBV Kongsberg, rom C170/171
Testdato	18.05.2015	
Testresultat	Bestått / ikke bestått	

Involverte personer	
Oppdragsgiver	GKN Aerospace Norway
Testpreparering	Mark Steffens
Testutføring	Mark Steffens
Testobservatører	Erik Michalsen

Måleinstrumenter				
ID-nr.	Beskrivelse	Merk	Type	Serienr.

Testresultater
<p>Det er dokumentert at det har blitt designet tiltak for å unngå skader som følge av de kjemiske egenskapene til dielektrikumvæske og forurensing fra frese- og eroderingsprosessen..</p>

Produksjonsoptimalisering

Oppgradering av EDM maskin 5129

Test-ID		Testdato	18.05.2015
----------------	--	-----------------	------------

Observerte avvik
Ingen.

Eventuelle øvrige merknader
Ingen.

Godkjenning testrapport		
Underskrift testutfører	Underskrift testansvarlig	Underskrift oppdragsgiver

Oppgradering av EDM maskin 5129

Testrapport (rev. 1.0)		
Test-ID	TOB_07	Relaterte koder OB_07
Hva testes	Kompatibilitet med foretrukket produsent	
Hvordan testes	Inspeksjon	Testlokasjon HBV Kongsberg, rom C170/171
Testdato	18.05.2015	
Testresultat	Bestått / ikke bestått	

Involverte personer	
Oppdragsgiver	GKN Aerospace Norway
Testpreparering	Mark Steffens
Testutføring	Mark Steffens
Testobservatører	Erik Michalsen

Måleinstrumenter				
ID-nr.	Beskrivelse	Merk	Type	Serienr.

Testresultater
<p>Det er dokumentert at verktøykontrollsystemet er basert på komponenter fra Balluff.</p>

Produksjonsoptimalisering

Oppgradering av EDM maskin 5129

Test-ID	TOB_07	Testdato	18.05.2015
----------------	--------	-----------------	------------

Observerte avvik
Ingen.

Eventuelle øvrige merknader
Ingen.

Godkjenning testrapport		
Underskrift testutfører	Underskrift testansvarlig	Underskrift oppdragsgiver

Oppgradering av EDM maskin 5129

Testrapport (rev. 1.0)		
Test-ID	TOB_08	Relaterte koder OB_08
Hva testes	Lønnsomhetsanalyse	
Hvordan testes	Inspeksjon	Testlokasjon HBV Kongsberg, rom C170/171
Testdato	18.05.2015	
Testresultat	Bestått / ikke bestått	

Involverte personer	
Oppdragsgiver	GKN Aerospace Norway
Testpreparering	Mark Steffens
Testutføring	Mark Steffens
Testobservatører	Erik Michalsen

Måleinstrumenter				
ID-nr.	Beskrivelse	Merk	Type	Serienr.

Testresultater
<p>Det er dokumentert at investeringen kan betales ned innen 1 år.</p>

Produksjonsoptimalisering

Oppgradering av EDM maskin 5129

Test-ID		Testdato	18.05.2015
----------------	--	-----------------	------------

Observerte avvik
Ingen.

Eventuelle øvrige merknader
Ingen.

Godkjenning testrapport		
Underskrift testutfører	Underskrift testansvarlig	Underskrift oppdragsgiver

Oppgradering av EDM maskin 5129

Testrapport (rev. 1.0)		
Test-ID	TOB_09	Relaterte koder OB_09
Hva testes	Kompatibilitet med foretrukket produsent	
Hvordan testes	Inspeksjon	Testlokasjon HBV Kongsberg, rom C170/171
Testdato	18.05.2015	
Testresultat	Bestått / ikke bestått	

Involverte personer	
Oppdragsgiver	GKN Aerospace Norway
Testpreparering	Mark Steffens
Testutføring	Mark Steffens
Testobservatører	Erik Michalsen

Måleinstrumenter				
ID-nr.	Beskrivelse	Merk	Type	Serienr.

Testresultater
Det er dokumentert at styresystemet til verktøyveksleren styres av en Siemens PLS.

Produksjonsoptimalisering

Oppgradering av EDM maskin 5129

Test-ID		Testdato	18.05.2015
----------------	--	-----------------	------------

Observerte avvik
Ingen.

Eventuelle øvrige merknader
Ingen.

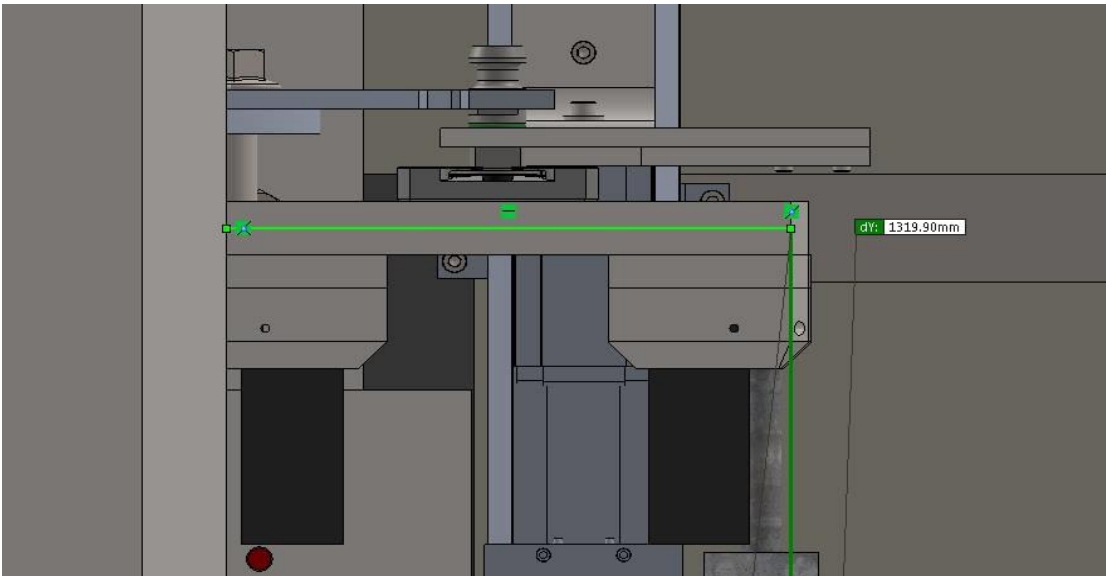
Godkjenning testrapport		
Underskrift testutfører	Underskrift testansvarlig	Underskrift oppdragsgiver

Oppgradering av EDM maskin 5129

Testrapport (rev. 1.0)		
Test-ID	TBEA_01_D	Relaterte koder BEA_01, SK_11
Hva testes	Ergonomi og arbeidsplass	
Hvordan testes	Inspeksjon & målinger	Testlokasjon HBV, rom E136
Testdato	12.05.2015	
Testresultat	Bestått / ikke bestått	

Involverte personer	
Oppdragsgiver	GKN aerospace Norway
Testpreparering	Mark Steffens
Testutføring	Eirik Brendeløkken
Testobservatører	Erik Michalsen

Måleinstrumenter				
ID-nr.	Beskrivelse	Merk	Type	Serienr.

Testresultater
<p>Ved hjelp av måleverktøyet i programmet SolidWorks er høyden på verktøyveksleren fra gulv-plan til senteret av innlastningsstedet lik 131,9 cm. Se bilde av resultatet under.</p> 

Produksjonsoptimalisering
Oppgradering av EDM maskin 5129

Test-ID	TBEA_01_D	Testdato	12.05.2015
----------------	-----------	-----------------	------------

Observerte avvik
Høyden er målt til 131,9 cm. Testscenario tillater et avvik på maksimalt 2,6 cm (2% av 130 cm) i hver retning. Måleverdien er innenfor toleransen.

Eventuelle øvrige merknader
Ingen.

Godkjenning testrapport		
Underskrift testutfører	Underskrift testansvarlig	Underskrift oppdragsgiver

Oppgradering av EDM maskin 5129

Testrapport (rev. 1.0)		
Test-ID	TBEA_03_D	Relaterte koder BEA_04, SK_14
Hva testes	Ergonomi og arbeidsplass	
Hvordan testes	Inspeksjon & målinger	Testlokasjon HBV, rom E134
Testdato	12.05.2015	
Testresultat	Bestått / ikke bestått	

Involverte personer	
Oppdragsgiver	GKN Aerospace Norway
Testpreparering	Mark Steffens
Testutføring	Eirik Brendeløkken
Testobservatører	Erik Michalsen

Måleinstrumenter				
ID-nr.	Beskrivelse	Merk	Type	Serienr.

Testresultater
<p>Dagens elektrodeholdere har blitt målt med ukalibrert utstyr. Vekten ble målt til 7 kilogram. Testing i Solidworks viser at hvis materialet til holderen blir spesifisert som aluminium, blir vekten på holderen 4,8 kilogram.</p> <p>Testresultatet viser at vektforskjellen er mer enn 2 kilogram.</p>

Produksjonsoptimalisering
Oppgradering av EDM maskin 5129

Test-ID	TBEA_03_D	Testdato	12.05.2015
----------------	-----------	-----------------	------------

Observerte avvik
Ingen.

Eventuelle øvrige merknader
Vekten målt med det ukalibrerte utstyret antas til å være nøyaktig nok til å kunne brukes i testen.

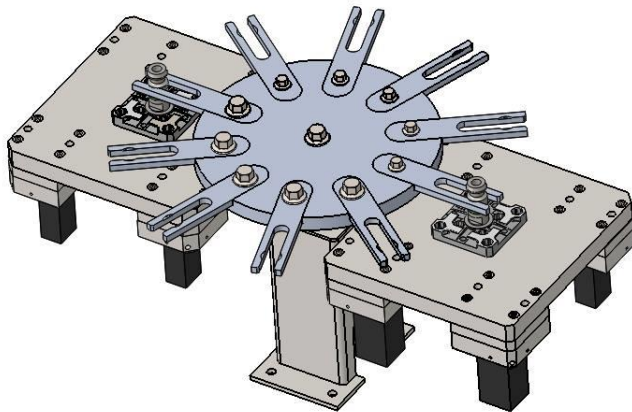
Godkjenning testrapport		
Underskrift testutfører	Underskrift testansvarlig	Underskrift oppdragsgiver

Oppgradering av EDM maskin 5129

Testrapport (rev. 1.0)		
Test-ID	TBMVV_01_D	Relaterte koder BMVV_02, SK_08
Hva testes	Funksjon verktøyveksler	
Hvordan testes	Funksjonell testing & inspeksjon	Testlokasjon HBV Kongsberg, rom 170/171
Testdato	16.05.2015	
Testresultat	Bestått / ikke bestått	

Involverte personer	
Oppdragsgiver	GKN Aerospace Norway
Testpreparering	Mark Steffens
Testutføring	Eirik Brendeløkken
Testobservatører	Erik Michalsen

Måleinstrumenter				
ID-nr.	Beskrivelse	Merk	Type	Serienr.

Testresultater
<p>Ved visuell inspeksjon av modellen for den roterende verktøyveksleren i programmet SolidWorks konkluderes det med at det er plass til to elektrodeholdere av dagens modell. Det er i tillegg åtte ledige plasser i verktøyveksleren som kan benyttes av mindre elektrodeholdere. Bilde av resultatet vises under:</p> 

Produksjonsoptimalisering
Oppgradering av EDM maskin 5129

Test-ID	TBMVV_01_D	Testdato	16.05.2015
----------------	------------	-----------------	------------

Observerte avvik
Ingen.

Eventuelle øvrige merknader
Ingen.

Godkjenning testrapport		
Underskrift testutfører	Underskrift testansvarlig	Underskrift oppdragsgiver

Oppgradering av EDM maskin 5129

Testrapport (rev. 1.0)		
Test-ID	TBMVV_02_D	Relaterte koder BMVV_03, BMVV_04, SK_09, SK_10A, SK_10B
Hva testes	Funksjon verktøyveksler	
Hvordan testes	Funksjonell testing & inspeksjon	Testlokasjon HBV Kongsberg, rom C170/171
Testdato	16.05.2015	
Testresultat	Bestått / ikke bestått	

Involverte personer	
Oppdragsgiver	GKN Aerospace Norway
Testpreparering	Mark Steffens
Testutføring	Eirik Brendeløkken
Testobservatører	Erik Michalsen

Måleinstrumenter				
ID-nr.	Beskrivelse	Merk	Type	Serienr.

Testresultater
<p>Ved visuell inspeksjon av modellen for den roterende verktøyveksleren i programmet Solidworks konkluderes det med at det er plass til to elektrodeholdere av dagens modell. Det er i tillegg åtte ledige plasser i verktøyveksleren som kan benyttes av mindre elektrodeholdere.</p> <p>Da elektrodeholderne som skal benyttes i EDM-maskin 5129 er den største som brukes pr. i dag. Dette betyr at disse, og andre elektrodeholdere vil passe i den roterende verktøyveksleren. Kontrollert i programmet Solidworks.</p>

Oppgradering av EDM maskin 5129

Test-ID	TBMVV_02_D	Testdato	16.05.2015
----------------	------------	-----------------	------------

Observerte avvik
<p>Punkt 3 i testbeskrivelsen lar seg ikke gjennomføre på nåværende tidspunkt. Dette er fordi prosjektgruppen mangler kunnskap til å kunne gjennomføre testen i Solidworks.</p>

Eventuelle øvrige merknader
<p>Informasjon gitt av GAN om dagens modell av de byttbare holderne (som er i sammen materialet som de nye) sier at levetiden er ca. 10 uker.</p>

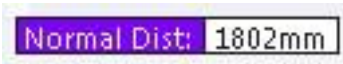
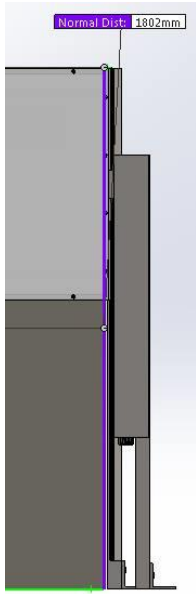
Godkjenning testrapport		
Underskrift testutfører	Underskrift testansvarlig	Underskrift oppdragsgiver

Oppgradering av EDM maskin 5129

Testrapport (rev. 1.0)		
Test-ID	TBSVV_01_D	Relaterte koder BSVV_01, BSVV_05, SK01_A, SK_01B, SK_05
Hva testes	Funksjon verktøyveksler	
Hvordan testes	Funksjonell testing & inspeksjon	Testlokasjon HBV Kongsberg, rom C170/171
Testdato	16.05.2015	
Testresultat	Bestått / ikke bestått	

Involverte personer	
Oppdragsgiver	GKN Aerospace Norway
Testpreparering	Mark Steffens
Testutføring	Eirik Brendeløkken
Testobservatører	Erik Michalsen

Måleinstrumenter				
ID-nr.	Beskrivelse	Merk	Type	Serienr.

Testresultater
<p>Etter måling i programmet SolidWorks, som viser at barrierens overkant er 180,2 cm, godkjennes testen. Resultatet er vist i bilde under:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>

Oppgradering av EDM maskin 5129

Test-ID	TBSVV_01_D	Testdato	16.05.2015
----------------	------------	-----------------	------------

Observerte avvik
Høyden på overkant beskyttelsesbarriere er på 180,2 cm. Dette er en avvik på 0,2 cm, men fortsatt innenfor avviksgrensen på (2%).

Eventuelle øvrige merknader
Ingen.

Godkjenning testrapport		
Underskrift testutfører	Underskrift testansvarlig	Underskrift oppdragsgiver



Konsept

Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM-maskin 5129

Prosjekt gruppe: Eirik Brendeløkken (EB)

Morten A. Kjær (MK)

Erik Michalsen (EM)

Mark A. Steffens (MS)

Prosjektleder: Erik Michalsen

Intern veileder: Kjell Enger

Kunde: GKN Aerospace Norway AS

Ekstern veileder: Even Engebakken

Konsept

Sammendrag

Dette dokumentet omhandler utvikling og evaluering av konsepter for EDM-maskin 5129. Rett valg av konsept har en sterk innflytelse på produktpris, holdbarhet, robusthet og funksjonalitet. For å vurdere konseptløsninger opp mot hverandre, kan det være nyttig å benytte seg av effektive Systems Engineering metoder. De har ulike mål for å hjelpe til med å gjøre riktig avgjørelse. Noen er komplementære, mens andre kan gi motstridende resultater. I dette dokumentet er det brukt 3 metoder for valg av konsept, beslutningsmatrise, «House Of Quality» (HOQ) og Analytisk Hierarkisk Prosess (AHP). Beregninger i AHP brukes til å sammenligne disse konseptløsningene til å oppnå objektive vurderinger. Videre godkjenning er nødvendig for valg av konsept.

Konsept

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	1
1.1. Formål med dokument	1
1.2. Liste over definisjoner og forkortelser	2
1.3. Oversikt	4
1.4. Referanser	5
2. Dokumenthistorie	7
3. Fremgangsmåte.....	10
3.1. Systems Engineering metoder	12
3.1.1. Funksjonsmodeller	12
3.1.2. House of Quality.....	16
3.1.3. Beslutningsmatriser	21
3.1.4. Analytisk Hierarkisk Prosesser	31
4. Prosessbeskrivelse.....	40
4.1. Dagens system og utfordringer	40
4.2. Innspenningssystem.....	42
4.3. Beskyttelsesbarriere.....	46
4.4. Prosessmulighet 1	51
4.5. Prosessmulighet 2.....	52
4.6. Prosessmulighet 3	53
4.6.1. Funksjonell dekomponering av EDM-maskin.....	54
4.6.2. Funksjonell dekomponering av verktøyveksler	57
4.6.3. Funksjonell dekomponering av verktøykontroll	58
5. Overordnet konseptideer	60
5.1. Ikke-gjennomførbare konsepter.....	63
5.2. Konsept P1_Rob: Robotarm med stasjonært verktøyrack.....	63
5.3. Konsept P1_Vink: Vinkelstag	65
5.4. Konsept P1_Rull: Rullebånd	66
5.5. Gjennomførbare konsepter:	67
5.6. Konsept P1_Rot: Roterende hengende verktøyveksler med heis og skinner.	67
5.7. Konsept P1_Lin: Lineær aktuator med X, Y og Z-akse bevegelser og verktøyrack.	69
5.8. Konsept P2_Rot: Roterende hengende verktøyveksler med heis og skinner.	71
5.9. Konsept P2_Lin: Lineær aktuator med X –og Z-akse bevegelser.	73
5.10. Konsept P3_EIMA: EIMA (Ergonomisk Industriell Manipulator Arm)	75
5.11. Verktøykontroll.....	77
6. Vurdering av konsepter	81
6.1. House of Quality (HOQ)	81
6.2. Beslutningsmatriser (Pugh metoden).....	84
6.3. P1_Rot	84
6.4. P1_Lin	87

Konsept

6.5.	P2_Rot	91
6.6.	P2_Lin	95
6.7.	P3_EIMA.....	99
6.8.	Analytic Hierarchy Process	103
7.	Sammenlikning av metoder	114
8.	Underkonsept ideer til overordnet konsept	115
8.1.	P2_Lin_Ide1:	116
8.2.	P2_Lin_Ide2:	118
8.3.	P2_Lin_Ide3:	120
9.	Risikoanalyse av valgt konsept.....	123
10.	Konklusjon og videre arbeid	129

Tabelloversikt

Tabell 1.	Liste over definisjoner og forkortelser	3
Tabell 2.	Eksempel på IPO metode 2	15
Tabell 3.	Oversikt over kriterier og vektlegging	22
Tabell 4.	Sammenlikningsgrunnlag for kriterier	23
Tabell 5.	Tilknyttede krav	24
Tabell 6.	Vurderingskriterier	25
Tabell 7.	Beslutningsmatrise for overordnet konsept.....	26
Tabell 8.	Sammenligning av overordnede konseptideer	28
Tabell 9.	Løsningsvurdering.....	29
Tabell 10.	Beslutningsmatrise for underkonsept innenfor et overordnet konsept.....	30
Tabell 11.	Viktighetsgrad av kriterier.....	33
Tabell 12.	Vekting av kriterier	33
Tabell 13.	Innledende Parvis Sammenligning Matrise.....	33
Tabell 14.	Komplett Parvis Sammenligning Matrise	34
Tabell 15.	Matrise konvertert til desimaler	34
Tabell 16.	Normalisering av Parvis Sammenligning Matrise.....	36
Tabell 17.	Tilfeldig Indeks	38

Konsept

Tabell 18. Endelig Matrise	39
Tabell 19. Endring av Endelig Matrise.....	39
Tabell 20. Fordeler og ulemper ved prosessmulighet 1.....	51
Tabell 21. Fordeler og ulemper ved prosessmulighet 2.....	52
Tabell 22. Fordeler og ulemper ved prosessmulighet 3.....	53
Tabell 23. Evalueringskriterier	61
Tabell 24. Førevaluering av konsepter	61
Tabell 25. Overordnet kostnader til konsept P1_Rob	63
Tabell 26. Overordnet kostnader til konsept P1_Rot	68
Tabell 27. Overordnet kostnader til konsept P1_Lin.....	70
Tabell 28. Overordnet kostnader til konsept P2_Rot	72
Tabell 29. Overordnet kostnader til konsept P2_Lin.....	74
Tabell 30. Overordnet kostnader til konsept P3_EIMA	76
Tabell 31. Sammenlikning av forskjellige verktøykontrollsystemer.....	78
Tabell 32. Oversikt over kravene som stilles til verktøykontrollsystemet	79
Tabell 33. Beslutningsmatrise til konsept P1_Rot	84
Tabell 34. Beslutningsmatrise til konsept P1_Lin.....	87
Tabell 35. Beslutningsmatrise til konsept P2_Rot	91
Tabell 36. Beslutningsmatrise til konsept P2_Lin.....	95
Tabell 37. Beslutningsmatrise til konsept P3_EIMA	99
Tabell 38. Sammenligning av konsepter	102
Tabell 39. Parvis Sammenligning Matrise - Investeringsanalyse.....	103
Tabell 40. Normalisering av Parvis Sammenligning Matrise - Investeringsanalyse.....	103
Tabell 41. Parvis Sammenligning Matrise – HMS.....	105
Tabell 42. Normalisering av Parvis Sammenligning Matrise – HMS.....	105
Tabell 43. Parvis Sammenligning Matrise - Fleksibilitet.....	107
Tabell 44. Normalisering av Parvis Sammenligning Matrise - Fleksibilitet.....	107
Tabell 45. Parvis Sammenligning Matrise - Usikkerhet.....	109

Konsept

Tabell 46. Normalisering av Parvis Sammenligning Matrise - Usikkerhet.....	109
Tabell 47. Parvis Sammenligning Matrise - Fremtidig utvikling.....	111
Tabell 48. Normalisering av Parvis Sammenligning Matrise - Fremtidig utvikling	111
Tabell 49. Endelig Matrise	113
Tabell 50. Endring av Endelig Matrise.....	113
Tabell 51. Resultat AHP	113
Tabell 52. Sammenligning av metoder.....	114
Tabell 53. Beslutningsmatrise - Valg av underkonsept.....	122
Tabell 54. Konsekvensanalyse	123
Tabell 55. Sannsynlighetsanalyse.....	124
Tabell 56. Fargekoder for risiko	124
Tabell 57. Risikomatrise.....	125
Tabell 58. Analysering av risikoer knyttet til konseptvalg.....	126
Tabell 59. Kommentarer og tiltak	128

Figuroversikt

Figur 1. Fremgangsmåte i dokument	11
Figur 2. Eksempel på posisjonskontrollsystem	13
Figur 3. Eksempel på FFBD struktur	14
Figur 4. Eksempel på IPO metode 1	15
Figur 5. House of Quality	17
Figur 6. Eksempel på bruk av målområdet HOQ	20
Figur 7. Fremgangsmåte AHP.....	32
Figur 8. Hierarkisk modell	32
Figur 9. EDM-maskin i normal posisjon med verktøyveksler posisjon	41
Figur 10. System 3R - Svalesspor teknologi.....	42
Figur 11. 3R-600.1-30 automatisk chuck og 3R-600.20 manuell chuck.....	44
Figur 12. 3R-A3620 adapterplate	44

Konsept

Figur 13. 3R-600.14-30 automatisk chuck og 3R-600.28-S manuell chuck	45
Figur 14. 3R-A26675 adapterplate	45
Figur 15. Dagens beskyttelsesbarriere	46
Figur 16. Fastmontert barriere på EDM-maskin	47
Figur 17. Bevegelig barriere på EDM-maskin	49
Figur 18. EDM-maskinens bevegelser i x-y-z retninger	52
Figur 19. EIMA system	53
Figur 20. Dekomponering av EDM-maskin	54
Figur 21. Sekvensbeskrivelse IPO	56
Figur 22. Dekomponering av verktøyveksler	57
Figur 23. Dekomponering av verktøykontroll	58
Figur 24. Robotarm med stasjonært verktøyrack	63
Figur 25. Vinkelstag	65
Figur 26. Rullebånd	66
Figur 27. Roterende hengende verktøyveksler med heis og skinner	68
Figur 28. Lineær aktuator med X,Y og Z-akse bevegelser og verktøyrack	70
Figur 29. Roterende hengende verktøyveksler med heis og skinner	72
Figur 30. Lineær aktuator med X -og Z-akse bevegelser	74
Figur 31. EIMA (Ergonomisk Industriell Manipulator Arm).....	76
Figur 32. House of Quality laget og brukt av prosjektgruppen	82
Figur 33. Forklaring brukte tall og symboler i House of Quality	83
Figur 34. P2_Lin_Ide1	117
Figur 35. P2_Lin_Ide2.....	119
Figur 36. P2_Lin_Ide3.....	120

Formeloversikt

Formel 1. Beslutningsmatrise, poeng	25
Formel 2. Beslutningsmatrise, poengsum.....	25

Konsept

Formel 3. Beslutningsmatrise, totalsum	26
Formel 4. Parvis Sammenligning Matrise	33
Formel 5. Summer verdi i hver kolonne.....	35
Formel 6. Normalisering	35
Formel 7. Prioriteringsvektor	35
Formel 8. Konsistens Ratio og Konsistens Indeks	37
Formel 9. Vektet Sum Vektor.....	37
Formel 10. Konsistens Vektor	37
Formel 11. Egenverdi	38
Formel 12. Vektet Sum Vektor - Investeringsanalyse.....	103
Formel 13. Konsistens Vektor - Investeringsanalyse	103
Formel 14. Egenverdi – Investeringsanalyse.....	104
Formel 15. Konsistens Indeks - Investeringsanalyse.....	104
Formel 16. Konsistens Ratio - Investeringsanalyse	104
Formel 17. Vektet Sum Vektor - HMS	105
Formel 18. Konsistens Vektor - HMS	106
Formel 19. Egenverdi - HMS	106
Formel 20. Konsistens Indeks - HMS	106
Formel 21. Konsistens Ratio – HMS.....	106
Formel 22. Vektet Sum Vektor - Fleksibilitet	107
Formel 23. Konsistens Vektor - Fleksibilitet	108
Formel 24. Egenverdi - Fleksibilitet.....	108
Formel 25. Konsistens Indeks - Fleksibilitet	108
Formel 26. Konsistens Ratio - Fleksibilitet	108
Formel 27. Vektet Sum Vektor - Usikkerhet.....	109
Formel 28. Konsistens Vektor - Usikkerhet	109
Formel 29. Egenverdi - Usikkerhet	110
Formel 30. Konsistens Indeks - Usikkerhet.....	110

Konsept

Formel 31. Konsistens Ratio - Usikkerhet	110
Formel 32. Vektet Sum Vektor - Fremtidig utvikling	111
Formel 33. Konsistens Vektor - Fremtidig utvikling	111
Formel 34. Egenverdi - Fremtidig utvikling.....	112
Formel 35. Konsistens Indeks - Fremtidig utvikling.....	112
Formel 36. Konsistens Ratio - Fremtidig utvikling.....	112

Vedlegg

Vedlegg A: *Prosjektmandat*

1. Innledning

1.1. Formål med dokument

Formålet med dette dokumentet er å hjelpe prosjektgruppen med å bestemme rett valg av konsept ved hjelp av ulike Systems Engineering metoder. Utviklingsfasen av prosjektperioden anses å være den vanskeligste når man skal skape et produkt. Valg av konsept påvirker i stor grad kostnader, robusthet, produserbarhet, testbarhet, antall og omfang av modifikasjoner og funksjonalitet.

En konseptvalgutredning er en iterativ prosess hvor målet er å anbefale ett konsept. Det anbefalte konseptet baserer seg på identifiserte behov og de målene virksomheten har for investeringen. Utredningen inkluderer usikkerhetsanalyser av utvalgte alternativer, samt en vurdering av nytte opp mot kostnaden av investeringen.

Utviklingsfasen påvirker betydelig om det endelige konseptet vil være oppnådd, noe som resulterer i høyere fortjeneste, eller om den vil ha grunnleggende feil som ofte vil kreve kostbare endringer.

Konsept

1.2. Liste over definisjoner og forkortelser

Definisjoner/forkortelser	Beskrivelse
AHP	Analytic Hierarchy Process
CNC	Computer Numerical Control
EDM	Electrical Discharge Machining
Elektrodedata	Registrering av elektrodedata eller høyde av elektrodene etter en freseprosess i CNC-maskin.
Elektrodeholder	En stålplate hvor det er festet fire elektroder
Eroderingsprosess	Den elektriske energien fra strømforsyningen endret til ønsket resultat ved nøye utviklet og kontrollert pulsgeneratorer.
Exeron	Leverandør av EDM løsninger
FBD	Function Block Diagram
FFBD	Functional Flow Block Diagram
GAN	GKN Aerospace Norway
Grafittblokk	Elektroder blir frest ut fra en grafittblokk
HMS	Helse, Miljø og Sikkerhet
HOQ	House of Quality
Interessenter	En person eller organisasjon som kan påvirke eller bli påvirket av prosjektet
IPO	Input-Process-Output
ISO	International Organization for Standardization
KTT	Kongsberg Terotech
SE	Systems Engineering

Konsept

QFD	Quality Function Deployment
VANE	En av flere avdelinger hos GAN. Spesialiserer seg på maskinering av vanes.
Verktøykontroll	Navnet på styringsenheten ved hjelp av en RFID løsning.
Verktøyveksler	En automatisk prosess som tillater inn- og utlasting av elektrodeholdere
3R	Innspenningssystem til elektrodeholder

Tabell 1. Liste over definisjoner og forkortelser

Konsept

1.3. Oversikt

Dette dokumentet er satt opp på slik måte at det tilfredsstiller intern og ekstern veileder.

Kapittel 3 beskriver hvordan dokumentet er satt sammen. I dette kapitlet vil man få en forståelse ved bruk av ulike Systems Engineering metoder.

Kapittel 4 beskriver dagens system og utfordringer det har. Kapitlet tar for seg tre ulike prosessmuligheter som kan erstatte dagens system.

Kapittel 5 beskriver alle konseptløsninger prosjektgruppen har kommet opp med underveis i utredningen. Konseptene skal inneholde en kort systembeskrivelse, liten kostnadsramme og konklusjon. Det skilles mellom ikke-gjennomførbare konsepter og gjennomførbare konsepter.

Kapittel 6 beskriver de vurderingene som har blitt tatt ved hjelp av ulike Systems Engineering metoder. De bidrar til rett valg av overordnet konsept.

Kapittel 7 beskriver en sammenlikning av resultatene som ble utredet i kapittel 6.
Vurdering av konsepter.

Kapittel 8 beskriver konseptløsninger for det overordnede konseptet som ble valgt i kapittel 7. *Sammenlikning av metoder.* En ny vurdering blir gjennomført sikre rett valg av konsept.

Kapittel 9 beskriver en risikoanalyse om prosjektgruppen har valgt rett konsept.

Kapittel 10 beskriver en konklusjon om hvilket konsept som prosjektgruppen skal designe i fase 3 av prosjektet. I tillegg beskriver den videre arbeid i prosjektet.

Konsept

1.4. Referanser

[1] – Designwiki. (2013). Weighted Decision Matrix, Link:

http://deseng.ryerson.ca/dokuwiki/design:weighted_decision_matrix

[2] – Xiao, A. Park, S. S. Freiheit, T. University of Calgary, Canada. A Comparison of Concept Selections in Concept Scoring and Axiomatic Design Methods, (PDF).

[3] – Obaidat, W. Dwairi, Dr. A. (2008). Product Design & Development, Concept Evaluation and Selection, Link:

<http://www.slideshare.net/QRCE/concept-evaluation-and-selection-presentation>

[4] Department of Engineering Education, Virginia Tech. (2015). Pugh method or dicisin matrix method. Link:

http://www.enge.vt.edu/terpenny/Smart/Virtual_econ/Module2/pugh_method.htm

[5] Holte consulting. (2014). *Konseptvalgutredning - KVU*. Hentet 16.02.2015, fra

<http://www.holteconsulting.no/artikkel/kvu-konseptvalgutredning>

[6] Pasa, M. (2010). *ANALYTIC HIERARCHY PROCESS APPROACH TO DECISIONS ON INSTRUCTIONAL SOFTWARE*. Hentet 22.02.2015, fra

https://www.academia.edu/347533/ANALYTIC_HIERARCHY_PROCESS_APPROACH_TO_DECISIONS_ON_INSTRUCTIONAL_SOFTWARE

[7] Coyle, G. (2004). *THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)*. Hentet 22.02.2015, fra

http://www.booksites.net/download/coyle/student_files/AHP_Technique.pdf

[8] Bunruamkaew, K. (2012). *How to do AHP analysis in Excel*. Hentet 22.02.2015, fra

http://giswin.geo.tsukuba.ac.jp/sis/gis_seminar/How%20to%20do%20AHP%20analysis%20in%20Excel.pdf

[9] Lind, J. Schurba, A (2003). *Facility Location Planning using the Analytic Hierarchy Process*. Hentet 22.02.2015, fra

www.wiwi.uni-frankfurt.de/~luft/vortrag/Thema5.ppt

[10] Börjesson, F. Jiran, S (u.å.). *Modular Function Deployment® Concepts: QFD*. Hentet 28.02.2015, fra

<http://modularmanagement.com/en/articles/modular-function-deployment-concepts-qfd>

Konsept

[11] Hauser, J. Clausing, D (1988). *The House of Quality*. Hentet 28.02.2015, fra <https://hbr.org/1988/05/the-house-of-quality/ar/1>

[12] Lowe, A (2000). *QFD tutorial*. Hentet 28.02.2015, fra <http://www.webducate.net/qfd/qfd.html>

Konsept

2. Dokumenthistorie

Versjon	Kommentar	Forfatter	Dato
0.1	<ul style="list-style-type: none"> Dokument opprettet. 	EM	16.02.2015
0.2	Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> 3. Fremgangsmåte 4. Funksjonelle krav 5. Analyse av konsept 6. Analyse av design 7. Vurdering av designkonsept 8. Sammenligning av metoder 9. Konklusjon og videre arbeid 	EM	19.02.2015
0.3	Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> Pugh matrise Generelle endringer i dokumentoppsett AHP 	EM, EB	22.02.15
0.4	Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> Dokumentoppsett 	EM	23.02.15
0.5	Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> 4.0. Funksjonelle krav til ”<i>Prosessbeskrivelse</i>” 	EM, MK	02.03.15
0.6	Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> Innledning for beslutningsmatrise. Dokumentoppbygging. Tabeller (beslutningsmatrisen og kriterier). Vekt av kriterier og temaer. 	EB	09.03.2015

Konsept

0.7	Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> • 3.1. SE-approach med underpunkter Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> • Store deler av dokumentoppsett • Oppdatert ”Liste over definisjoner og forkortelser” • Oppdatert ”Tabell- og figuroversikt” 	EM	10.03.2015
0.8	Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> • Formeloversikt • 3.1. Innhold til punkt • 5.0. Konseptideer • 6.0. Innhold til punkt og underkapitler Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> • Endret kapittelnummerering etter 5.0. ”Konseptideer” • 3.1. Tittel til ”SE-metoder” • 7.0. Tittel til ”Vurdering av konsept” • Oppdatert ”Tabell- og figuroversikt” • Oppdatert 1.4. ”Referanser” 	EM, EB	12.02.2015
0.9	Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> • 6.4. Verktøykontroll Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> • 3.1. Tittel til ”Systems Engineering metoder” • Oppdatert ”Tabell, figur -og formeloversikt” • Oppdatert dokumentstruktur • Lest korrektur og endret ved behov 	EM	16.03.2015

Konsept

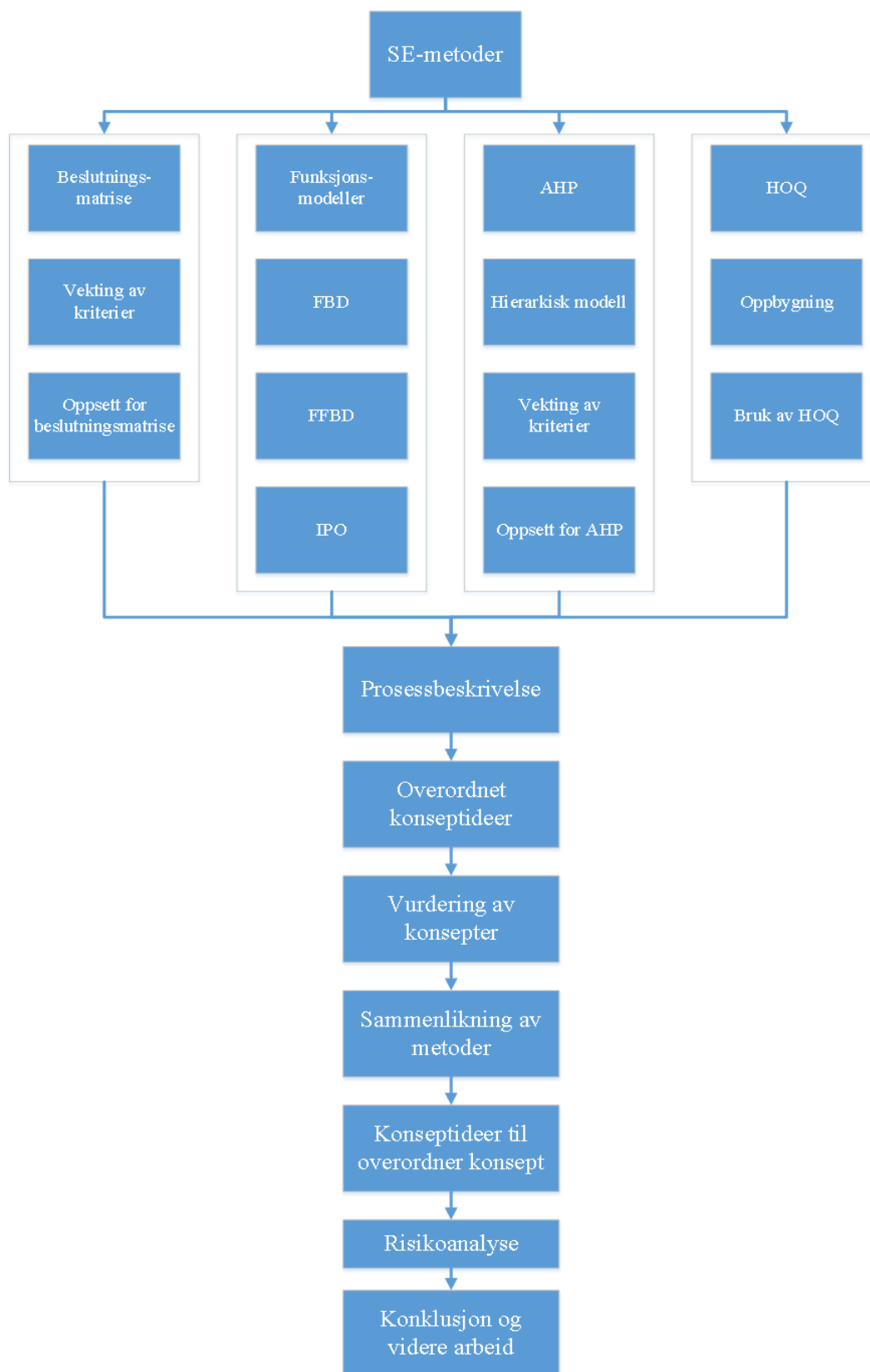
0.10	Lagt til: <ul style="list-style-type: none"> • Kapittel 6.0. Vurdering av konsepter • Innhold i 6.1. og 6.3. • Kapittel 8.0. Konseptideer til overordnet konsept • Kapittel 9.0. Risikoanalyse av valgt konsept Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> • Endret tittel 5.0. til ”Overordnet konseptideer” • Fjernet kapittel 6.0. Analyse av konsept • Kapittel ”Konklusjon og videre arbeid” er nå 10.0. 	EM, EB	18.03.2015
1.0	Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> • Dokumentet er godkjent som rev.1.0. 	EM	21.03.2015
2.0	Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none"> • Dokumentet er godkjent som rev.2.0. 	EM	16.05.2015

Konsept

3. Fremgangsmåte

Fremgangsmåten i dette dokumentet er vist i figuren (fig. 1) på neste side. Først velger prosjektgruppen ut noen Systems Engineering metoder som skal bidra til rett valg av konsept. Videre vil dagens prosess og utfordringer av systemet bli beskrevet. Deretter blir forslag til konsept utarbeidet basert på flere konseptløsninger. Konseptløsningene blir evaluert ved hjelp av de ulike Systems Engineering metodene beskrevet tidligere i dokumentet for å sikre rett valg av konsept. Etter at prosjektgruppen har valgt et konsept skal det utføres en risikoanalyse. Til slutt konkluderes resultatene og videre arbeid i prosjektet er beskrevet.

Konsept



Figur 1. Fremgangsmåte i dokument

Konsept

3.1. Systems Engineering metoder

Dette kapitlet tar for seg ulike Systems Engineering metoder som bidrar prosjektgruppen til å forstå kundens behov, analysering av konseptmuligheter og til slutt valg av rett konsept.

3.1.1. Funksjonsmodeller

I dette avsnittet skal vi se på funksjonsmodeller som er et Systems Engineering verktøy, og hvorfor dette verktøyet burde brukes i denne type prosjektfase.

Hvorfor bruke funksjonsmodeller

Funksjonsmodeller er et Systems Engineering verktøy som brukes i prosjektfaser hvor det lønner seg å dele opp eller lage strukturer som beskriver ønsket handling fra forskjellige funksjoner. Strukturer bygges opp av forskjellige funksjoner som representeres ved hjelp av aktiviteter, handlinger, prosesser og operasjoner.

Hovedgrunnen for å bruke dette verktøyet er for å gi utvikleren en fordypende beskrivelse av hva for eksempel et produkt skal gjøre og hvordan det skal oppføre seg i en gitt prosess. Verktøyet vil også hjelpe utvikleren å oppdage nye handlinger som kan hjelpe produktet gjennom prosessen på en smartere og mer effektiv måte.

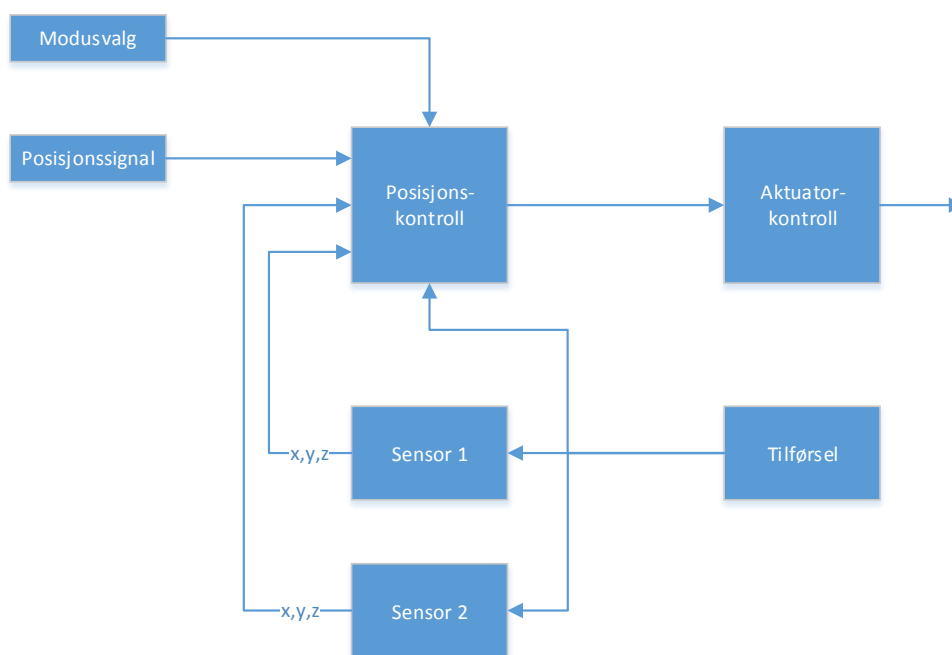
Konsept

Funksjonsmodell metoder

Det finnes flere teknikker for funksjonsmodeller. Det velges å trekke ut de mest relevante for dette prosjektet.

Funksjons blokk diagram (FBD)

FBD viser et blokk diagram som beskriver funksjoner og som viser sammenhengen mellom funksjonene, se figur (fig. 2).



Figur 2. Eksempel på posisjonskontrollsystem

Funksjons blokk diagrammet inneholder:

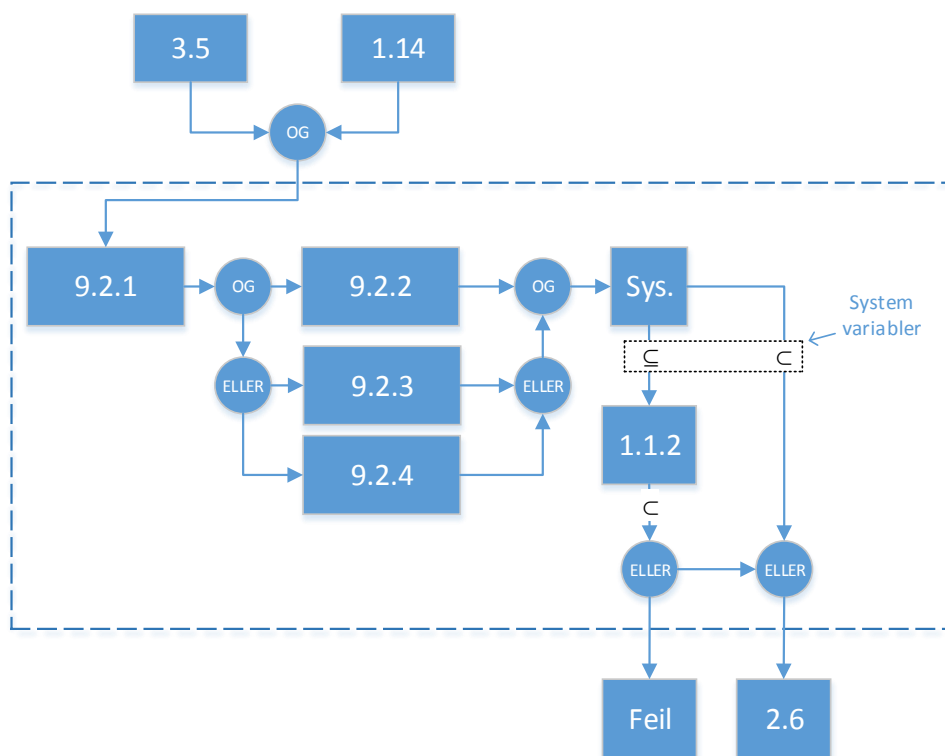
- Funksjoner i et system som avbildes med blokker.
- Inn –og utganger på blokker som knyttes opp imot hverandre med linjer.
- Forhold mellom blokkene.
- Funksjonssekvensene til de forskjellige blokkene.

Denne type funksjonsdiagram har et enkelt oppsett, men har en redusert evne til å formidle styringene og funksjonene til systemet. Derfor passer FBD best til organisasjons- og business strukturer.

Konsept

Funksjonsstrøm blokk diagram (FFBD)

Funksjonsstrøm blokk diagrammet, som er direkte oversatt fra det engelske uttrykket «Functional Flow Block Diagram» er et type blokkdiagram som er mer detaljert enn FBD. Det gir en dypere forståelse av hvordan systemet fungerer med forskjellige funksjoner, og forskjellige handlinger hvis prosessen endrer karakteristikk eller retning. Det kan sees på som et steg-for-steg diagram, hvor diagrammet tar for seg større deler av prosessen, og som bruker blokker som og/eller for å karakterisere om man trenger en eller flere prosesser sammen for å gå videre til neste del av prosessen, se figur (fig. 3).



Figur 3. Eksempel på FFBD struktur

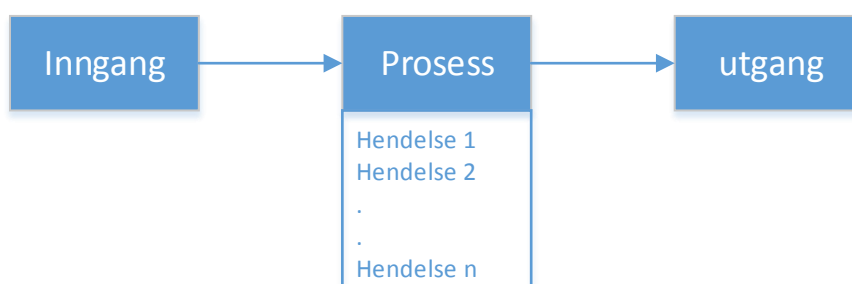
På figuren (fig. 3) vises en struktur som brukes hvis man har en stor prosess med mange underprosesser. Her er for eksempel 9.2.2, 9.2.3 og 9.2.4 underprosesser som har egne FFBD-er som angir hvordan de er bygd opp og fungerer. Denne type funksjonsdiagram bygges mer opp rundt den logiske styringen til systemet og hvilke rekkefølger de forskjellige prosessene skal startes/stoppes.

Derfor er denne type funksjons diagrammer klart best for å beskrive funksjoner til systemer, men er også omfattende å utrede.

Konsept

Inngang – prosess – utgang diagram (IPO)

Inngang – prosess – utgang diagrammet som er direkte oversatt fra det engelske uttrykket «input-process-output» (IPO), er et funksjons diagram som bygger på å se på hva som skjer med systemet når man sender inn et inngangssignal, hvordan prosessen svarer og hva man får ut. Dette kan enkelt illustreres med figuren (fig. 4) under.



Figur 4. Eksempel på IPO metode 1

Input	Prosess	Utgang
Inngang 1	Hendelse 1	Utgang 1
	Hendelse 2	Utgang 2
Rå materiale inn	Endringsprosess av material	Ønsket material

Tabell 2. Eksempel på IPO metode 2

Som vi ser på figur (fig. 4) og tabell (tab. 2), som er to forskjellige metoder å sette opp IPO-en på, kan man for eksempel sende inn materialer, prosessen endrer materialene med eventuelle prosesser og vi får ut ønsket endring på materialet. Man kan også se på det som en kontroll system modell hvor vi sender inn en temperatur, et varmeelement skrues av eller på ettersom hva som ønskes og varme blir produsert ut.

Som vi ser er dette en grunnleggende modellstruktur som viser utvikler eller leser enkelt hva som skjer hvis man sender inn gitte inngangssignaler.

Konsept

3.1.2. House of Quality

Quality Function Deployment (QFD) ble utviklet av Dr. Yoji Akao (Japan) i 60-tallene. Hovedfokus ved QFD var og er å koble målbare egenskaper av et produkt til spesifikke kundeopplevelser når kundene bruker produktet. QFD har også blitt en del av ISO 9000:2000 standarden som fokuserer på kundetilfredsstillelse. Bruk av matriser er utbredt når QFD tilpasses. «House Of Quality» (HOQ) er et eksempel på en slik matrise.

HOQ ble funnet opp og utviklet hos Mitsubishi Heavy Industries i 1972. Flere japanske selskap tok over konseptet og utviklet og tilpasset HOQ etter deres egne ønsker og behov. HOQ kan og bør brukes tverrfaglig. Markedsføring, produktutvikling, men også produksjon er elementære deler av HOQ. I løpet av de siste tiårene har HOQ utviklet seg til et verktøy som brukes verden over.

Det kan være vanskelig å oppdage hva en kunde mener med begrepet «kvalitet» og derfor kan det være vanskelig å designe og utvikle et produkt som tilfredsstiller kundenes krav og ønsker. Gjennom undersøkelse av kundenes krav og ønsker og tett tverrfaglig samarbeid kan selskap redusere utviklingstiden og antallet endringer i designet etter at produksjonsoppstarten har begynt.

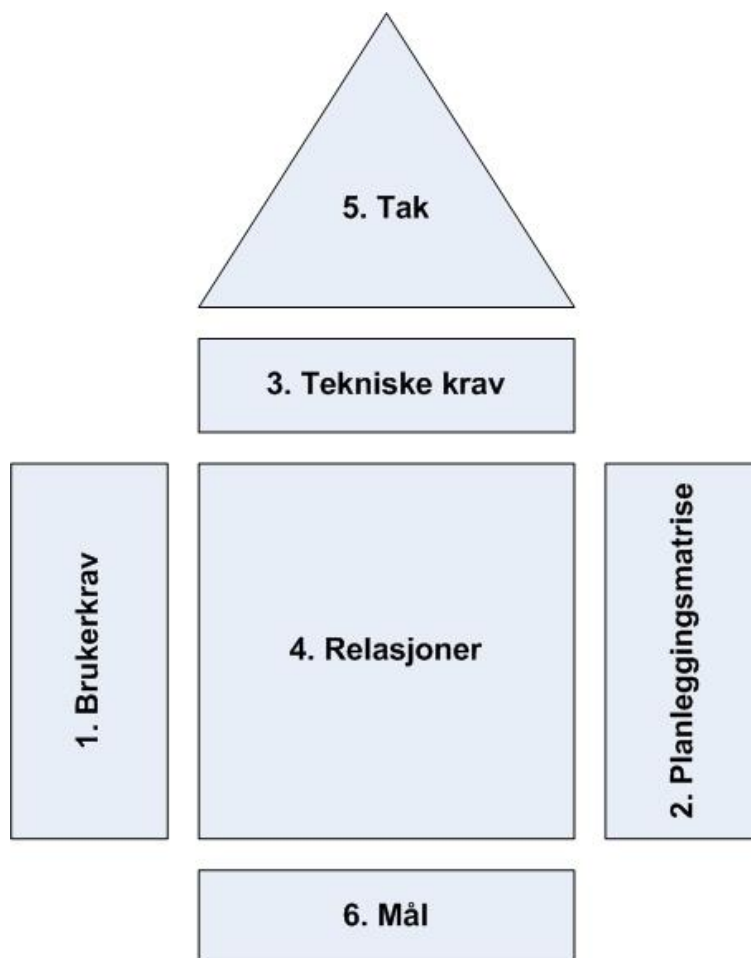
Oppbygging

HOQ består av 6 segmenter:

1. Brukerkrav
2. Planleggingsmatrise
3. Tekniske krav
4. Relasjoner
5. Tak
6. Mål

Når HOQ brukes, gjennomgås segmentene i nevnt rekkefølge. Som vist i figuren (fig. 5), ser HOQ ut som et hus. Hvert av segmentene er en matrise med sine unike egenskaper. Hvert av disse segmentene beskrives kort i de neste delkapitlene.

Konsept



Figur 5. House of Quality

Brukerkrav

Brukerkrav omfatter kundenes ønsker. Brukerkrav kan også omskrives som «customer attributes» (CAs). Avhengig av blant annet type produkt, bruk av produktet og omfang av produktet kan antallet brukerkrav være stort eller lite. Brukerkrav blir ofte gruppert etter type eller egenskap og beskrevet på en enkel og forståelig måte. Merk at kunder for øvrig ikke nødvendigvis trenger å være sluttbrukere.

Planleggingsmatrise

I planleggingsmatrisen blir produktet sammenliknet med liknende produkter som for eksempel produseres av andre selskap. Egenskapene til produktet blir målt i forhold til de andre produktene. Dette segmentet er viktig i forhold til identifisering av muligheter og utfordringer. Derfor kan dette segmentet brukes for å ta strategiske avgjørelser.

Konsept

Tekniske krav

Tekniske krav og egenskaper som har innflytelse på brukerkrav blir oppsummert i dette segmentet. Tekniske krav kan også omskrives som «engineering characteristics» (ECs). Et teknisk krav kan ha innflytelse på et eller flere brukerkrav. Hvis et teknisk krav ikke har innflytelse på en eller flere brukerkrav, bør det fjernes fra segmentet. Uklare krav som kan oppfattes på forskjellige måter og simplifisering av kvalitetskrav bør unngås. Tekniske krav bør være målbare.

Relasjoner

Måten hvordan tekniske krav har innflytelse på brukerkrav beskrives i dette segmentet. Det kan brukes forskjellige metoder for å kartlegge størrelsen på innflytelsen, for eksempel karaktersetting, men målet er det samme: å få innsikt i hvordan relasjonene mellom de kravene oppstår og i hvilken måte. Tekniske krav kan, som beskrevet tidligere, ofte beskrives gjennom (målbare) verdier. For å kunne koble opp verdiene mot tekniske krav kan relasjonsmatrisen utvides med rader som beskriver disse verdiene. Meningen er å kunne sammenlikne forskjellige produkter som har samme tekniske krav mot hverandre.

Tak

Sammenlikning av tekniske krav skjer i taket av huset. På denne måten får man innsikt i hvilken måte de tekniske kravene har innflytelse på hverandre (positiv, nøytral eller negativ). Her oppstår det ofte kompromisser. Et produkt som for eksempel må tåle støt, blir ofte noe tyngre. Men hvis kunden ønsker et lettere produkt da blir det ofte et kompromiss (spesielt hvis prisen også er et viktig krav).

Mål

Målområdet kan brukes på forskjellige måter, men det er viktig å understreke at brukerkrav må ivaretas. Området brukes for å kunne ta tekniske, markedsføringsrelaterte og strategiske avgjørelser. Ikke minst for å kunne synliggjøre utfordringene et produkt skaper. Utfordringene og mulighetene kan synliggjøres gjennom beregning av verdier. Et eksempel er å gange en karaktersetting i en kolonne i relasjonsmatrisen med karaktersettingen i samme rad som tilhører et brukerkrav. Etter summering av alle

Konsept

resulterende verdier i en kolonne, og etter at denne prosedyren er gjentatt for hver kolonne, får man en rad i målområdet som inneholder en del verdier. Oppdeling i prosentuelle verdier viser vektene mellom de forskjellige tekniske kravene. Et visuelt eksempel på denne metoden finnes i figuren (fig. 6).

Bruk av HOQ

HOQ er en metode som kan tilpasses prosjektgruppens ønsker. I prosjektet 'Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM-maskin 5129' blir metoden ikke brukt for å bygge et helt nytt produkt, men for å tilpasse et eksisterende produkt. Derfor vil segmentet «Planleggingsmatrise» ikke bli brukt.

En av tilpasningene som ønskes utviklet er å ta i bruk en metode for å forenkle måten verktøy blir byttet ut på EDM-maskinen. Et krav er at alle operatører skal kunne sette inn verktøy uten unødvendig belastning på kroppen (HMS-krav). Bruk av HOQ kan resultere i de neste stegene:

1. I segmentet «Brukerkrav» blir viktigheten av brukerkravet vektet gjennom å sette en karakter mellom 1 og 5.
2. I segmentet «Tekniske krav» blir målbare egenskaper som kan bli koblet til kravene beskrevet. For eksempel «Innlastingshøyde».
3. I relasjonsmatrisen blir det gjort karaktersetning (karakter 0, 1, 3 eller 9) der hvor tekniske og brukerkrav kan kobles mot hverandre. Kravet «Innlastingshøyde» kan kobles til brukerkravet. Hvis innlastingshøyden kommer overens med HMS regelverk, vil den skåre høy på karakterskalaen.
4. I taket av HOQ sammenlignes tekniske krav med hverandre. Kriteriet «Innlastingshøyde» kan for eksempel bli sammenliknet med kravet «Vekt verktøy». Hvis vekten av verktøyet som lastes inn i maskinen reduseres, vil dette ha positiv innvirkning på kravet «Innlastingshøyde», fordi belastningen på kroppen til operatøren vil bli redusert ved samme innlastingshøyde.
5. I målområdet kan det beregnes vektene mellom de forskjellige tekniske kravene. De relative vektene av brukerkravene blir ganget med tilhørende tekniske krav og de resulterende verdiene per teknisk krav blir summert. I målområdet vil det bli synlig hvilke av de tekniske kravene er mest viktige.

Konsept

Figur (fig. 6) viser et eksempel på det. Krav nummer 9 har største verdi og er dermed det viktigste kravet.

Brukerkrav			Tekniske krav										
	Viktighet	%	< krav 1 >	< krav 2 >	< krav 11 >
< krav 1 >	1,0	1,613	1			3	9			1		3	
< krav 2 >	3,0	4,839		3			9		1				
...	4,0	6,452			1					3		9	1
...	2,0	3,226				3			1		9		
...	5,0	8,065	3	3			9			1			3
...	3,0	4,839					1	1			3		
...	4,0	6,452		3				9	9				
...	2,0	3,226			1		3		3	9			
...	1,0	1,613	9	3						3	1		3
...	4,0	6,452		1		9		9			1		9
...	2,0	3,226			1		9		3			3	
...	4,0	6,452	1			3	1			1			9
...	5,0	8,065											
...	3,0	4,839	1	1		9	3	3				9	
...	4,0	6,452	3						1		3		1
...	5,0	8,065				9				1			
...	2,0	3,226	3				3					9	1
...	1,0	1,613						1	9		9		
...	4,0	6,452	9	1	1	1				9	3		
< krav 20 >	3,0	4,839		1	1		1	3		3			3
poeng			80,65	79,03	17,74	208,1	209,7	150	91,94	91,94	351,9	145,2	175,8
%			5,034	4,934	1,108	12,99	13,09	9,364	5,739	5,739	21,97	9,062	10,97

Figur 6. Eksempel på bruk av målområdet HOQ

Konsept

3.1.3. Beslutningsmatriser

Beslutningsmatriser er et annet Systems Engineering verktøy som prosjektgruppen bruker for å velge ut de mest tilfredsstillende overordnede konseptideene for videre arbeid. Gjennom innhentet informasjon fra primære interessenter, utvikles det forskjellige konseptideer som skal evalueres mot kriterier og temaer i beslutningsmatrisene. Kriteriene og temaene som blir spesifisert i beslutningsmatrisen er utarbeidet av prosjektgruppen. Disse skal vektlegges i forhold til viktigheten for oppdragsgiver og prosjektet som en helhet, og dette gjøres av prosjektgruppens medlemmer i felleskap gjennom diskusjon.

Når alle kriterier og deres temaer er spesifisert vil prosjektgruppen evaluere alle overordnede konseptideer mot hverandre, og den best rangerte konseptideen blir prosjektgruppens overordnede konsept. I tillegg til å evaluere overordnede konseptideer har prosjektgruppen laget en beslutningsmatrise for evaluering av forskjellige underkonsept innenfor et valgt overordnet konsept. Dette gjøres da det vil foreligge flere alternativer for en løsning under et konsept, som for eksempel valg av verktøyopplagring.

Konsept

Kriterier

Basisen for en beslutningsmatrise er kriterier. Disse kriteriene utarbeides fra oppdragsgivers ønsker og krav, og blir vektlagt med en prosentandel som tilsvarer deres viktighet (vekt) for oppdragsgiver. Kriteriene blir også delt opp i temaer som vektlegges med tanke på viktigheten av selve kriteriet. Disse prosentandelene brukes sammen med en vurdering gjort av prosjektgruppen for hvordan de forskjellige konseptene tilfredsstiller temaene i beslutningsmatrisen. Tabellen (tab. 3) under viser kriteriene og dere vekt:

Nummer:	Kriterier:	Vekt:
K1	HMS	30 %
K2	Økonomi	30 %
K3	Ombygging	13 %
K4	Operasjon	17 %
K5	Vedlikehold	10 %

Tabell 3. Oversikt over kriterier og vektlegging

Kriteriene som blir identifisert burde være så spesifikke som mulig, da dette gir et bedre resultat under evalueringen av konsepter[1]. For oppgradering av EDM-maskin 5129 har prosjektgruppen valgt å spesifisere kriteriene med temaer, se tabell (tab. 4).

Vekting av kriterier

Vektingen av kriteriene gjøres for å spesifisere hvilke punkter som er kritiske for prosjektgruppens oppdragsgiver, og prosjektet som en helhet. Gjennom dokumenter og diskusjon med GAN har prosjektgruppen utarbeidet temaer som går under hvert enkelt kriteriet. Prosjektgruppen evaluerer temaene i felleskap, og gir dem en prosentandel over hvor viktige de er å ta hensyn til i prosjektet. I tillegg til å vektlegge temaene blir også hovedkriteriene vektlagt. På samme måte som temaene, blir disse kriteriene vektlagt ved at prosjektgruppen arbeider i felleskap. Det er viktig å merke seg at prosentandelene varierer, men størst verdi er viktigst. Dette gjenspeiler seg også i utregning av beslutningsmatrisene ved at kriteriene med størst vekt gir mest poeng.

Konsept

Sammenligningsgrunnlag for kriterier

For å kunne gi en god vurdering på hvordan konseptene tilfredsstiller kriteriene, har det blitt utarbeidet et sammenligningsgrunnlag. Sammenligningsgrunnlaget kartlegger alle de viktigste temaene som går under hvert enkelt kriteriet, og er utarbeidet fra dokumentet, se *kravspesifikasjon*. I tillegg til krav, er det også tatt med temaer som prosjektgruppen ser som nødvendige å ha med for en god sammenligning.

Bakgrunnen for å ha med disse temaene i beslutningsmatrisen er å få et så nøyaktig resultat som mulig når vi evaluerer konseptideer. Siden prosjektgruppen har valgt fem hovedkriterier er det nødvendig å spesifisere disse bedre, da gjennom temaer. På samme måte som hovedkriteriene er temaene vektlagt for utregning i beslutningsmatrisen.

Kolonnen for tema navn er satt av for å gi alle temaene en referansekode. Denne koden brukes blant annet til å knytte temaene opp mot krav, se tabell (tab.5), der temaene blir knyttet opp mot krav.

Nummer:	Kriteriet:	Vekt:	Temaer:	Tema navn:	Vekt:
K1	HMS	30%	Ergonomi	T_1.1	40 %
			Klemfare	T_1.2	40 %
			Beskyttelse	T_1.3	15 %
			Håndtering av elektroder	T_1.4	5 %
K2	Økonomi	30%	Kostnader/investeringer	T_2.1	40 %
			Besparelse verktøybruk	T_2.2	25 %
			Besparelse timebruk	T_2.3	25 %
			Besparelse vedlikehold	T_2.4	10 %
K3	Ombygging	13 %	Tid	T_3.1	40 %
			Kompleksitet	T_3.2	15 %
			Robusthet teknikk	T_3.3	15 %
			Tilpasningsmuligheter i andre maskiner	T_3.4	30 %
K4	Operasjon	17 %	Tid/Operatørvhengighet	T_4.1	20 %
			Kompleksitet	T_4.2	10 %
			Nye produkter/fleksibilitet	T_4.3	30 %
			Robusthet/Slitasje	T_4.4	15 %
			Elektrodedata	T_4.5	25 %
K5	Vedlikehold	10 %	Tilgang	T_5.1	50 %
			Kompleksitet	T_5.2	30 %
			Levering av reservedeler	T_5.3	20 %

Tabell 4. Sammenligningsgrunnlag for kriterier

Konsept

Tilknyttede krav

Denne tabellen (tab. 5) beskriver alle temaenes knytninger til krav. Tabellen er satt opp med tema navn for referanse og hvilke bruker –og systemkrav som er knyttet til disse temaene.

Tema navn:	Tilknyttede krav:
T_1.1	BEA_01, BEA_02, BEA_03, BEA_04, SK_11, SK_12, SK_14
T_1.2	BSVV_03, BSVV_04, BSVV_05, BSVV_06 BEVV_03, SK_06, SK_16
T_1.3	BSVV_01, BSVV_04, BSVV_06, BEVV_03, SK_01, SK_17
T_1.4	BSVV_02
T_2.1	OB_08
T_2.2	OB_04
T_2.3	-
T_2.4	-
T_3.1	-
T_3.2	OB_02, OB_03, OB_05, MBVV_01, BMVV_02, BMVV_03, BEVV_04, SK_18
T_3.3	-
T_3.4	OB_01
T_4.1	BMVV_02
T_4.2	BEVV_05, SK_07, SK_09
T_4.3	OB_01, OB_04, BMVV_03, SK_08, SK_09
T_4.4	-
T_4.5	BEVV_02, OB_06, OB_07
T_4.6	OB_07, BSVK_01, BEVK_01 t.o.m. 07, SK_15, SK_20 t.o.m. 23, SK_27
T_4.7	BMVV_04, SK_10
T_5.1	-
T_5.2	-
T_5.3	-

Tabell 5. Tilknyttede krav

Konsept

Beslutningsmatrise del 1 - Valg av overordnet konsept

Beslutningsmatriser benyttes av prosjektgruppen for å evaluere de forskjellige overordnede konseptideene, ved å gi dem poeng i forhold til kriterier [2]. Dette kalles en ”relativ sammenligning” og kan forklares ved at forskjellige alternativer sammenlignes med deres evne til å tilfredsstillere kriterier [3].

Fremgangsmetoden for beslutningsmatrisene er at det gis en vurdering av hvordan de overordnede konseptideene tilfredsstillere kriterienes temaer, se tabell (tab.6) for vurderingskriterier. Denne vurderingen kommenteres tema for tema under beslutningsmatrisene og tallverdien brukes videre til å regne ut **poeng** for temaet. Alle temaene som går under et kriteriet legges sammen til en **poengsum** for kriteriet, før denne multipliseres med kriteriets hovedvekt for å få en **totalsum**. Denne totalsummen legges sammen for og brukes til å sammenligne konseptideene mot hverandre.

Vurdering:	Tilfredstillelse:
1	Ikke tilfredsstillende
2	Lite tilfredsstillende
3	Tilfredsstillende
4	Godt tilfredsstillende
5	Meget tilfredsstillende

Vurderingskriterier

Tabell 6. Vurderingskriterier

Selve utregningen gjøres av enkeltpersoner, men alle vurderinger og vektinger gjøres i felleskap av prosjektgruppen.

Poeng: $Poeng = \text{temaets vekt (\%)} * \text{konseptes vurdering}$

Formel 1. Beslutningsmatrise, poeng

Poengsum: $Sum \text{ av poeng for konseptets}$

Formel 2. Beslutningsmatrise, poengsum

Totalsum: $Totalsum = poengsum * \text{kriteriets vekt}$

Konsept
Formel 3. Beslutningsmatrise, totalsum

Dette er en beslutningsmatrise som brukes til å evaluere de overordnede konseptideene.
 Matrisen er ferdig satt opp med vektinger og temakoder som har blitt utarbeidet tidligere i konseptfasen. Alle vurderingene som blir gjort av prosjektgruppen forklares under matrisen.

Kriterier			Konseptnavn Kort beskrivelse av konsept				
Nummer:	Tema :	Tema Vekt:	Vurdering:	Vekt:	Poeng:	Poengsum:	Totalsum:
K1	T_1.1	40 %		30%			
	T_1.2	40 %					
	T_1.3	15 %					
	T_1.4	5 %					
K2	T_2.1	40 %		30%			
	T_2.2	25 %					
	T_2.3	25 %					
	T_2.4	10 %					
K3	T_3.1	40 %		13%			
	T_3.2	15 %					
	T_3.3	15 %					
	T_3.4	30 %					
K4	T_4.1	20 %					
	T_4.2	10 %					
	T_4.3	30 %					
	T_4.4	15 %					
	T_4.5	25 %					
K5	T_5.1	20 %		10%			
	T_5.2	40 %					
	T_5.3	40 %					
Sum:		500 %		100 %			X

Tabell 7. Beslutningsmatrise for overordnet konsept
Kommentarer på vurdering

Siden prosjektgruppen gir en vurdering på hvordan temaene tilfredsstiller konseptløsningen har vi valgt å skrive ned en kort kommentar på hvorfor vi har satt denne vurderingen.

Konsept

Sammenligning av konsepter

For å gi en oversikt over alle konseptideene som har blitt vurdert i beslutningsmatriser har prosjektgruppen satt opp en tabell (tab. 8) der alle totalsummene til konseptideene skal skrives inn. Det settes også opp en rangering etter totalsum, der høyeste totalsum blir den best rangerte konseptideen. Høyeste rangering merkes også grønt for fargeindikasjon.

Sammenligning av overordnede konseptider		
Konsepter:	Poengsum:	Rangering:
Konsept 1		
Konsept 2		
Konsept 3		
Konsept 4		
Konsept 5		
Konsept n		

Tabell 8. Sammenligning av overordnede konseptideer

Konsept

Beslutningsmatrise del 2 – Valg av underkonsept

I del 2 av beslutningsmatrisen benyttes det en annen løsning for Pugh-metoden. Denne matrisen brukes for å sammenligne flere konseptideer mot et felles ”nullpunkt”, som er et sammenligningsgrunnlag. Nullpunktet er hentet inn fra den overordnede konseptideen i fase en av beslutningsmatrisen som det skal jobbes med, og det er prosjektgruppens vurdering av det overordnede konseptets tilfredstillelse av temaene som skal brukes. Konseptideene evalueres mot nullpunktet for å se om løsningen er bedre, tilsvarende eller dårligere. Indikasjonene som brukes av prosjektgruppen er beskrevet, se tabell (tab. 9).

Denne metoden ble ikke benyttet i del 1 av beslutningsmatrisen da utgangspunktet for sammenligning var for dårlig. Flere av de systemene som prosjektgruppen skal integrere i EDM-maskinen (verktøyveksler, elektrodedata og automatisk beskyttelsessbarriere) finnes ikke per i dag, noe som gir et dårlig utgangspunkt da flere konseptideer skal sammenlignes.

Beslutningsmatrisen er bygd opp i to deler. Først er det tre kolonner som er knyttet til den overordnede konseptideen. Her skrives det kort hvilke konsept som står i fokus, før det videre deles opp i kriterier, tema og nullpunktet. Del 2 tar for seg evalueringen av et underkonsept innenfor den gitte overordnede konseptideen, for eksempel verktøyopplagring eller sikkerhetsbarriere. De underkonseptene prosjektgruppen har utarbeidet settes opp som hver sin ide med en kort forklaring i sine egne kolonner. Videre så settes det av rubrikker til å fylle inn evalueringen som skal gjøres av prosjektgruppen. Til slutt skal alle vurderingene samles i henholdsvis sum positiv, sum tilsvarende og sum negativ før de legges sammen til en totalsum. Denne totalsummen brukes til å rangere ideene fra 1 til n, der er 1 den beste løsning. Tabellen (tab. 9) under viser en løsningsvurdering satt av prosjektgruppen. Ideene vurderes opp mot det overordnede konseptet satt som nullpunkt og gis et symbol for bedre, tilsvarende eller dårligere løsning. Symbolene har også en tallverdi for utregning av totalsum i beslutningsmatrisen.

Løsning:	Symbol:
Dårligere løsning	-
Tilsvarende løsning	0
Bedre løsning	+

Tabell 9. Løsningsvurdering

Konsept

Dette er matrisen som prosjektgruppen skal benytte ved for eksempel et valg av beste løsning for verktøyopplagring for et gitt konsept.

Konsept: (Hvilke konsept jobbes det med)			Underkonsept (Hva står i fokus)		
Kriterier:	Tema:	Nullpunkt	Ide 1:	Ide 2:	Ide 3:
			Forklaring	Forklaring	Forklaring
			Vurdering:	Vurdering:	Vurdering:
HMS	Ergonomi	1-5	+ , - eller 0	+ , - eller 0	+ , - eller 0
	Klemfare				
	Beskyttelse				
	Håndtering av elektroder				
Økonomi	Kostnader/investeringer				
	Besparelse verktøybruk				
	Besparelse timebruk				
	Besparelse vedlikehold				
Ombygging	Tid				
	Kompleksitet				
	Robusthet teknikk				
	Tilpasningsmuligheter i andre maskiner				
Operasjon	Tid/ Operatørvhengighet				
	Kompleksitet				
	Nye produkter/ fleksibilitet				
	Robusthet/Slitasje				
	Elektrodedata				
Vedlikehold	Tilgang				
	Kompleksitet				
	Levering av reservedeler				
Sum positiv (+):					
Sum tilsvarende (0):					
Sum negativ (-)					
Totalsum:					
Rangering:					

Tabell 10. Beslutningsmatrise for underkonsept innenfor et overordnet konsept

Konsept

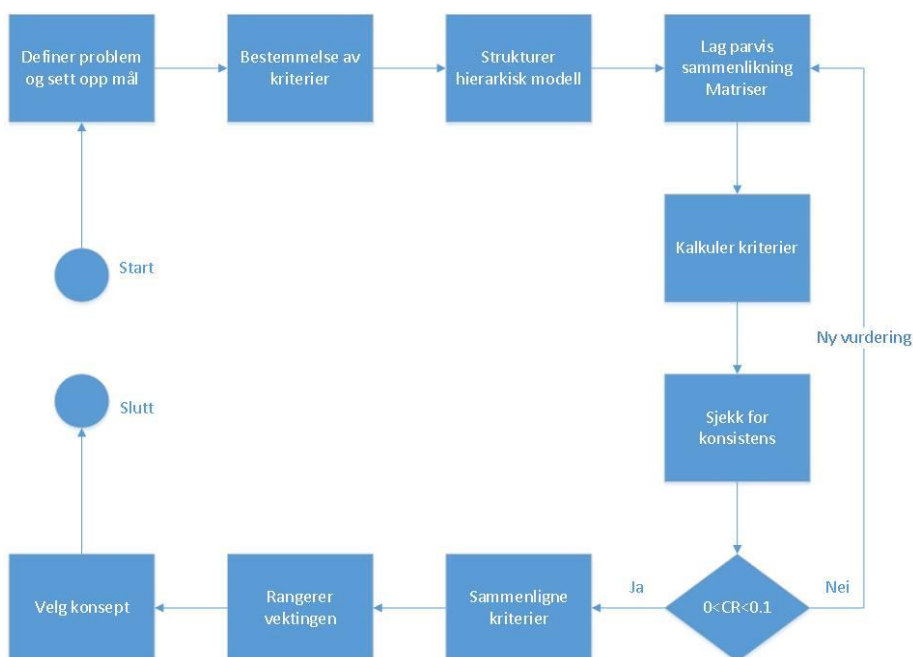
3.1.4. Analytisk Hierarkisk Prosesser

Hvorfor bruke AHP

Analytisk Hierarkisk Prosesser (AHP), som er direkte oversatt fra det engelske uttrykket «*Analytic Hierarchy Process*» er en annen Systems Engineering metode for valg av riktig konsept. Ved hjelp av en hierarkisk modell, hjelper AHP prosjektgruppen til å strukturere komplekse problemer. Modellen tar for seg kvantitative og kvalitative faktorer, og det omhandler hvordan man kan bestemme den relative betydningen av et sett med alternativer i en beslutningsprosess. Inndata kan hentes fra faktiske målinger som pris, vekt osv., eller fra subjektive meninger som preferanser[5].

Fremgangsmåte

Først starter prosjektgruppen den generelle prosedyren ved å definere problemet og sette opp mål knyttet til problemet. Deretter bestemmes kriteriene og den hierarkiske modellen utarbeides. Videre, iterativt og henholdsvis; a) Parvis sammenligning matrise blir gjort for hvert alternativ, b) kriteriene blir kalkulert, c) konsistens blir kontrollert. I tillegg blir vektingen av kriteriene sammenlignet. Til slutt blir de rangert og endelig alternativ blir valgt[6], se figur (fig. 7) under for en illustrert fremgangsmåte. Metoden er utledet fra den matematiske utregningen av egenvektorer og egenverdier.

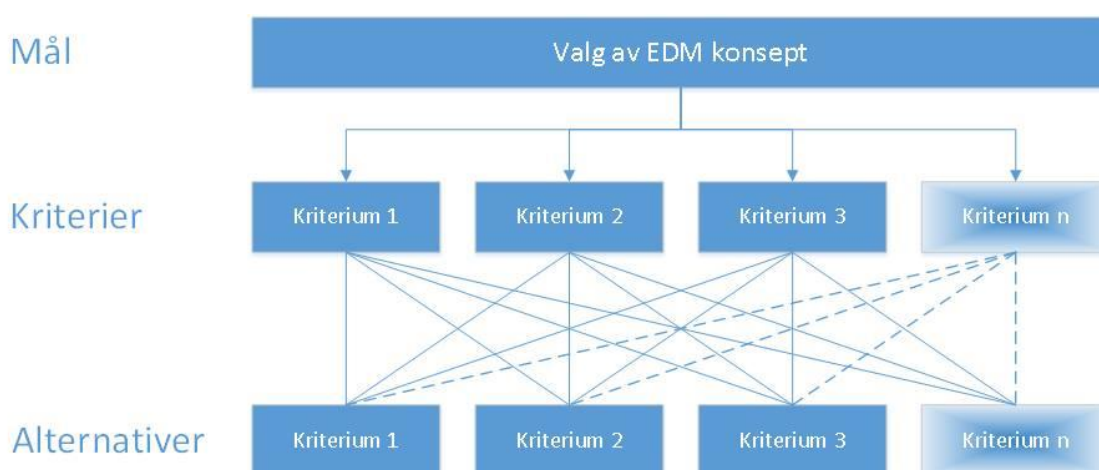


Konsept

Figur 7. Fremgangsmåte AHP

Definere problem eller mål

Når man skal foreta komplekse beslutninger som involverer flere kriterier, er første steg å dekomponere det viktigste problemet eller målet i sine delmål. I sin enkleste form består denne strukturen av et mål, kriterier og alternativer som illustrert i figuren (fig. 8).



Figur 8. Hierarkisk modell

Nivå 1 er problemet eller målet av analysen. Nivå 2 viser kriteriene som bidrar til å nå målet. Nivå 3 viser de ulike konseptalternativene.

Parvis sammenlikning matrise

Det avgjørende for at AHP-metoden blir vellykket, er at man utfører iterative parvise sammenligninger. For eksempel, hva er den relative betydningen for oppdragsgiver av *kriterie-1* i forhold til *kriterie-2*? Man må vurdere om *kriterie-1* er svært mye mer viktig, ganske viktig, like viktig, osv. ned til meget mindre viktig enn *kriterie-2*. Hver av disse vurderingene blir tildelt et nummer på en skala fra 1 til 9, se tabell (tab. 11) [7].

Verdier for a_{ij}		
Viktighet	Definisjon	Forklaring
1	Like viktige	To kriterier bidrar like mye til målet
3	Noe mer viktig	Erfaring og vurdering favoriserer litt en over den andre
5	Mye viktigere	Erfaring og vurdering favoriserer sterkt en over den andre
7	Veldig mye viktigere	Erfaring og vurdering favoriserer veldig sterkt en over den andre. Dens betydning kan demonstreres i praksis.
9	Absolutt viktigere	Bevis som tilsier at en favoriseres over den andre.

Konsept

2,4,6,8	Mellomliggende verdier	Når kompromiss er nødvendig.
---------	------------------------	------------------------------

Tabell 11. Viktighetsgrad av kriterier

En parvis sammenligning matrise er oppbygd slik, se formel (for. 4).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_1 & \cdots & k_1/k_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ k_n/k_1 & \cdots & k_n/k_n \end{bmatrix}$$

Formel 4. Parvis Sammenligning Matrise

Hvor A er matrisen, k er egenvektoren og n er dimensjonen til matrisen[8].

En enklere forklaring kan beskrives ut fra tabellene (tab. 12 og tab. 13) under. Verdiene som er satt er relatert til prosjektgruppens vurderinger.

Vekting av kriterier																		
Kriterier	Mer viktig enn								Lik	Mindre viktig enn								Kriterier
Inv. analyse	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Inv. analyse
HMS	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	HMS
Fleksibilitet	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Fleksibilitet
Usikkerhet	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Usikkerhet
Fremtidig utv.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Fremtidig utv.

Tabell 12. Vekting av kriterier

Innledende Parvis Sammenligning Matrise					
Kriterier	Inv. analyse	HMS	Fleksibilitet	Usikkerhet	Fremtidig utv.
Inv. analyse	1	1	5	1/2	7
HMS		1	5	1/2	7
Fleksibilitet			1	1/3	5
Usikkerhet				1	7
Fremtidig utv.					1

Tabell 13. Innledende Parvis Sammenligning Matrise

Man må fylle opp den **øvre triangulære matrisen** ved å bruke følgende regler:

1. Hvis verdien er på **venstre** side av 1, setter man inn **den faktiske** verdien.
2. Hvis verdien er på **høyre** side av 1, setter man inn **gjensidige** verdien.

Konsept

For å fylle inn den **nedre triangulære matrisen**, må vi bruke den gjensidige verdien til den øvre triangulære matrisen. Matematisk så betyr dette, for alle i og j er det nødvendig at:

(a) $a_{ii} = 1$ En sammenligning av kriteriet i med seg selv: *Like viktige*

(b) $a_{ij} = 1/a_{ji}$ a_{ij} er omvendt sammenligning og må være den inverse verdien av a_{ji} [9].

På tabellen (tab. 14) under kan vi se hvordan matrisen ser ut når den er fullstendig fylt ut.

Komplett Parvis Sammenligning Matrise					
Kriterier	Inv. analyse	HMS	Fleksibilitet	Usikkerhet	Fremtidig utv.
Inv. analyse	1	1	5	1/2	7
HMS	1/1	1	5	1/2	7
Fleksibilitet	1/5	1/5	1	1/3	5
Usikkerhet	2	2	3	1	7
Fremtidig utv.	1/7	1/7	1/5	1/7	1

Tabell 14. Komplett Parvis Sammenligning Matrise

For å gjøre matrisen enklere konverterer vi den til desimaler og deretter får vi en kolonnesum, se tabell (tab. 15) under.

Matrise konvertert til desimaler					
Kriterier	Inv. analyse	HMS	Fleksibilitet	Usikkerhet	Fremtidig utv.
Inv. analyse	1,00	1,00	5,00	0,50	7,00
HMS	1,00	1,00	5,00	0,50	7,00
Fleksibilitet	0,20	0,20	1,00	0,33	5,00
Usikkerhet	2,00	2,00	3,00	1,00	7,00
Fremtidig utv.	0,14	0,14	0,20	0,14	1,00
Sum:	4,34	4,34	14,20	2,47	27,00

Tabell 15. Matrise konvertert til desimaler

Konsept*Prioriteringsvektor*

Når matrisen er fullstendig må man kalkulere prioriteringsvektor også kalt egenvektor. For å utføre dette må man først normalisere matrisen ved å summere verdiene i hver kolonne, se formel (for. 5).

$$A_{ij} = \sum_{i=1}^n A_{ij}$$

Formel 5. Summer verdi i hver kolonne

Videre for å normalisere hver kolonne i matrisen må man dele på deres respektive kolonnesum, se formel (for. 6). Summen av de normaliserte verdiene skal være lik 1.

$$N_{ij} = \frac{A_{ij}}{\sum_{i=1}^n A_{ij}} \begin{bmatrix} N_{11} & N_{12} & N_{13} \\ N_{21} & N_{22} & N_{23} \\ N_{31} & N_{32} & N_{33} \end{bmatrix}$$

Formel 6. Normalisering

Deretter finner man prioriteringsvektoren eller egenvektoren ved å ta gjennomsnittet til summen av den normaliserte kolonnen, se formel (for. 7).

$$W_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n N_{ij}}{n} = \begin{bmatrix} W_{11} \\ W_{12} \\ W_{13} \end{bmatrix}$$

Formel 7. Prioriteringsvektor

Konsept

Ved å analysere tabellen (tab. 16) vil man se at kriteria *usikkerhet* har fått 0,359 poeng, som tilsvarer at den blir rangert høyest. Dermed kan prosjektgruppen anslå at det kriteriet er viktigst når man skal velge riktig konsept.

Normalisering av Parvis Sammenligning Matrise						Prioriteringsvektor
Kriterier	Inv. analyse	HMS	Fleksibilitet	Usikkerhet	Fremtidig utv.	(W)
Inv. analyse	0,230	0,230	0,352	0,202	0,259	0,255
HMS	0,230	0,230	0,352	0,202	0,259	0,255
Fleksibilitet	0,046	0,046	0,070	0,134	0,185	0,096
Usikkerhet	0,461	0,461	0,211	0,405	0,259	0,359
Fremtidig utv.	0,032	0,032	0,014	0,057	0,037	0,034
Sum:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabell 16. Normalisering av Parvis Sammenligning Matrise

Konsistens

For å oppnå riktig resultat ved bruk av AHP-metoden må matrisen være *konsistens*. Derfor må det utarbeides en test for å validere vurderingene som er tatt. Tiltaket er nyttig for å identifisere mulige feil i vurderingsprosessen samt faktiske uoverensstemmelser i vurderingene. For eksempel, hvis man skulle si at "A" er viktigere enn "B" og "B" er viktigere enn "C" og deretter si at "C" er mer viktigere enn "A" er man ikke *konsistent*. En bedre situasjon oppstår dersom man skulle si at "A" er tre ganger mer viktig enn "B", og "B" er to ganger viktigere enn "C", og at "C" er åtte ganger mer viktig enn "A".

Generelt bør den forholdet være $< 0,1$ for å bli betraktet som konsistent. Er den $> 0,1$ krever det en revurdering av resultatene som er gitt for den opprinnelige parvis sammenligning matrisen (tab. 14).

Konsept

For å beregne ut *Konsistens Ratio* (KR) er man nødt for å beregne ut *Konsistens Indeks* (KI) og *Tilfeldig Indeks* (TI). Følgende formler (for. 8) er nødvendig.

$$KR = \frac{KI}{TI} \qquad KI = \frac{\lambda_{maks} - \eta}{\eta - 1}$$

Formel 8. Konsistens Ratio og Konsistens Indeks

η er antall alternativer; **TI** er indeksnummeret hentet ut fra tabell (tab. 17); λ som er den største egenverdien, oppnås fra matriseoperasjonen fra *Vektet Sum Vektor*, se formel (for. 9) og *Konsistens Vektor*, se formel (for. 10).

$$\begin{aligned} \text{Vektet Sum Vektor} &= \begin{bmatrix} (W_{11})(A_{11}) & + (W_{21})(A_{12}) & + (W_{31})(A_{13}) \\ (W_{11})(A_{21}) & + (W_{21})(A_{22}) & + (W_{31})(A_{23}) \\ (W_{11})(A_{31}) & + (W_{21})(A_{32}) & + (W_{31})(A_{33}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{11} \\ V_{21} \\ V_{31} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} (0,255)(1) & + (0,255)(1) & + (0,096)(5) & + (0,359)(0,50) & + (0,034)(7) \\ (0,255)(1) & + (0,255)(1) & + (0,096)(5) & + (0,359)(0,50) & + (0,034)(7) \\ (0,255)(0,20) & + (0,255)(0,20) & + (0,096)(1) & + (0,359)(0,33) & + (0,034)(5) \\ (0,255)(2) & + (0,255)(2) & + (0,096)(3) & + (0,359)(1) & + (0,034)(7) \\ (0,255)(0,14) & + (0,255)(0,14) & + (0,096)(0,20) & + (0,359)(0,14) & + (0,034)(1) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 1,408 \\ 1,408 \\ 0,486 \\ 1,905 \\ 0,175 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Formel 9. Vektet Sum Vektor

$$\begin{aligned} \text{Konsistens Vektor} &= \begin{bmatrix} V_{11}/W_{11} \\ V_{21}/W_{21} \\ V_{31}/W_{31} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} \\ K_{21} \\ K_{31} \end{bmatrix} \\ \text{Konsistens Vektor} &= \begin{bmatrix} 1,408/0,255 \\ 1,408/0,255 \\ 0,486/0,096 \\ 1,905/0,359 \\ 0,175/0,034 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5,52 \\ 5,52 \\ 5,06 \\ 5,31 \\ 5,15 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Formel 10. Konsistens Vektor

Konsept

Når de er utregnet kan vi fylle inn verdiene for å regne ut KI, λ og KR.

$$KI = \frac{\lambda_{maks} - \eta}{\eta - 1} \Rightarrow \lambda_{maks} = \frac{K_{11} + K_{21} + K_{31}}{n}$$

$$\lambda_{maks} = \frac{5,52 + 5,52 + 5,06 + 5,31 + 5,15}{5} = 5,312$$

Formel 11. Egenverdi

$$KI = \frac{\lambda_{maks} - \eta}{\eta - 1} = \frac{5,312 - 5}{5 - 1} = 0,078$$

$$KR = \frac{KI}{TI} \text{ hvor verdien TI er hentet fra tabellen (tab. 17).}$$

$$KR = \frac{KI}{TI} = \frac{0,078}{1,12} = 0,069$$

Tilfeldig Indeks									
Matrise nummer η	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TI	0,00	0,00	0,52	0,90	1,12	1,25	1,35	1,42	1,46

Tabell 17. Tilfeldig Indeks

I praksis, en $KR \leq 0,1$ kan betraktes som konsistens. Ved en høyere verdi så må vurderingene tatt i den opprinnelige parvis sammenlikning matrisen revalueres.

Det er nå lett å se at prosjektgruppen har gjort rett i vurderingsprosessen med tanke på konsistens. Ved å se på KR, som har en verdi på 0,069 som tilsvarer $<0,1$ støtter parvis sammenlikning matrisen KR. Videre må det bestemmes hvilket konsept som er rett valg.

Konsept

Valg av konsept

Når den er betraktet som konsis har man kommet frem til n -antall egenvektorer som beskriver prioriteringsvektingen av de ulike kriteriene. Videre må man undersøke hvilket konsept som ansees å være best for å sikre rett valg. Det gjøres på samme metode men istedenfor å sette kriterier opp mot hverandre, setter man konseptløsninger.

Konseptløsninger blir satt opp mot hverandre til hvert kriteria. Når de er betraktet som konsis får vi en endelig matrise, se tabell (tab. 18).

Endelig Matrise				
Konsept vs. kriterier	Konsept 1	Konsept 2	Konsept 3	(W)
K1				W_{11}
K2				W_{21}
K3				W_{31}

Tabell 18. Endelig Matrise

Raden (W) indikerer egenvektorene fra parvis sammenlikning matrisen til kriteriene.

For å kunne konkludere med hvilket design som er best må vi endre på den endelige matrisen, se tabell (tab. 16) slik at kolonner blir rader, se tabell (tab. 19).

Endring av Endelig Matrise				
Kriterier vs. konsept	K1	K2	K3	(W)
Konsept 1				W_{11}
Konsept 2				W_{21}
Konsept 3				W_{31}

Tabell 19. Endring av Endelig Matrise

Verdiene blir videre multiplisert med egenvektorene som igjen gir en ny verdi. De verdiene blir rangert hvorav den høyeste verdien er den konseptløsningen som bør velges, se tabell (tab. 51).

Konsept

4. Prosessbeskrivelse

4.1. Dagens system og utfordringer

Prosjektgruppen har i dag tre prosessmuligheter for valg av EDM-maskinens verktøyveksler konsept. To av de forskjellige mulighetene velges ut ifra programvare tilgangen, og med dette menes programmeringsmulighetene på EDM-maskinens eksisterende styresystem. Dette er et gammelt styresystem hvor leverandøren Exeron må kontaktes for å vite hvordan systemet er bygd opp, og hvilke muligheter som finnes for å gå inn å endre programinnstillinger. Som nevnt over gir dette prosjektgruppen to prosessmuligheter hvor et automasjonssystem vil bli implementert, og valget av en av disse prosessmulighetene velges ut ifra informasjon som vil bli gitt av Exeron og KTT gjennom konseptperioden, samt hvordan prosessmulighetene påvirker prosjektets lønnsomhet. Lønnsomheten påvirkes av hvor mye prosjektet må involvere tredjepart leverandører for funksjons informasjon og hvor store endringer konseptene gjør på dagens maskiner og deres systemer. Hvis en av prosessmulighetene gjør at det blir lite involvering fra tredjepart leverandører eller få endringer på eksisterende programstyringer, vil denne prosessmuligheten spare inn ressurser som informasjonshenting, opplæring og timearbeid for GAN.

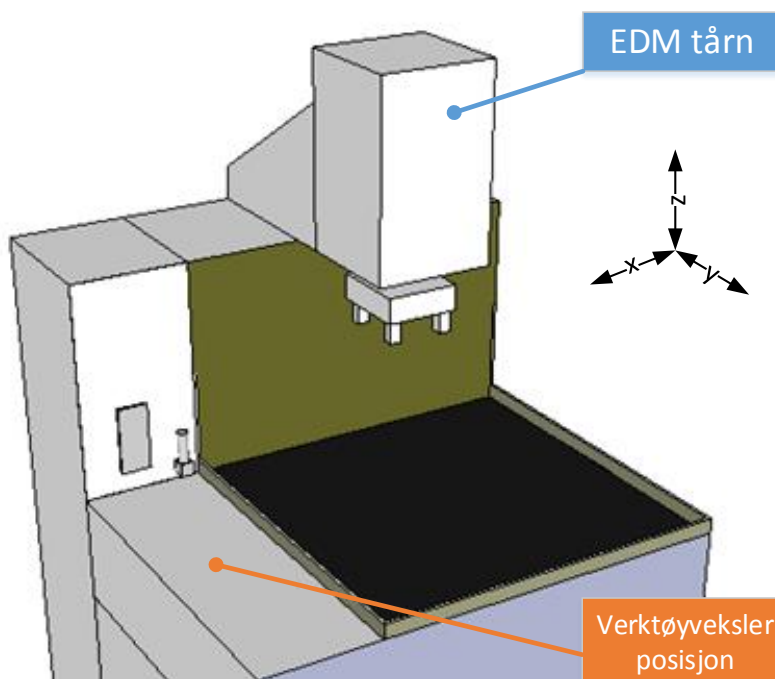
Prosessmulighet tre vil være å se bort ifra implementasjon av et automasjonssystem, i stedet vil prosjektgruppen se på muligheten for implementasjon av en EIMA (Ergonomic Industrial Manipulator Arm). For utvidet informasjon, se kapittel 4.4: *Prosessmulighet 3*.

Med tanke på at disse prosessmulighetene har forskjellige faktorer, velger vi å ta for oss konsepter for alle tre prosessmuligheter hvor prosjektgruppen vil utrede konsepter og velge konsept i tett samarbeid med GAN og KTT. Ved å ha et løpende samarbeid med bedriftene vil det bli enklere for prosjektgruppen å se på faktorene som leverandør informasjon, pris og lønnsomhet for videre å implementere dette inn i Systems Engineering metodene i konseptdokumentet, se kapittel 6: *Vurdering av konsept*.

Det vil nå komme tre avsnitt som beskriver de forskjellige prosessmulighetene EDM-maskinen har med fordeler og ulemper. Det vil bli brukt Google Sketchup for bildeillustrasjoner, og tekstbeskrivelse for å beskrive de forskjellige prosessmulighetene.

Konsept

Før dette vil vi kunne se en figur av EDM-maskinen stående i normal posisjon, se figur (fig. 9) under.



Figur 9. EDM-maskin i normal posisjon med verktøyveksler posisjon

Ved hjelp av det interne styresystemet kan operatører bestemme posisjonen til tårnet, som er en forhåndsprogrammert posisjon. Ved dagen situasjon beveger kun tårnet seg i en z-retning når eroderingsprosessen kjøres. Videre kan tårnet kjøres manuelt i alle tre akser til en spesifisert posisjon for vedlikehold på maskin eller ved en verktøyvekslingsprosess med kommando M06 som tilhører en eldre verktøyveksler som ikke er på markedet lenger. Denne verktøyveksler prosessen kan dessverre ikke utnyttes grunnet kommunikasjons utfordringer mellom EDM-maskinens styresystem og eventuelle implementerte eksterne styresystemer.

Konsept

4.2. Innspenningssystem

Som en del av oppgaven prosjektgruppen har fått av GAN, skal EDM-maskin 5129 konverteres til et 0-punktsystem. Dette er et innspenningssystem fra system 3R med kun ett innfestningspunkt, der en adapter på elektrodeholderen festes i en chuck påmontert EDM-maskinen. Prosessbeskrivelsen tar for seg dagens situasjon, det nye innspenningssystemet, metoden for å bytte, samt to alternativer som har blitt hentet inn via Norma Tekniske Kompani AS.

Dagens innfesting

EDM-maskin 5129 benytter i dag et gammelt innfestningssystem fra system 3R. Dette systemet baserer seg på svalesspor innfesting, se figur (fig. 10). Det er ganske enkelt et spor der man kan sette inn en adapterplate. Videre festes de fire enkle elektrodeholderne i denne adapterplaten som låses i riktig posisjon. Dagens elektrodeholdere er som nevnt enkle, og de bruker elektrodestaver fremfor blokker. Dette gir større risiko for feiljusteringer, elektrodebrekk og kast av deler, samt at kostandene knyttet til elektrodestaver er større en bruk av elektrodeblokker.



Figur 10. System 3R - Svalesspor teknologi

Konsept

System 3R

System 3R leverer i dag løsninger for konvertering av innspenningssystemet i den eldre EDM-maskinen. Denne løsningen baserer seg på ett enkelt innspenningspunkt (0-punktsystem), der en elektrodeholder med fire grafittblokker festes via en adapter inn i innspenningssystemets chuck. Denne metoden har flere fordeler i forhold til dagens system, da blant annet prisen på elektrodeblokker, nøyaktighet og antall kasserte deler.

Konvertering av innspenningssystem

Konverteringen baserer seg på et ønske fra GAN sin side, se Vedlegg A: *Prosjektmandat*, da de har gode erfaringer med deres nye EDM-maskin. Denne maskinen bruker et 0-punktsystem som er tilnærmet likt det prosjektgruppen skal benytte seg av i EDM-maskin 5129. Prosjektgruppen har sett på lønnsomheten på det å gå fra elektrodestaver til elektrodeblokker, og det viser seg at det er gode besparingsmuligheter. Videre gir bruk av elektrodeholdere med blokker bedre nøyaktighet på erodering, mindre elektrodebrekk og mer nøyaktighet på fresing av grafitt. GAN har satt konvertering av innspenningssystem som et krav til prosjektgruppen.

For å finne løsninger og priser på konvertering av innspenningssystem tok prosjektgruppen kontakt med firmaet Norma Tekniske Kompani AS. Dette er et firma som GAN bruker til flere av sine maskiner og prosjektgruppen ble derfor anbefalt å ta kontakt med dem da de er importør og selger av system 3R komponenter i Norge. Prosjektgruppen sendte en mail der vi spurte om mulige løsninger for EDM-maskin 5129. Svaret vi fikk var at GAN tidligere har spurt om det samme og at de hadde fått et dokument med mulige løsninger og et prisoverslag, dette dokumentet ble også sendt til prosjektgruppen. Ut ifra informasjonen prosjektgruppen fikk, kunne vi trekke en konklusjon på at det ikke går an å konverterer til en automatisk løsning som er tilpasset dagens svalessporsystem på grunn av slitasje. De alternativene vi da sto igjen med baserer seg på å bytte ut hele innspenningssystemet til en adapter og tilhørende chuck som monteres rett på spindelen i EDM-maskinens tårn. Begge alternativene er beskrevet under.

Konsept

Alternativ 1

Det første alternativet er en automatisk eller manuell chuck i Macro systemet til system 3R. Modellene vi kan se under er en 3R-600.1-30 automatisk chuck og en 3R-600.20 manuell chuck (fig. 11). De bruker en tilhørende 3R-A3620 adapterplate (fig. 12).



Figur 11. 3R-600.1-30 automatisk chuck og 3R-600.20 manuell chuck



Figur 12. 3R-A3620 adapterplate

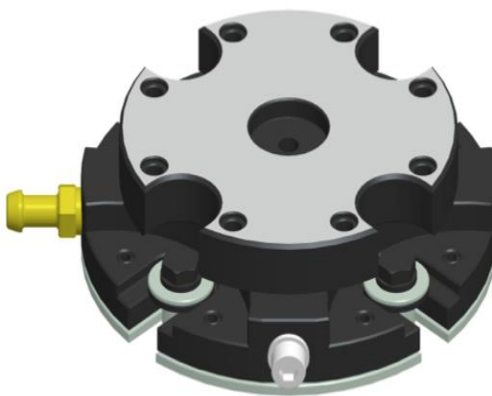
Konsept

Alternativ 2

Alternativ 2 er også en manuell og en automatisk løsning for Macro innspenningssystemet fra system 3R. Under kan vi se en 3R-600.14-30 automatisk chuck og en 3R-600.28-S manuell chuck (fig. 13). De bruker en tilhørende 3R-A26675 adapterplate (fig. 14).



Figur 13. 3R-600.14-30 automatisk chuck og 3R-600.28-S manuell chuck



Figur 14. 3R-A26675 adapterplate

Konsept

4.3. Beskyttelsesbarriere

Beskyttelsesbarrieren som i dag finnes på EDM-maskin 5129 er en heldekkende pleksiglass barriere som står i en stålramme, se figur (fig.15). Denne barrieren krever manuell justering opp og ned, med motvekter og et wiresystem for å gjøre justeringen enklere. I dag brukes ikke denne beskyttelsesbarrieren aktivt da motvekter og wiresystem er utslitt og beskyttelsesbarrieren står derfor ikke i riktig posisjon under erodering. Dette fører til at sensorer som skal stoppe eroderingen hvis barrieren fjernes under operasjon ikke registrerer at beskyttelsesbarrieren er i driftstilling, og man kan dermed ikke starte eroderingsprosessen. Dette sikkerhetssystemet er i dag utkoblet.



Figur 15. Dagens beskyttelsesbarriere

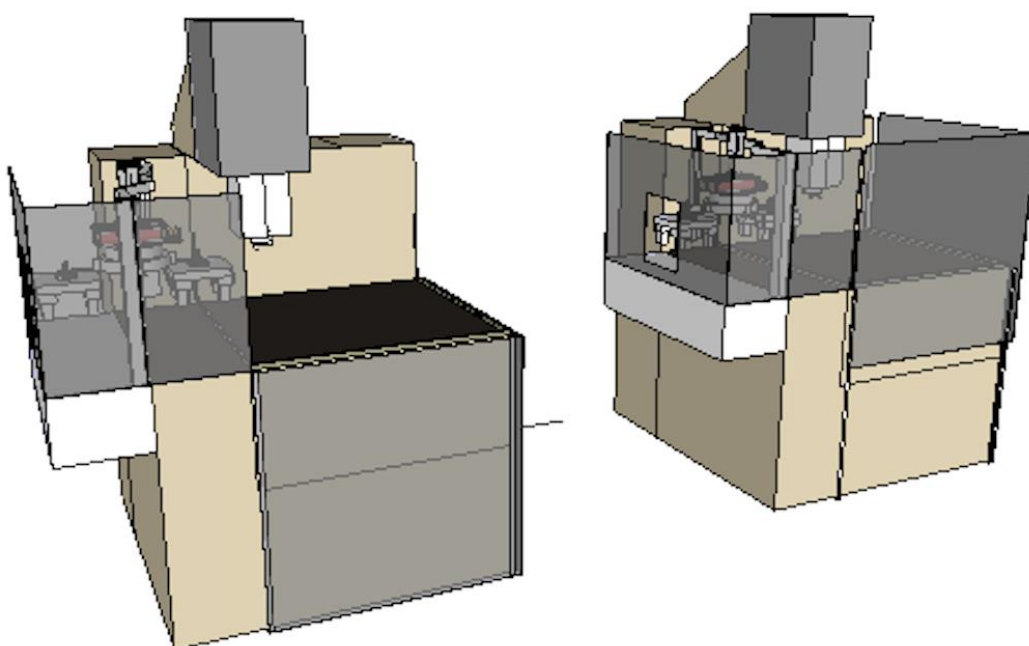
Konsept

Hvorfor bygge om beskyttelsesbarrieren

Beskyttelsesbarrieren som i dag er montert på EDM-maskinen er ikke fungerende, og møter dermed ikke HMS krav som prosjektgruppen har satt for prosjektet. Prosjektgruppen skal også lage et designgrunnlag som senere kan brukes til å bygge et system for verktøyveksling og verktøylagring i EDM-maskinen. Dette krever en mulig utvidelse av EDM-maskinen, som igjen fører til at beskyttelsesbarrieren må bygges om. Løsningen som prosjektgruppen ser for seg er å dele opp beskyttelsesbarrieren til en fastmontert del og en bevegelig del som er automatisert.

Fastmontert

Den fastmonterte delen av beskyttelsesbarrieren skal beskytte operatøren for bevegelser knyttet til verktøyopplagring og verktøyveksling. Siden denne delen er fastmontert vil det være nødvendig med inspeksjonsluker for vedlikeholdsarbeid og en større åpning for å laste elektrodeholdere inn og ut fra verktøyveksleren. I tillegg må prosjektgruppen ta hensyn til større arbeidsoppgaver knyttet til EDM-maskinen som krever at beskyttelsesbarrieren fjernes.

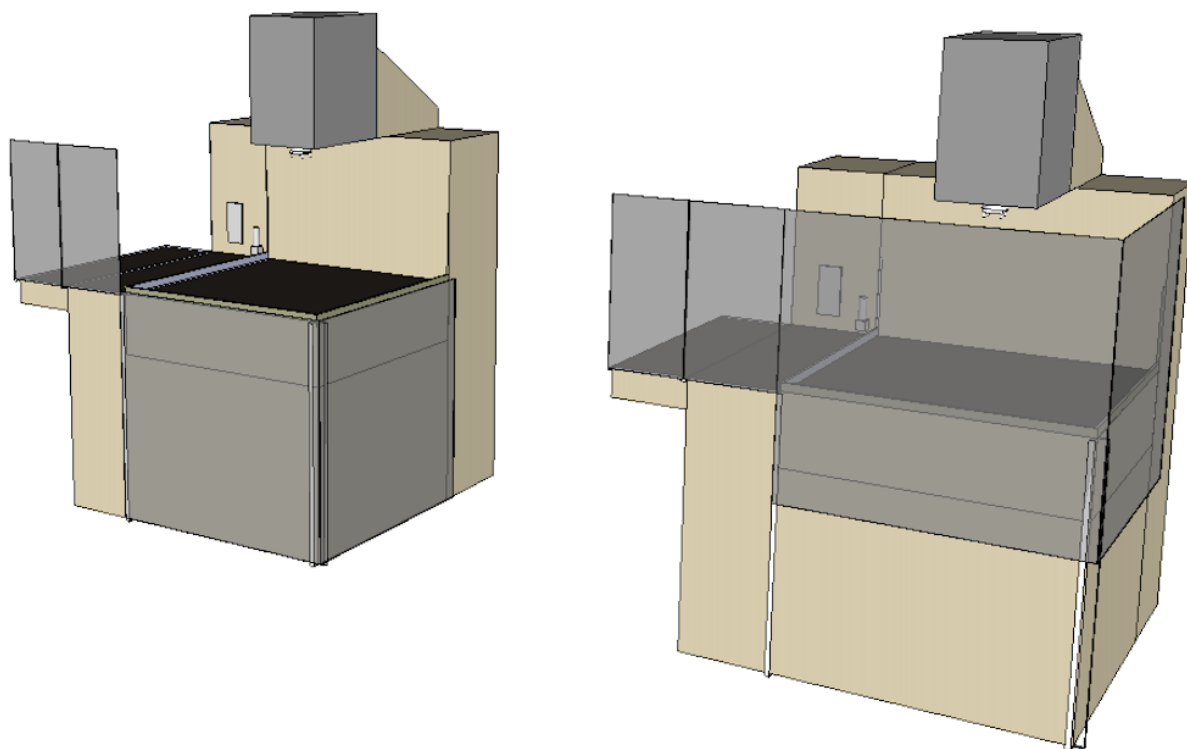


Figur 16. Fastmontert barriere på EDM-maskin

Konsept

Bevegelig

Operatøren som benytter EDM-maskinen skal være beskyttet fra selve eroderingsprosessen, men må samtidig arbeide i maskinen mellom hver erodering. Denne delen av beskyttelsesbarrieren må derfor være stillbar. Prosjektgruppen har planlagt en automatisk funksjon for å kunne heve-senke beskyttelsesbarrieren med pneumatikk eller elektroutstyr. Dette systemet skal integreres inn i verktøyvekslerens styresystem, men må også kunne styres manuelt ved behov.



Figur 17. Bevegelig barriere på EDM-maskin

Konsept

Mulige løsninger

Siden prosjektgruppen ser for seg å dele beskyttelsesbarrieren i to separate deler finnes det flere muligheter for hvordan dette skal gjøres. Først og fremst vil den fastmonterte delen festes mot en ramme eller gulvstående bjelker. En mulighet som prosjektgruppen har diskutert er å bruke en hel pleksiglass boks (bøyd til via varme for mindre montering og bedre stivhet) som festes langs sidene. Festeordningen kan konstrueres med tanke på rask demontering via fester som kan demonteres for hånd.

Den automatiske delen kan formes på samme måte med et bøyd pleksiglass for økt stivhet. Videre kan det også settes i en ramme som må løftes via pneumatikk, el.motor eller andre løsninger. Den ene siden av barrieren vil være motorstyrt mens den andre siden vil gå i skinner. På hver side vil det være behov for stolper som skinner kan monteres på.

Det er viktig å presisere at dette kun er noen vurderinger som prosjektgruppen har gjort i konseptfasen av prosjektet. Prosjektgruppen har i felleskap besluttet at beskyttelsesbarrieren er todelt, men at videre arbeid skal skje i designfasen. Dette er fordi beskyttelsesbarrierens løsning er direkte knyttet opp til konseptet prosjektgruppen velger å jobbe med. Et eksempel på dette kan være utformingen av verktøyrack mot roterende verktøyholder. Racket vil kreve en mye større barriere da dette er en stor konstruksjon som er gulvstående og skal gli på skinner. Den roterende vil monteres i EDM-maskinen og har kun behov for en liten barriereløsning med en luke for å sette inn og ta ut elektrodeholdere.

Konsept

4.4. Prosessmulighet 1

Ved prosessmulighet 1 isoleres EDM-maskinens interne styresystem helt. Dette vil si at EDM-tårnet vil stå på en spesifisert posisjon og verktøyveksler systemet må utføre hele verktøyveksler prosessen selv. Dette illustreres helt til venstre på figuren (fig. 18).

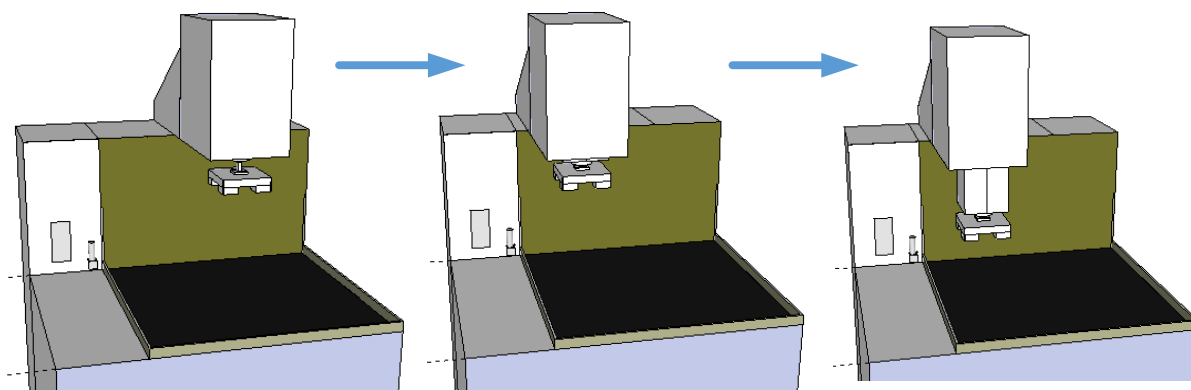
Fordeler	Ulemper
Ingen endringer av EDM-maskinens eksisterende styresystem.	Mer utfordrende design.
Ingen endringer av programstyring på EDM-maskin.	Dyrere design.
Ingen ressursbruk på utarbeiding av kommunikasjon mellom internt og eksternt styresystem.	Bytte av elektrodeholder skjer over fikstur.
Mindre avhengighet av leverandør.	Problemer knyttet til lange bevegelser (vekt mot lengde).

Tabell 20. Fordeler og ulemper ved prosessmulighet 1

Konsept

4.5. Prosessmulighet 2

I prosessmulighet 2 vil EDM-maskinens interne styresystem brukes. Her vil EDM-tårnet bli flyttet til en spesifikk posisjon ved bruk av alle akse-retningene til tårnet, noe som gir en kortere levere og hente strekning for verktøyveksleren. Se figur (fig. 18) under.



Figur 18. EDM-maskinens bevegelser i x-y-z retninger

Det har fra dag en i prosjektet vært en mulighet til å bruke kommandoen M06 som tilhører en gammel verktøyveksler prosess. Men det har kommet frem i senere tid at dette ikke vil være praktisk grunnet kommunikasjonsproblemer og kompleksiteten til styresystemene.

Det er derimot en mulighet å programmere inn en driftsstansposisjon som EDM-tårnet kan bevege seg til etter endt eroderingsprosess. Dette vil medføre omprogrammering av eroderingsprogrammer, men dette blir ikke sett på som utfordrende i forhold til kommunikasjonsproblemet nevnt ovenfor. Verktøyvekslersystemet vil fortsatt stå for verktøyvekslerprosessen, men i denne prosessmuligheten flyttes tårnet nærmere veksler punktet. Eventuelle problemer med dette er at maskinen er gammel og deler belastes mer når tårnet må flyttes.

Fordeler	Ulemper
Kortere levere –og hente strekning av elektrodeholdere for verktøyveksler.	Utfordrende design.
Verktøyveksling skjer vekk fra fikstur.	EDM-maskinens eroderingsprogrammer må omprogrammeres.
	Slitasje av EDM-maskin med tanke på at tårn må beveges.

Tabell 21. Fordeler og ulemper ved prosessmulighet 2

Konsept

4.6. Prosessmulighet 3

Ved prosessmulighet 3 vil det ikke implementeres et automasjonssystem, det vil si at operatører må flytte elektrodeholdere ved hjelp av et EIMA system. Dette er et fritt bevegelig manuelt system som bruker hydraulikk eller pneumatikk for å hjelpe bruker til å løfte tunge produkter fra en posisjon til en annen, se figur (fig. 19) under.



Figur 19. EIMA system

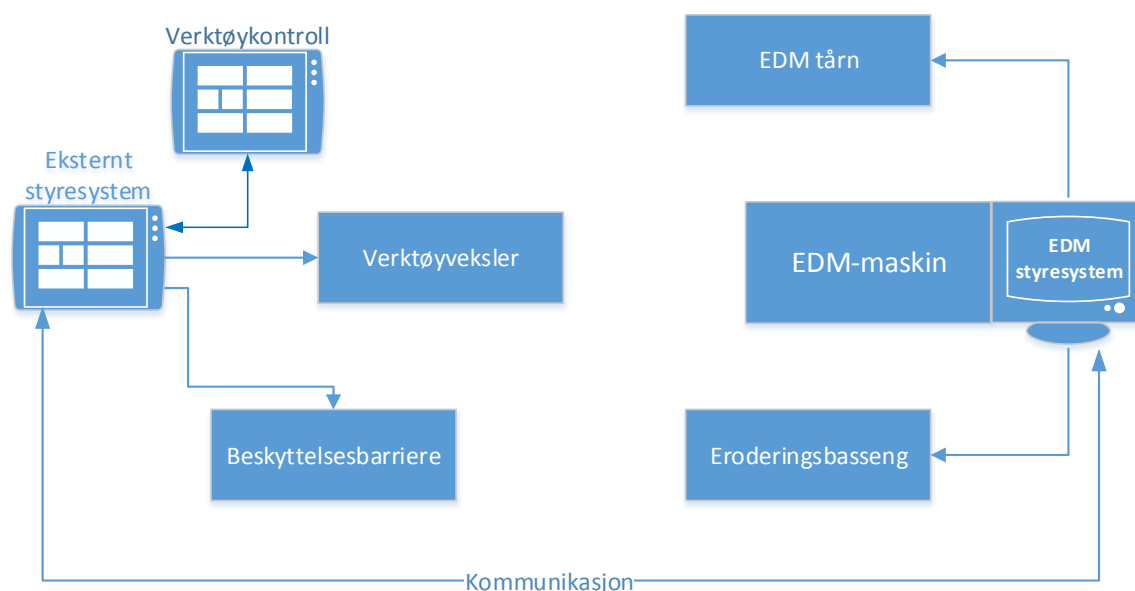
Fordeler	Ulemper
Billig i forhold til automasjonssystemer.	Manuelt system, operatørvhengig.
Enklere design for verktøyvekslingsprosess.	Større risiko for skade på elektrodeholdere, utstyr og operatør..
God fleksibilitet med tanke på andre typer elektrodeholdere da man kan kjøpe en overdimensjonert versjon.	

Tabell 22. Fordeler og ulemper ved prosessmulighet 3

Konsept

4.6.1. Funksjonell dekomponering av EDM-maskin

På figur (fig. 20) under kan vi se en dekomponering av EDM-maskinen med et funksjons blokk diagram. Blokk diagrammet viser en overordnet beskrivelse på hvilke hovedprosesser som inngår eller påvirker EDM-maskinen. Som vi ser er systemet delt opp i to deler, et internt styresystem og et eksternt styresystem. Verktøykontroll systemet kan være samme enhet som det eksterne styresystemet, men adskilt. Som prosessmulighetene beskrives i systembeskrivelses avsnittet, vil det interne styresystemet stå for styring av EDM-tårn osv. hvis denne muligheten blir valgt.

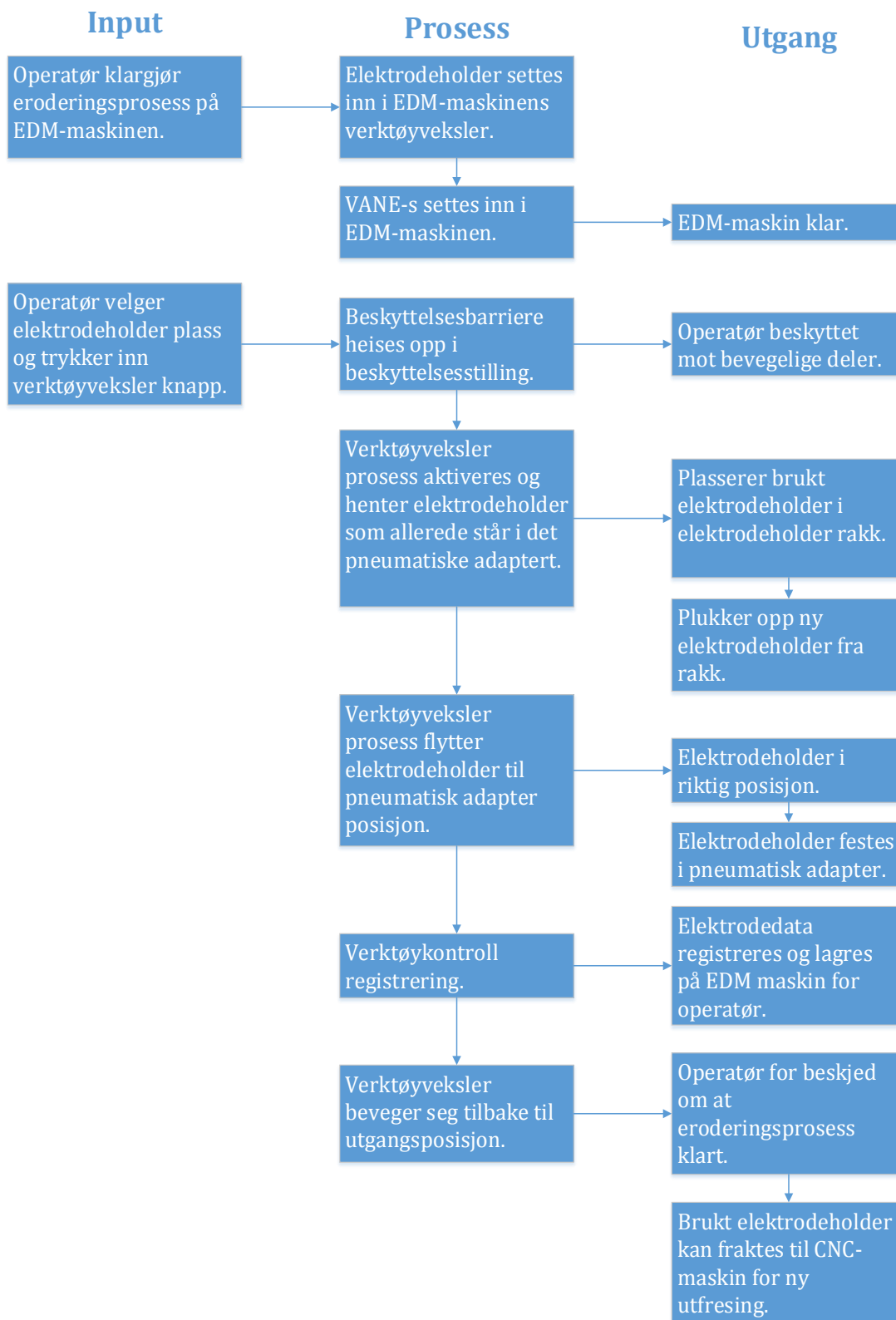


Figur 20. Dekomponering av EDM-maskin

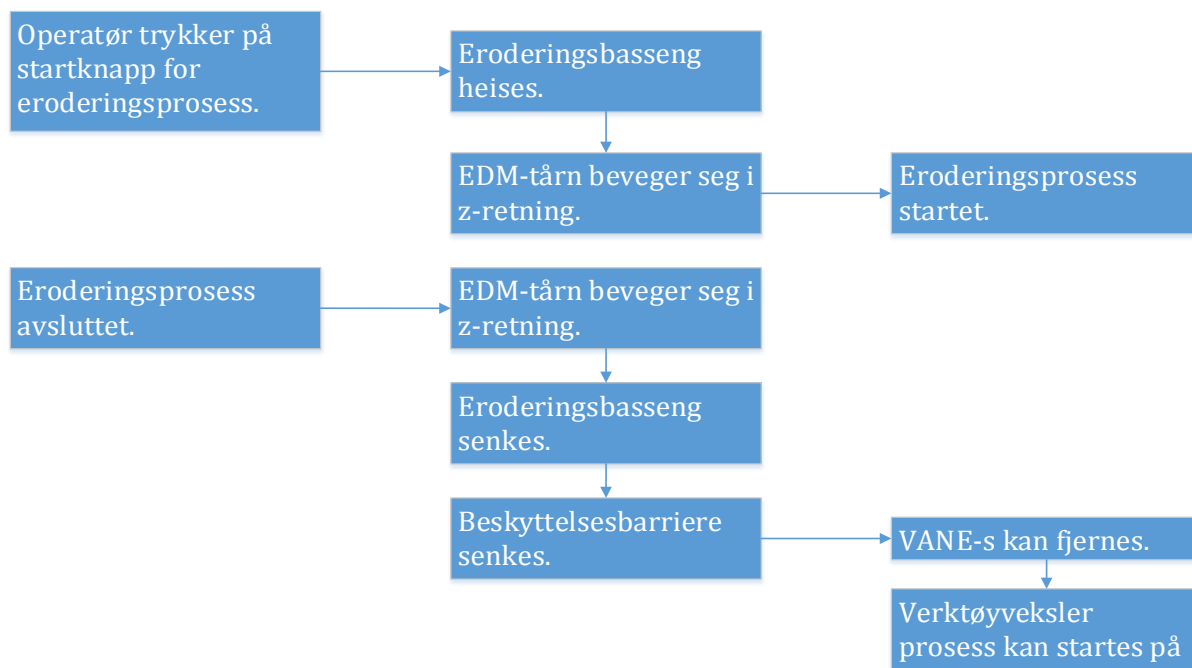
Sekvensbeskrivelse av EDM-maskin

Ved å dekomponere selve EDM-maskinen kan man enkelt se hvilke prosesser som systemet innehar og i hvilke rekkefølge de forskjellige prosessene foretar seg. I denne dekomponeringen velges det IPO-diagram grunnet enkel beskrivelse av hva som skjer når man sender inn en aktivitet til prosessen, hvilke handlinger man får i prosessen og hva man får ut som resultat på utgangen.

Vi starter med å se på hva som skjer når operatøren skal starte eroderingsprosessen av VANE produktet, se figur (fig. 21) på neste side.

Konsept


Konsept



Figur 21. Sekvensbeskrivelse IPO

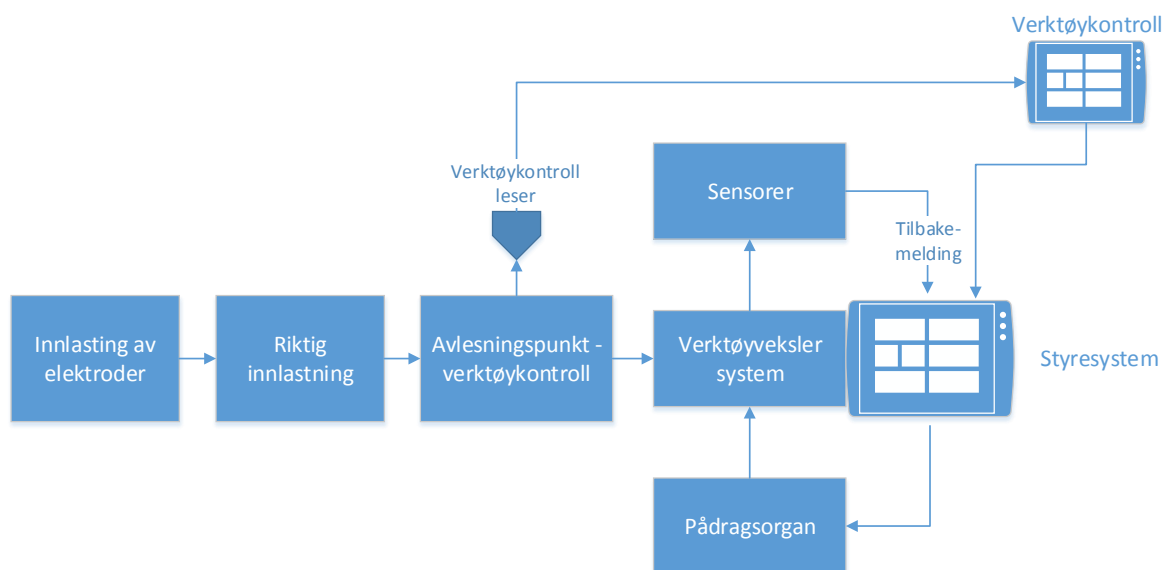
Konsept

4.6.2. Funksjonell dekomponering av verktøyveksler

På figur (fig. 22) under kan vi se en dekomponering av verktøyvekslersystemet. Som figuren viser er en av de viktigste faktorene å forsikre seg mot at elektrodeholder settes inn i riktig retning i forhold til avlesningspunktet for verktøykontrollen, og med tanke på eroderingsretningene på grafittblokkene til elektrodeholderne.

På grunnlag av valgfritt design for prosjektgruppen på verktøyvekslersystemet, lages det ikke en mer detaljert dekomponeringsfigur av systemet enn figur (fig. 22). Dette er fordi vi ikke vil låse oss til delkonsepter eller bruker –og systemkrav, som kan gi en større utfordring enn nødvendig med tanke på konseptutredningen for prosjektgruppen.

Videre fra dekomponeringen kan vi se at det er viktig for systemet å få sensorer og pådragsorgan som takler både responstiden og bevegelser verktøyveksleren vil ha i sine prosesser. Sensorene og pådragsorganene blir utredet når konseptet er bestemt, og vil derfor bli snakket mer om vi designfasen til prosjektet.



Figur 22. Dekomponering av verktøyveksler

Sekvensbeskrivelse av verktøyveksler

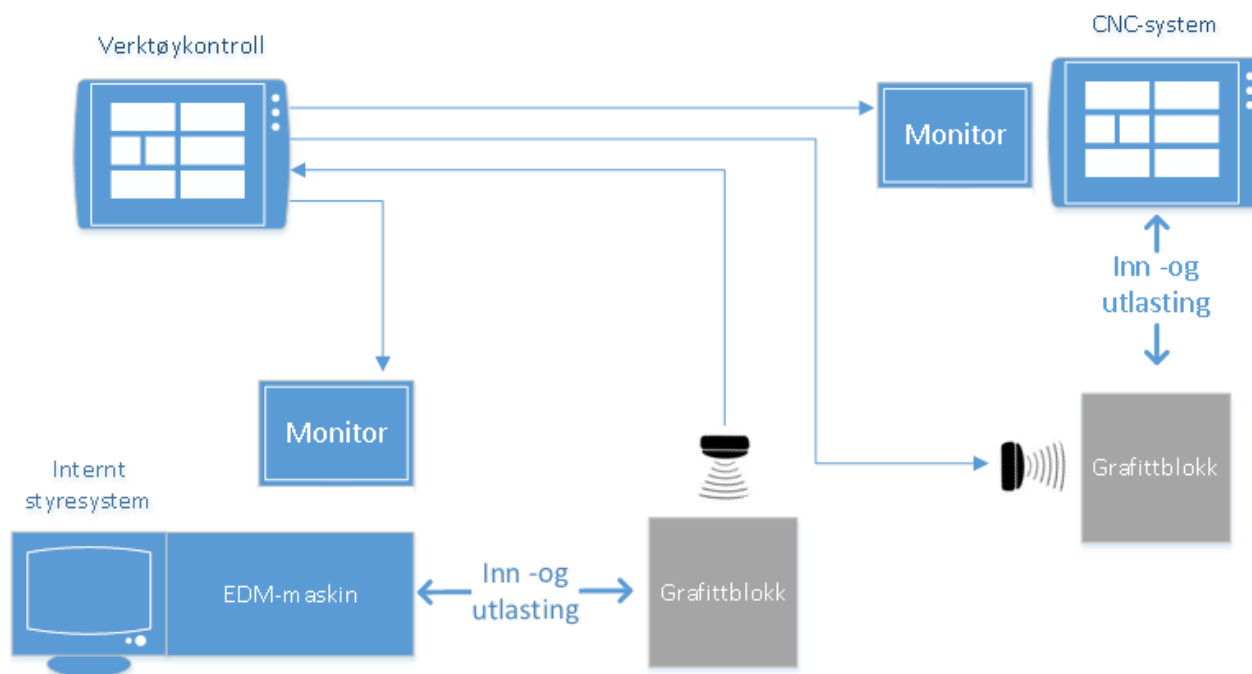
For sekvensbeskrivelse av verktøyveksleren, se figur (fig. 21). Dette er ikke en fullstendig beskrivelse av verktøyveksleren i seg selv, men som nevnt tidligere har verktøyveksleren flere konsepter som har forskjellige sekvensbeskrivelser. En fullstendig sekvensbeskrivelse vil komme i konseptutredningsfasen.

Konsept

4.6.3. Funksjonell dekomponering av verktøykontroll

På figur (fig. 23) kan vi se en dekomponering av verktøykontrollsystemet og hvilke systemer som påvirkes. Det er viktig å tenke på at dette er kun en dekomponerings-illustrasjon, og ikke en konseptidé. Prosjektgruppen vet fra Vedlegg A: *Prosjektmandat*, og fra samtaler med oppdragsgiver, hvilke systemer som skal styre og hvordan verktøykontroll-systemet bør fungere overordnet. Som vi kan se skal det være en innskrivingsstasjon – avlesningsstasjon med monitor for operatører både ved fresestasjon og eroderingsstasjon. Systemet skal frakte endringer på elektrodedata til grafittblokkene til eroderingsmaskinen slik at operatører slipper å skrive dette for hånd.

Verktøykontrollsystemet vil ha to forskjellige prosessmuligheter som er avhengig av samme utfordring som i prosessbeskrivelses avsnittet, med andre ord kommunikasjon mellom de forskjellige styresystemene og maskinene. Grunnet usikkerhet om fullstendig kommunikasjon går på nåværende tidspunkt, vil prosjektgruppen se på forskjellige løsninger som tilfredsstillir oppdragsgiver. Hvilke av disse prosessmulighetene prosjektgruppen velger vil bli bestemt tett samarbeid med Exeron, GAN og KTT.



Figur 23. Dekomponering av verktøykontroll

Konsept

Prosessmulighet 1

Prosessmulighet 1 består av et verktøykontrollsystem som har full kommunikasjon med CNC –og EDM-maskinen. Dette innebærer at operatører skal kunne hente og sende elektrodedata direkte fra verktøykontroll brikkene og til maskinene uten involvering. For at dette skal være mulig må det utvikles en form for konverteringsmoduler som tar for seg denne oppgave.

Prosessmulighet 2

Prosessmulighet 2 består av et verktøykontrollsystem som har delvis eller ingen kommunikasjon med CNC –og EDM-maskinene. Dette innebærer at operatører må fysisk taste inn elektrodedata på verktøykontroll brikken, samt ved henting av elektrodedata fra brikken må elektrodedataen skrives inn manuelt på EDM-maskinen. Verktøykontroll-brikken erstatter lappesystemet, men operatører må fortsatt følge de gamle rutinene. Denne prosessmuligheten er fortsatt en forbedring fra dagens situasjon hvor de håndskrevne lappene forsvinner og dermed minimeres risikoen noe.

Konsept

5. Overordnet konseptideer

For å forenkle arbeidet og forkorte timeantallet i hele konseptevalueringsprosessen har prosjektgruppen utarbeidet et system for å evaluere konseptideene gjennom diskusjon. Før vi benytter andre konseptevalueringsmetoder skal vi holde en førevaluering, der prosjektgruppen i felleskap vurderer mulighetene for å få en gjennomførbar løsning ut av konseptideene. Førevalueringen av konsepter består av to deler. Det blir en diskusjon mellom prosjektmedlemmene, og en evaluering av konseptideene i tabell (tab. 24). Grunnen til at prosjektgruppen har valgt å gjøre dette er for å luke ut konseptideer før det gjøres videre arbeid med dem. Videre vil kapittelet «gjennomførbare konsepter» komme hvor konseptet forklares i med en innledning, prosessbeskrivelse og en evaluering av overordnede priser for konseptet.

Oppdeling av konseptideer

Konseptideene er delt opp i tre hoveddeler for å skille de forskjellige prosessmuligheten beskrevet i kapittel 4, prosessbeskrivelse. Disse prosessmulighetene er:

- Prosessmulighet 1 – EDM-maskinen tårn står stille i arbeidsposisjon (over fikstur), verktøyveksler utfører byttet av elektrodeholder i EDM-maskin.
- Prosessmulighet 2 - EDM-maskinens tårn kan programmeres til bevegelse i X, Y og Z retning til ønsket posisjon etter endt eroderingsprosess, verktøyveksler utfører bytte av elektrodeholder i EDM-maskin.
- Prosessmulighet 3 - Levering av elektrodeholdere til EDM-maskin gjøres ved hjelp av et manuelt system som ikke inneholder automatiserte deler.

I førevalueringen av konseptideer skal alle konseptideene prosjektgruppen har jobbet med skrives inn. Hver konseptide gis en kode som er konseptideens referanse.

Avslutningsvis skal prosjektgruppen gi hvert konsept en konklusjon om konseptet er gjennomførbart eller ikke. En oversikt over hvilke konsepter som er gjennomførbare eller ikke kan man se i tabell (tab.24). For å indikere tilstanden til konseptløsningen brukes det fargekoder, se tabell (tab.23). I tillegg vil alle evalueringer få en beskrivende kommentar

Konsept

på hvorfor statusen til konseptideen er gjennomførbar, mulig gjennomførbart eller ikke gjennomførbar.

	Konseptet lar seg gjennomføre, videre utredning.
	Konseptet lar seg mulig gjennomføre, må hente inn mer info.
	Konseptet lar seg ikke gjennomføre, ingen videre utredning.

Tabell 23. Evalueringskriterier

Konseptevaluering			
Konseptide:		Evaluering:	
Prosessmulighet 1 – EDM-maskinen tårn står stille i arbeidsposisjon (over fikstur), verktøyveksler utfører byttet av elektrodeholder i EDM-maskin.			
Nr.	Konsept		Kommentar
P1_Rob	Robotarm med stasjonært verktøyrack		Robotarmen er for dyr. Pris: 250.000 NOK
P1_Vink	Vinkelstag med verktøyrack, roterende V.V. eller pariserhjul		Ikke gjennomførbart på grunn av vinkeltoleranse mot 3R-system.
P1_Rull	Rullebånd med verktøyrack.		Ikke tilpasset andre løsninger.
P1_Rot	Roterende hengende verktøyveksler med heis og skinner.		Aktuell løsning, tas med videre til «Analyse av konsepter».
P1_Lin	Lineær aktuator med X, Y og Z-akse bevegelser og verktøyrack.		Aktuell løsning, tas med videre til «Analyse av konsepter».
Prosessmulighet 2 – EDM-maskinens tårn kan programmeres til bevegelse i X, Y og Z retning til ønsket posisjon etter endt eroderingsprosess, verktøyveksler utfører bytte av elektrodeholder i EDM-maskin.			
Nr.	Konsept:		Kommentar
P2_Rot	Roterende hengende verktøyveksler med heis og skinner.		Aktuell løsning, tas med videre til «Analyse av konsepter».
P2_Lin	Lineær aktuator med X og Z-akse bevegelser, (forskjellige innlastingsteknikker).		Aktuell løsning, tas med videre til «Analyse av konsepter».
Prosessmulighet 3 – Levering av elektrodeholdere til EDM-maskin gjøres ved hjelp av et automasjonssystem.			
Nr.	Konsept:		Kommentar
P3_EIMA	EIMA (Ergonomisk Industriell Manipulator-Arm) system brukes til å manuelt flytte elektrodeholdere mellom EDM-maskin og verktøyveksler		Aktuell løsning, tas med videre til «Analyse av konsepter».

Tabell 24. Førerevaluering av konsepter

Konsept

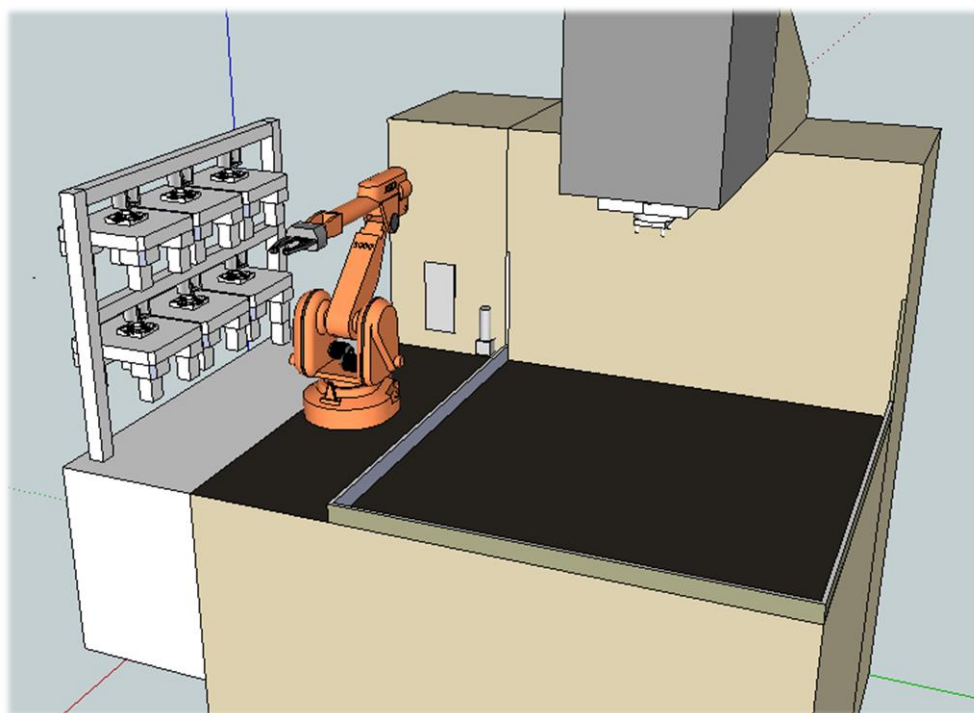
5.1. Ikke-gjennomførbare konsepter

Alle konseptideene som prosjektgruppen har kommet opp med, men som ikke skal tas med videre i vurderingen spesifiseres i dette kapittelet.

5.2. Konsept P1_Rob: Robotarm med stasjonært verktøyrack

Innledning

Konseptet bygger ganske enkelt på at selve leveringen til/fra EDM-maskin skal gjøres automatisk ved hjelp av en robotarm. Elektrodeholderne skal lagres i et verktøyrack med plass til seks eller flere elektrodeholdere. Det må implementeres inn eget styresystem for beskyttelsesbarrieren.



Figur 24. Robotarm med stasjonært verktøyrack

Overordnet kostnader til konsept

Kommentar	Pris, NOK
Pris på et stykk robotarm uten tilhørende utstyr.	250000
Pris på tilhørende utstyr som styresystem.	Usikkert
Pris på styresystem for beskyttelsesbarrieren.	16200
Pris på elektrodeholder rack, mekanisk ramme	20000
Sum	286200

Tabell 25. Overordnet kostnader til konsept P1_Rob

Konsept

Konklusjon

Denne konseptideen lar seg ikke gjennomføre hovedsakelig på grunn av tilbakebetalingskravet prosjektgruppen har fått av oppdragsgiver, og dette lyder som følger at prosjektgruppens kostnad må betales tilbake i løpet av et arbeidsår. Ny EDM-maskin for GAN koster ca. 1.2 millioner, noe som tilsier at en robotarm med tilhørende system fort kan koste opp mot en halv maskin, som igjen viser at dette ikke er lønnsomt eller aktuelt.

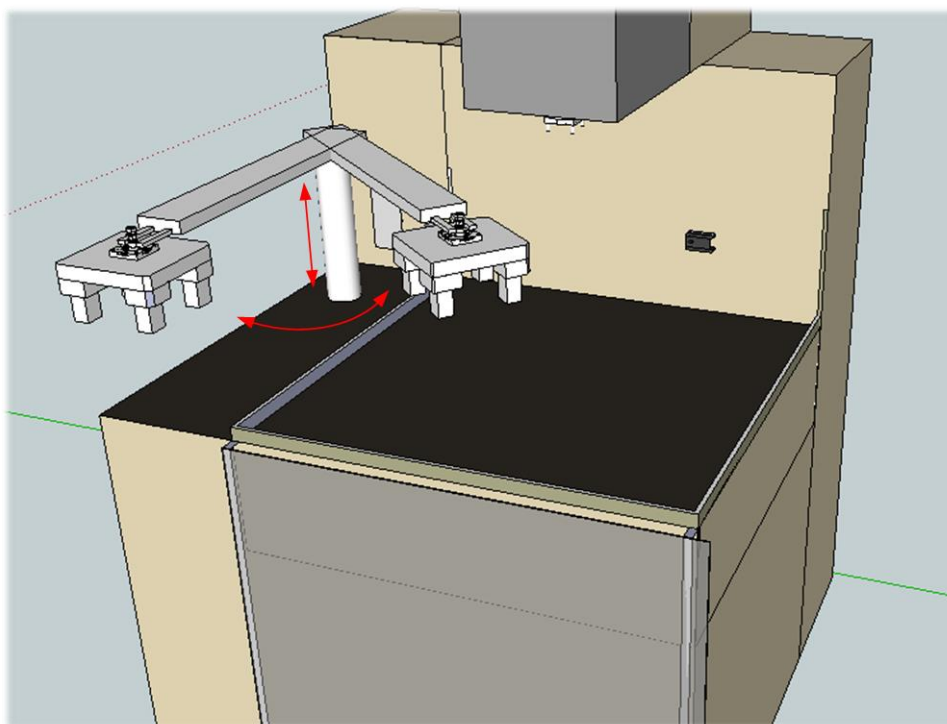
- ❖ Med grunnlag fra konklusjonen over vil konseptet ikke bli tatt med videre.

Konsept

5.3. Konsept P1_Vink: Vinkelstag

Innledning

Vinkelstag konseptet bygger på prinsippet at elektrodeholderne hentes fra et fast punkt, og armen beveger seg inn til EDM-maskinens tårn for så å bevege seg opp til 3R-systemet. På dette konseptet må det bygges et innlastingssystem som gir vinkelstaget elektrodeholderne.



Figur 25. Vinkelstag

Konklusjon

Prosjektgruppen fant fort ut at denne løsningen ikke er mulig grunnet vinkelposisjonen elektrodeholderen vil få når den skal settes inn i 0-punktsystemets adapter. Klareringen i dette adaptere er kun på noen få millimeter og det vil derfor bli vanskelig å få dette til med tanke nøyaktighet osv. Det er derfor ikke utført undersøkelser på overordnet pris på konseptet.

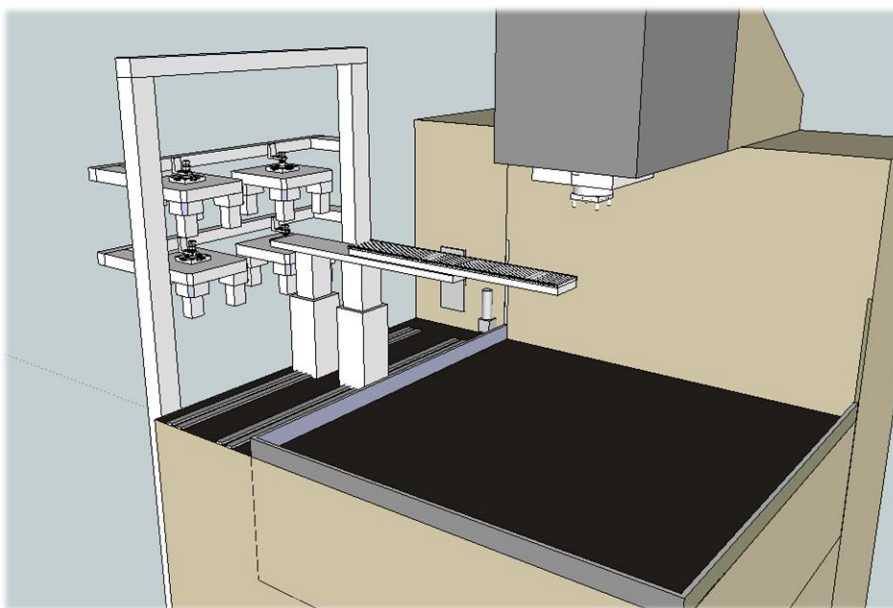
- ❖ Med grunnlag fra konklusjonen over vil konseptet ikke bli tatt med videre.

Konsept

5.4. Konsept P1_Rull: Rullebånd

Innledning

Rullebåndsystemet bruker et rullebånd som kan bevege seg inn i verktøyracket for å hente elektrodeholderne, og dette gjør den ved å bruke plassen mellom innfestningsrammene til grafittblokkene. Når den har elektrodeholderen løftes rullebåndet opp og elektrodeholderen er fri fra innfestningen på verktøyracket. Derfra vil systemet bevege seg til posisjon hvor den står lineært med EDM tårnet og rullebåndet vil først bevege seg inn i maskinen før det starter, se bilde. Deretter vil rullebåndet heises og elektrodeholderen vil festet til 0-punktsystemet, derfra trekker båndet seg tilbake og eroderingsprosessen kan starte.



Figur 26. Rullebånd

Konklusjon

Når prosjektgruppen først kom opp med dette systemet var det mange positive tanker, men det kom fort frem at fleksibiliteten til systemet er veldig dårlig, og med tanke på at dette er en av fokusområdene i Vedlegg A: *Prosjektmandat* kan prosjektgruppen ut ifra dette si at konseptet ikke vil score høyt på de forskjellige verktøyene. Det er derfor ikke utført undersøkelser på overordnet pris på konsept.

- ❖ Med grunnlag fra konklusjonen over vil konseptet ikke bli tatt med videre.

Konsept

5.5. Gjennomførbare konsepter:

I dette kapitlet tar prosjektgruppen for seg konsepter som de ser for seg kan realiseres.

5.6. Konsept P1_Rot: Roterende hengende verktøyveksler med heis og skinner.

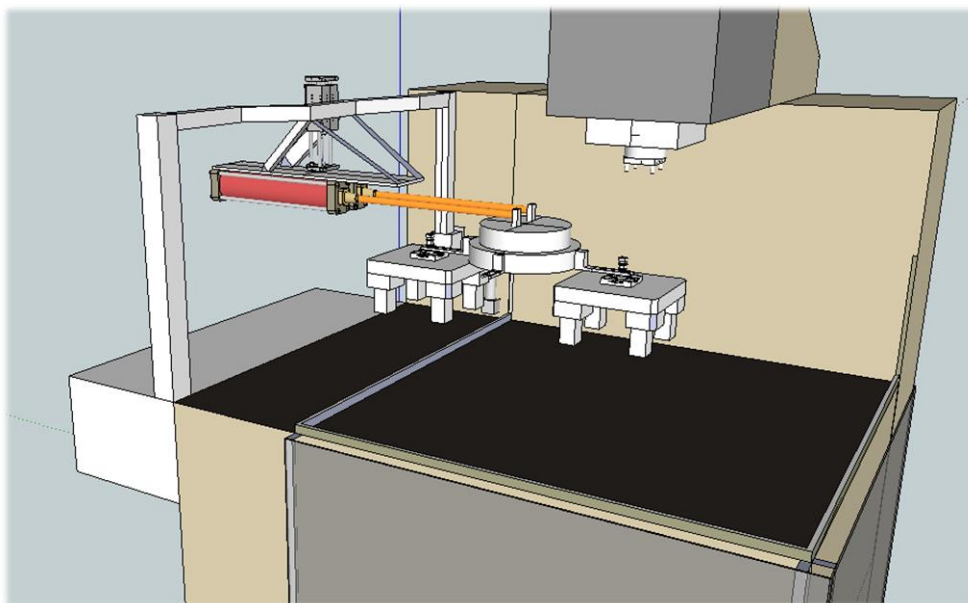
Innledning

Konseptet roterende hengende verktøyveksler er et konsept hvor prosjektgruppen har tatt inspirasjon fra eksisterende utstyr hos oppdragsgiver. Dette er et system som bruker en roterende rondell for valg av elektrodeholder samt en X- og Z-akse bevegelse for inn/ut og opp/ned bevegelse. Med dette menes at systemet skal gå helt inn til tårnet i EDM-maskinen og at det skal gå opp og ned for innsetting av elektrodeholdere. De store utfordringene prosjektgruppen ser med denne løsningen er den lange innlastingslengden og heisemekanismen for opp/ned aksene, og dette er på bakgrunn av at rondellen med elektrodeholdere kommer til å få en høy vekt. Dette betyr videre at systemet må ha en kraftig og stabil rammekonstruksjon, noe som tar mer plass og dette kan hindre for eksempel tilgang på EDM-maskinen for vedlikehold. En annen negativ faktor er kostnader, hvor systemet trenger flere og kraftigere deler enn for eksempel P1_Lin, noe som vil slå negativt ut i avsnittet «vurdering av konsepter».

Overordnet systembeskrivelse

Systemet fungerer slik at når operatør starter verktøyvekslerprosessen roterer veksleren til angitt posisjon hvor valgt elektrodeholder henger, derfra vil systemet bevege seg inn EDM-maskinen til det står lineært med EDM-maskinens tårn. Herfra vil systemet heises opp og elektrodeholderen kan spennes inn i 0-punktsystemet. Deretter trekker systemet seg tilbake og eroderingsprosessen kan startes.

Konsept



Figur 27. Roterende hengende verktøyveksler med heis og skinner

Overordnet kostnader

Kommentar	Pris* NOK
Proximity sensor tårn	600
Solenoid chuck	600
PLS Siemens S7	15000
Aktuator, teleskopskinner	30000
Aktuator, heve-senke	10000
Steppermotor til roterende del	2500
Kontroller til steppermotor	1500
Mekaniske deler, roterende	20000
Mekanisk ramme	10000
Sum	90200

*Estimerte priser

Tabell 26. Overordnet kostnader til konsept P1_Rot

Konklusjon

Prosjektgruppen ser på dette systemet som en aktuell løsning for verktøyveksler prosessen, og det velges derfor å ta dette konseptet med videre til «vurdering av konsepter» hvor konseptet vil bli vektet mot andre konsepter.

Konsept

5.7. Konsept P1_Lin: Lineær aktuator med X, Y og Z-akse bevegelser og verktøyrack.

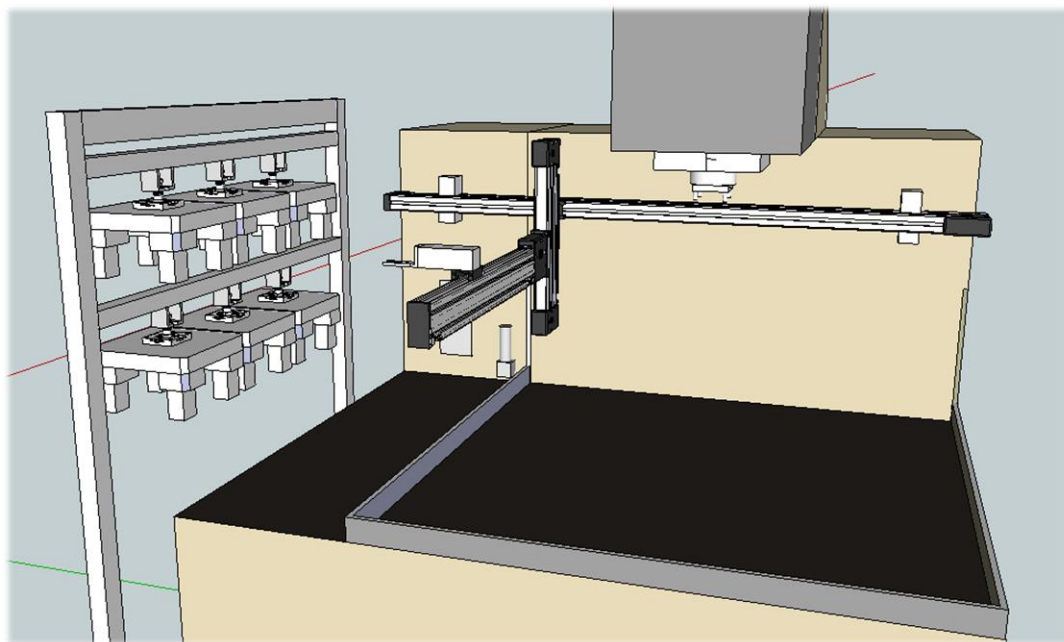
Innledning

Videre har prosjektgruppen valgt å se på et konsept som bruker lineær bevegende deler til henting og levering av elektrodeholdere. Dette konseptet tar også utgangspunktet i at EDM-maskinens tårn står på en fast posisjon, og systemet må derfor bevege seg i alle tre akser for å kunne hente og levere elektrodeholderne, se skisse (fig. 28). For at kravet om innlastingshøyde på 130cm skal bli tilfredsstilt må raket for elektrodeholdere enten være justerbart, eller det må lages en trappeanordning som gjør at operatørene får en riktig innlastingshøyde. På dette konseptet har prosjektgruppen fått en overordnet pris på et tre-akse system med motordrift, og denne prisen ligger på mellom 30-40.000 NOK. Det er noe usikkerheter om hvor gjennomførbart dette systemet er med tanke på den lange y-akse armen, og hvor mye vekt lagerføringene tåler. Det kommer derfor et annet konsept som bruker lineære aktuatorer.

Overordnet systembeskrivelse

Systemet fungerer slik at når operatøren velger verktøyposisjon og deretter starter verktøyveksler prosessen vil de tre forskjellige aksene bevege seg til den angitte posisjonen. Med andre ord beveger systemet seg til den valgte posisjonen og derfra går den inn og henter ut elektrodeholderen. Når dette er gjort går den videre til EDM tårnets posisjon og her vil styresystemet kontrollere at akse systemet er klar for innlasting av elektrodeholderen inn til 0-punktsystemet. Når dette er gjort flytter aksesystemet seg vekk fra tårnet og eroderingsprosessen starter og når eroderingsprosessen er ferdig utfører akse-systemet samme operasjon i motsatt rekkefølge.

Konsept



Figur 28. Lineær aktuator med X,Y og Z-akse bevegelser og verktøy rack

Overordnet kostnader

Kommentar	Pris* NOK
Proximity sensor tårn	600
Solenoid chuck	600
PLS Siemens S7	15000
Lineær aktuator (3-akse)	40000
Mekanisk ramme for rack	20000
Større sikkerhets barriere (Sum ukjent)	++
Sum	76200

*Estimerte priser

Tabell 27. Overordnet kostnader til konsept P1_Lin

Konklusjon

Prosjektgruppen ser på dette systemet som en aktuell løsning for verktøyveksler prosessen, og det velges derfor å ta dette konseptet med videre til «vurdering av konsepter» hvor konseptet vil bli vektet mot andre konsepter. Det er som nevnt noe usikkerhet rundt realiseringen av konseptet og dette vil bli tatt med i en eventuell risikoanalyse.

Konsept

5.8. Konsept P2_Rot: Roterende hengende verktøyveksler med heis og skinner.

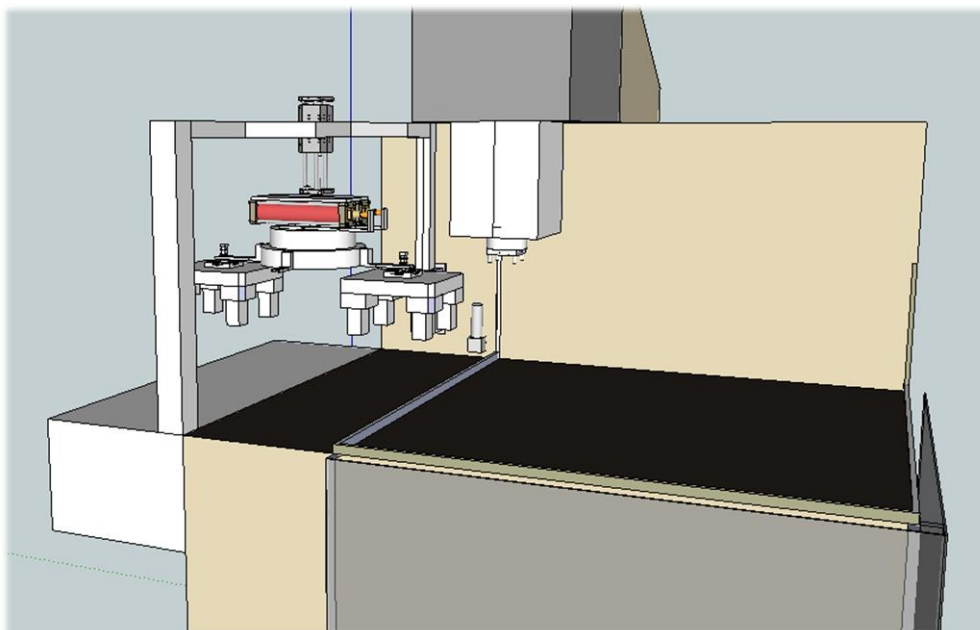
Innledning

Roterende hengende verktøyveksler med heis og skinner bygger på samme konsepttype som P1_Rot, men her vil EDM-maskinens tårn flyttes for å få en kortere leveringsavstand for systemet. I dette tidspunktet er det viktig å se på mulighetene for flytting av tårnet og hvordan dette for eksempel påvirker kostnadene til konseptet, og med dette menes at det er viktig å kartlegge kostander som omprogrammering av EDM-maskin. En annen faktor med dette systemet er at selve verktøyvekslerbytte skjer vekk fra fiksturet, og dette reduserer mulighetene for at elektrodeholder eller selve verktøyveksler systemet treffer fikstur eller produksjonsdeler ved verktøybytte, noe som minimerer risikoen for skade på utstyr. Ved å sammenlikne dette systemet med P1_Rot kan vi her se, som nevnt, at innlastingslengden til systemet blir kortere fordi tårnet kommer nærmere. Dette gjør at selve rammekonstruksjonen blir billigere å konstruere enn i P1_Rot, men konseptet har samme utfordringer med tanke på opp-ned heising og inn-ut levering. Det er også en utfordring å finne deler som kan passe sammen til dette systemet, og noe av delene må designes av prosjektgruppen for senere å bli laget av andre leverandører.

Overordnet systembeskrivelse

Systemet fungerer slik at når operatør starter verktøyveksler prosessen roterer veksleren til angitt posisjon hvor valgt elektrodeholder henger, deretter vil systemet bevege seg inn i EDM-maskinen til det står vertikalt med EDM-maskinens tårn. Videre vil systemet heises opp og elektrodeholderen kan spennes inn i 0-punktsystemet og deretter trekkes systemet tilbake for at eroderingsprosessen kan starte.

Konsept



Figur 29. Roterende hengende verktøyveksler med heis og skinner

Overordnet kostnader

Kommentar	Pris* NOK
Proximity sensor tårn	600
Solenoid chuck	600
PLS Siemens S7	15000
Aktuator, skinne med styring	10000
Aktuator, heve-senke med styring	15000
Steppermotor med styring til rondell	4000
Mekaniske deler, roterende	20000
Mekanisk ramme (Hengende)	5000
Eksterne sensorer	7500
Sum	76700

*Estimerte priser

Tabell 28. Overordnet kostnader til konsept P2_Rot

Konklusjon

Prosjektgruppen ser på dette systemet som en aktuell løsning for verktøyveksler prosessen, og det velges derfor å ta dette konseptet med videre til «vurdering av konsepter» hvor konseptet vil bli vektet mot andre konsepter. Som nevnt finnes det ikke konkrete overordnede priser på dette konseptet, og det må designes egne deler for systemet. Dette vil være med på å trekke systemet ned på faktorer som vedlikehold.

Konsept

5.9. Konsept P2_Lin: Lineær aktuator med X –og Z-akse bevegelser.

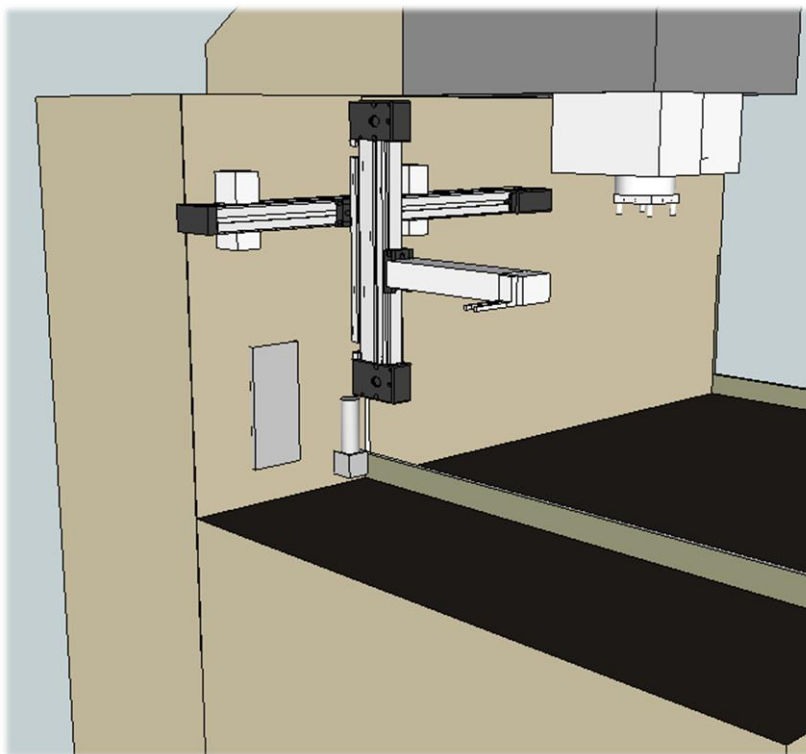
Innledning

Dette lineær bevegende systemet bygger på samme konsept som P1_Lin, men i dette tilfelle velger prosjektgruppen å flytte EDM-maskinens tårn nærmere systemet for å korte ned henting –og leveringsavstanden for systemet. Med tanke på at tårnet kan flyttes til hvilken som helst posisjon innenfor eroderingsbassenget kan dette systemet fjerne y-akse bevegelsen, og med andre ord vil dette minimere kompleksiteten til styringen av lineær aktuatorene. En negativ faktor med underkonseptet er at det må implementeres et innlastingssystem som gir lineær aktuatoren elektrodeholder ved en fast posisjon, som er på lineært plan med 0-punktsystemetets griper. Dette har prosjektgruppen tatt hensyn til og det er kommet opp med tre forskjellige underkonsepter for denne utfordringen. Disse vil bli sett på ved en senere anledning hvis konseptet blir vinneren av «vurdering av konsepter» fasen. En av usikkerhetene i konsept P1_Lin er om lagerføringene på y-akse armen vil tåle vekten til elektrodeholderen, i dette tilfellet vil denne usikkerheten minimeres fordi y-akse armen på dette systemet vil bli kortere.

Overordnet systembeskrivelse

Systemet vil som nevnt tidligere ha samme funksjon som P1_Lin, med unntak av y-aske armen. Dette betyr at innlastingssystemet gir elektrodeholderen på en fast posisjon, og når systemet sier ifra at elektrodeholderen står i riktig posisjon, vil to-akse systemet gå ned å hente elektrodeholderen. Når denne er hentet ut beveger lineær aktuatorene seg opp til EDM-maskinens tårnposisjon og her vil systemet, som på konsept P1_Lin bli registrert at systemet er klart for innsetting av elektrodeholder inn i 0-punktsystem. Deretter vil lineær aktuatorene bevege seg vekk fra tårnet og eroderingsprosessen kan starte.

Konsept



Figur 30. Lineær aktuator med X -og Z-akse bevegelser

Overordnet kostnader

Kommentar	Pris* NOK
Proximity sensor tårn	600
Solenoid chuck	600
PLS Siemens S7	15000
Lineær aktuator (2-akse)	30000
Innlastingssystem	35000
Sum	81200

*Estimerte priser

Tabell 29. Overordnet kostnader til konsept P2_Lin

Konklusjon

Prosjektgruppen ser på dette systemet som en aktuell løsning for verktøyveksler prosessen, og det velges derfor å ta dette konseptet med videre til «vurdering av konsepter» hvor konseptet vil bli vektet mot andre konsepter. Hvis dette konseptet får den beste vektingen må det gjøres en «vurdering av konsepter» runde 2 for å finne ut hvilke type underkonsept som dette konseptet skal bruke. Disse konseptene er allerede utredet og hver av dem gir en god løsning, derfor vil vektingen blir enklere enn i denne vurderingsrunden.

Konsept

5.10. Konsept P3_EIMA: EIMA (Ergonomisk Industriell Manipulator Arm)*Innledning*

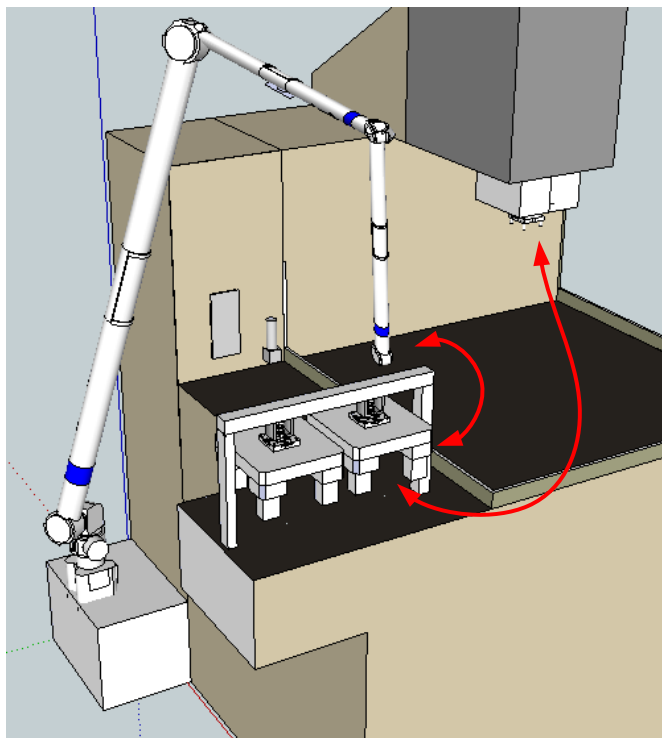
Prosjektgruppen har med tanke på kravet om «lønnsomheten til prosjektet» og «kravet om tilbakebetaling av brukte kostnader i løpet av et år», valgt å se på et konsept som utelukker automatisering av verktøyvekslerprosessen. Dette påvirker prosjektet positivt med tanke på kostnader, men introduserer andre negative faktorer som mindre fleksibelt, mer operatørvhengighet og større risiko for slitasjeskader og klemfare.

Prosjektgruppen har også på dette konseptet funnet en overordnet pris på den ergonomisk armen, og denne ligger på rundt 50.000 NOK. Det er som i andre konsepter viktig å tenke på at dette er kun for armen og at det vil komme andre kostnader ved siden av dette som bygging av verktøyrack osv.

Overordnet systembeskrivelse

Før operatøren starter eroderingsprosessen tar han tak i den ergonomiske armen og løsner den fra sin faste lagringsposisjon. Når dette er gjort fører operatøren armen til verktøyracket og henter ut en elektrodeholder ved å låse elektrodeholderen til en griper som prosjektgruppen må designe, dette gjøres slik at elektrodeholderen sitter god fast slik at den ikke faller av under transport til EDM-maskinens tårn. Griperen for elektrodeholderen og griperen for 0-punktsystemet vil bli betjent av et brytersystem på armen. Når operatøren setter inn elektrodeholderen inn i 0-punktsystemet aktiveres gripesystem til 0-punktsystemet, videre deaktiveres gripersystemet for elektrodeholderen og armen kan plasseres tilbake til sin faste posisjon. EDM-maskinen er nå klar for eroderingsprosess, og ved demontering av elektrodeholder følges samme prosess bare i motsatt rekkefølge.

Konsept



Figur 31. EIMA (Ergonomisk Industriell Manipulator Arm)

Overordnet kostnader

Kommentar	Pris* NOK
EIMA arm	50000
Rammekonstruksjon for arm	10000
Gripersystem for elektrodeholdere	10000
Div. (Større utstyr enn andre konsepter, vanskeligere å montere)	5000
Sum	75000

*Estimerte priser

Tabell 30. Overordnet kostnader til konsept P3_EIMA

Konklusjon

Prosjektgruppen ser på dette systemet som en aktuell løsning for verktøyveksler prosessen, og det velges derfor å ta dette konseptet med videre til «vurdering av konsepter» hvor konseptet vil bli vektet mot andre konsepter. Hvis dette konseptet scorer høyest på vektningen i de forskjellige metodene, må prosjektgruppen i samarbeid med oppdragsgiver finne ut om dette er et ønskelig system for brukerne, altså operatørene. Det må også gjøres endringer i kravspesifikasjonsdokumentet hvor flere krav viser til automatisering av verktøyvekslingsprosessen.

Konsept

5.11. Verktøykontroll

Verktøykontrollsystemet bør forenkle overføring av og samtidig øke sikkerheten til elektrodedata. Dagens system er basert på nedskrivning av elektrodedata på en «gul lapp». Oppdragsgiverens ønske er å del automatisere systemet. Automatisk overføring av elektrodedata fra fresemaskinen til EDM maskinen forebygger feil, og dermed tap, i større grad enn dagens system.

Et automatisert system kan deles opp i tre kategorier:

- Basert på visuell identifikasjon.
- Basert på overføring av data gjennom radiofrekvensstyrt kommunikasjon (RFID).
- En kombinasjon av begge metoder.

Eksempler på visuell identifikasjon er blant annet strekkode og QR-koder, samt fargekoder og bokstaver. Eksempler på radiofrekvensstyrt kommunikasjon er adgangskort, bomstasjon brikke og merking av dyr («chip»). Et eksempel på en kombinasjon av begge deler er «prislappene» på reolene i dagligvarebutikker, noe som i økende grad blir innført i det siste. Disse lappene kan gjenkjennes som «digitale» skjermer med blant annet priser og strekkoder. Skjermene har en innebygd antenne som kommuniserer med en database i butikken. Manuell justering av prislappene er derfor ikke lenger nødvendig.

Konsept

Sammenlikning av verktøykontrollsystemer mot hverandre

Hvert system har sine fordeler og ulemper. Disse fordeler og ulemper bør veies opp mot brukerkravene. Mulighet av implementering av et verktøykontrollsystem i de eksisterende styresystemene på både fresemaskin og EDM-maskin bør også tas med i vurderingen, selv om et kontrollsystem kan brukes parallelt med de eksisterende styresystemene. En kort og begrenset oppsummering av fordeler og ulemper av de forskjellige systemene (uavhengig av brukerkravene) beskrives i tabellen (tab. 31) under.

	«Gul lapp»	Visuell identifikasjon	RFID	Kombinasjonsløsning
1	Enkel i bruk	Mer komplisert i bruk enn «gul lapp»	Mer komplisert i bruk enn «gul lapp»	Mer komplisert i bruk enn «gul lapp»
2	Ingen implementering nødvendig	Implementering i styresystem: er det mulig? «Parallelt» system godt mulig.	Implementering i styresystem: er det mulig? «Parallelt» system godt mulig.	Implementering i styresystem: er det mulig? «Parallelt» system godt mulig.
3	Større mulighet for feil dataoverføring (feil i notatene)	Mindre mulighet for feil dataoverføring (bare mulighet for korrupt data)	Mindre mulighet for feil dataoverføring (bare mulighet for korrupt data)	Mindre mulighet for feil dataoverføring (bare mulighet for korrupt data)
4	Data kan lagres for senere sjekk	Data kan lagres for senere sjekk	Data kan lagres for senere sjekk	Data kan lagres for senere sjekk
5	Dataen følger ikke produktet, mulighet for feil kombinasjon av data og produkt	Dataen følger produktet, veldig liten mulighet for feil kombinasjon av data og produkt	Dataen følger produktet, veldig liten mulighet for feil kombinasjon av data og produkt	Dataen følger produktet, veldig liten mulighet for feil kombinasjon av data og produkt
6	Data må være visuelt, fare for lesefeil	Fare for at identifikasjonsskilt blir ødelagt i produksjonsprosessen	Robust teknikk eksisterer	Fare for at dataenhet blir ødelagt i produksjonsprosessen

Tabell 31. Sammenlikning av forskjellige verktøykontrollsystemer

Rad 6 i tabell (tab. 31) viser en ganske viktig konklusjon. Det viser seg at det eneste alternativet av et «gul lapp» system er et system som er basert på RFID.

Konsept

Sammenlikning av verktøykontrollsystemer mot krav

Fordi RFID er det eneste type automatiserte systemet som kan brukes som verktøykontrollsystem bør dette systemet sammenliknes med kravene som er relatert til verktøykontroll. En oversikt over disse kravene resulterer i tabellen (tab. 32) under.

Krav ID	Beskrivelse
OB_01	Systemer og løsninger som skal designes for EDM-maskin 5129, skal på ingen måte hindre GAN i videre utvikling av produksjonslinjen (helautomasjon).
OB_02	Produktet skal være CE-godkjent.
OB_03	Produktet skal være mulig å bestille, samt implementere.
OB_06	Verktøykontrollsystem med enheter skal tåle tiltenkt arbeidsmiljø.
OB_07	Verktøykontrollsystemet skal bestå av produkter fra leverandøren Balluff.
BSVK_01	Det skal foreligge et type system som viser operatør at riktige elektrodedata er lagt inn.
BEVK_01	Elektrodedata skal skrives til verktøykontrollenhet på elektrodeverktøy.
BEVK_02	Start av skriving/lesing til/fra verktøykontrollenhet skal indikeres.
BEVK_03	Vellykket skriving/lesing til/fra verktøykontrollenhet skal indikeres.
BEVK_04	Verktøykontrollsystemet skal være dynamisk.
BEVK_05	Elektrodedata skal kunne hentes automatisk fra elektrodefresens styresystem.
BEVK_06	Elektrodefresens styresystem må kunne lese eksisterende data fra verktøykontrollenheter.
BEVK_07	EDM-maskinens styresystem skal kunne lese av enheter fra verktøykontrollsystemet.
SK_20	Elektrodehøyder skal vises på display for operatørkontroll.
SK_21	Elektrodedata skal følge elektrodeholdere via verktøykontrollenhet
SK_22	Start av lesing/skriving til verktøykontrollenhet skal indikeres.
SK_23	Avsluttet skriving/lesing til/fra verktøykontrollenhet skal indikeres.
SK_27	Elektrodedata skal leses automatisk fra verktøykontrollsystemet

Tabell 32. Oversikt over kravene som stilles til verktøykontrollsystemet

Krav OB_07 spesifiserer bruk av et system som produseres av Balluff. Denne produsenten produserer systemer som er basert på både visuell identifikasjon og RFID. Dermed er det ingen hindringer i å fortsette å lete etter en løsning på erstatning av dagens «gul lapp» system. Det kan derimot forekomme at noen av kravene bare kan tilfredsstilles gjennom addering av systemkomponenter av andre produsenter enn Balluff.

Konsept

Muligheter for implementering av verktøykontrollsystemet

Et viktig mål er å hel automatisere verktøykontrollsystemet. For å få dette til trenger systemet å kunne implementeres i både styresystemet til fresemaskinen M5439 og EDM-maskinen M5129. Brukerkrav OB_01, se tabell (tab. 32) krever at systemet også kan implementeres i framtidige utviklinger av produksjonslinjen. Dagens produksjonslinje består av 7 EDM-maskiner, 2 elektrodefresere og 1 veskerenser. EDM-maskinene og fresemaskinene bearbeider eller bruker forskjellige typer verktøy, men planlagte utviklinger av produksjonslinjen krever at verktøyene skal kunne byttes ut mellom de forskjellige maskinene. De fleste maskinene er eldre og har like gamle styresystemer, eventuelt supplert med nyere oppgraderinger eller endringer.

Undersøkelser har vist at det ikke vil bli mulig å få til kommunikasjon mellom de eldre styresystemene og et nytt verktøykontrollsystem, se kapittel 4.1: *Dagens system og utfordringer*). Derfor er helautomatisering ikke mulig. Kommunikasjon mellom styresystemet til den nye fresemaskinen og verktøykontrollsystemet er i utgangspunktet mulig. Videre utvikling av konseptet bør derfor fokusere på en delautomatisert løsning.

Konsept

6. Vurdering av konsepter

SE-metoder som beskrevet i kapittel 3.1: *Systems Engineering metoder* vurderer konseptene ut fra flere kriterier som de ulike konseptene inneholder.

6.1. House of Quality (HOQ)

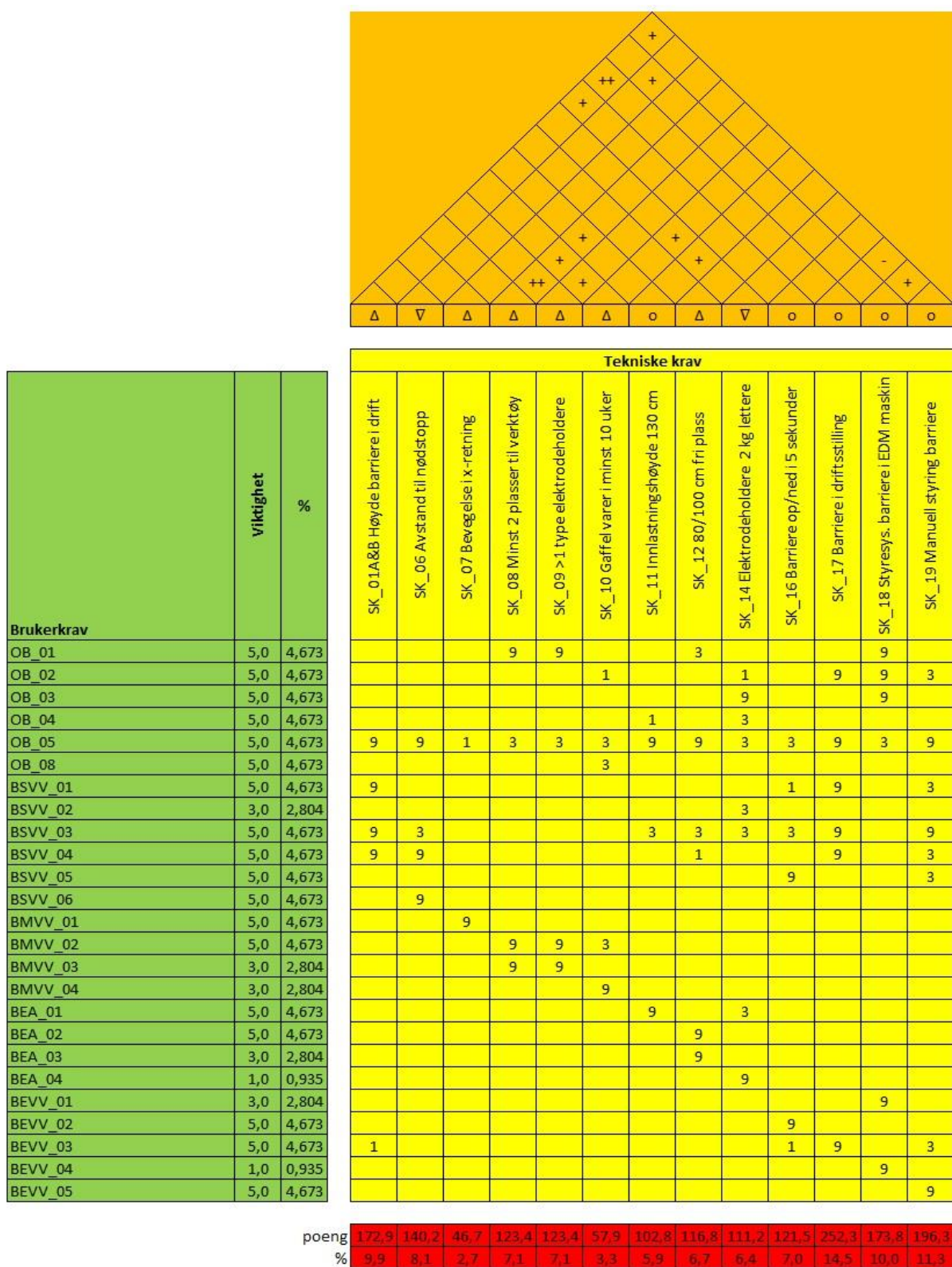
HOQ vurderer hvilket krav eller hvilke krav prosjektgruppen bør fokusere på i utviklingen av konseptet. I kapittel 3.1.3 blir det beskrevet hvordan dette bør gjennomføres.

Prosjektgruppen har laget og brukt et Excel dokument som er tilpasset ønskene og kravene prosjektgruppen stilte til HOQ. Et bilde (fig. 32) av dette dokumentet finnes under. En forklaring av brukte tall og symboler finnes i figur (fig. 33).

Det viktigste resultatet finnes i målområdet, helt nederst i HOQ. Her blir det synlig at det tekniske kravet «SK_17: Barriere i driftstilling» er viktigst. De kravene SK_01, SK_18 og SK_19 skårer litt lavere, men har også en relativ større viktighet. Alle de fire nevnte kravene har med beskyttelsesbarrieren å gjøre. Vi kan dermed konkludere at beskyttelsesbarrieren er en veldig viktig del av konseptet. Det er påfallende at det er fem tekniske krav som har tilknytning til beskyttelsesbarrieren, og at fire av dem skårer høyest. Beskyttelse av operatøren mot skader er dermed sterk representert i konseptet.

Kravene «SK_07: Bevegelse i x-retning» og «SK_10: Gaffel varer i minst 10 uker» skårer lavest. Her bør prosjektgruppen se nærmere på SK_07. Det er et A-krav, som beskriver at verktøyveksling bør kunne gjennomføres i bevegelsesområdet til tårnet til EDM-maskinen. Iterasjon PP:1.4 beskriver et ønske å ikke bytte elektrodeholdere over VANE fikstur. Dette innebærer at det likevel kan være viktig å få til bevegelsen i x-retningen, selv om PP:1.4 er et ønske, og ikke et krav. SK_10 er et B-krav, men utformingen og dermed kvaliteten av gaffelen bør tilfredsstille kravet med en gang. Hvis gaffelen ikke holder i minst 10 uker, kan det oppstå skader på elektrodeholdere og ikke minst fiksturet.

Konsept



Figur 32. House of Quality laget og brukt av prosjektgruppen

Konsept

Brukerkrav		Tak HOQ	
Ikke viktig	1	Desto mer, desto bedre	Δ
Skalert viktighet	1-5	Nøytal	o
Mest viktig	5	Desto mindre, desto bedre	∇
Tekniske krav		Sterk positiv relasjon	
Ingen assosiasjon	0	Svak positiv relasjon	+
Svak assosiasjon	1	Nøytral relasjon	o
Middels assosiasjon	3	Svak negativ relasjon	-
Sterk assosiasjon	9	Sterk negativ relasjon	--

Figur 33. Forklaring brukte tall og symboler i House of Quality

Konsept

6.2. Beslutningsmatriser (Pugh metoden)

6.3. P1_Rot

Kriterier			P1_Rot				
			Prosessbeskrivelse 1: Roterende verktøyveksler med teleskopgaffel for levering til EDM-maskin over fikstur. Bevegelsesretning i X, Y og Z akse.				
Nummer:	Tema :	Tema Vekt:	Vurdering:	Vekt:	Poeng:	Poengsum:	Totalsum:
K1	T_1.1	40 %	5	30%	2,0	4,4	1,31
	T_1.2	40 %	4		1,6		
	T_1.3	15 %	4		0,6		
	T_1.4	5 %	3		0,2		
K2	T_2.1	40 %	1	30%	0,4	2,6	0,78
	T_2.2	25 %	5		1,3		
	T_2.3	25 %	3		0,8		
	T_2.4	10 %	2		0,2		
K3	T_3.1	40 %	2	13%	0,8	1,7	0,22
	T_3.2	15 %	2		0,3		
	T_3.3	15 %	2		0,3		
	T_3.4	30 %	1		0,3		
K4	T_4.1	20 %	3	17%	0,6	3,2	0,54
	T_4.2	10 %	4		0,4		
	T_4.3	30 %	3		0,9		
	T_4.4	15 %	2		0,3		
	T_4.5	25 %	4		1,0		
K5	T_5.1	20 %	1	10%	0,5	1,5	0,15
	T_5.2	40 %	2		0,6		
	T_5.3	40 %	2		0,4		
Sum:		500 %		100 %			3,00

Tabell 33. Beslutningsmatrise til konsept P1_Rot

Kommentarer på vurdering

Siden prosjektgruppen gir en vurdering på hvordan temaene tilfredsstiller konseptløsningen har vi valgt å skrive ned en kort kommentar på hvorfor vi har satt denne vurderingen.

Konsept

HMS

T_1.1: Innlastingshøyden er tilfredsstillende. Det er god plass rundt EDM-maskinen.

T_1.2: Det er liten risiko for klemfare på grunn av senket hastighet ved senket beskyttelsesbarriere. Ved hevet beskyttelsesbarriere er det kun risiko for klemfare ved innlasting av elektrodeholder, det legges her inn sikkerhetsfunksjoner (nødstop).

T_1.3: Beskyttelsesbarriere går automatisk opp ved drift. Luker kan benyttes der elektrodeholdere skal settes inn.

T_1.4: Det vil alltid være håndtering av elektroder. GAN har egne sikkerhetsregler ved bruk av hansker ved håndteringen.

Økonomi

T_2.1: Med tanke på besparelse og inntjening er dette et dyrere system fordi man må implementere et teleskopsystem. Det er flere deler/komponenter.

T_2.2: En lønnsomhetsanalyse gjort av prosjektgruppen viser at man vil få en høy besparelse av verktøybruk på grunn av implementering av 3R system med elektrodeblokker.

T_2.3: Det er ikke mulig å redusere timebruk ved valg av dette konseptet. Konseptet er ikke helautomatisert så den vil fortsatt være operatørvhengig. Tilsvarende som dagens system.

T_2.4: Se T_2.1. Det er mange deler/komponenter som krever vedlikehold. Derfor er det lite tilfredsstillende.

Konsept

Ombygging

T_3.1: På grunn av kompleksitet vil det være mye arbeid ved ombygging. Derfor vil det ta tid å ombygge til dette konseptet.

T_3.2: Se kommentar T_3.1. Det er et kompleks konsept som innebærer mange komponenter som skal utføre bevegelser som må passe sammen. Utfordrende for blant annet styring.

T_3.3: På grunn av mange komponenter så vil det være risiko for robusthet.

T_3.4: Konseptet kan ikke implementeres til de andre maskinene fordi det er begrenset på hvor mye plass de andre maskinene har. Da krever det flytting av maskiner eller ombygging.

Operasjon

T_4.1: Konseptet er avhengig av å ha en operatør stående ved maskinen til å starte verktøyveksling og eroderingsprosess.

T_4.2: Operatøren trenger kun å sette inn elektrodeholderen inn i verktøyveksleren, deretter må ha trykke på en bryter/knapp for start av verktøyveksler og eroderingsprosess.

T_4.3: Systemet tilfredsstillende kravet om plass til elektrodeholdere. Men det er ønskelig med større fleksibilitet i form av flere produkter som kan kjøres samtidig.

T_4.4: På grunn av usikkerhet med tanke på skinneresystemet, heiseanordning og teleskopsystemet er det lite tilfredsstillende.

T_4.5: Konseptet har muligheter for implementering av en elektrodedata løsning. Denne løsningen kan også automatiseres i EDM-maskin (avlesning).

Vedlikehold

T_5.1: På grunn av verktøyvekslerens konstruksjon er det ikke tilfredsstillende med tanke på vedlikehold i EDM-maskinen. Vanskelig å komme til, krever trapp/stige.

T_5.2: Se kommentar T_5.1. Stor konstruksjon, kompleks bygging.

T_5.3: Det er mange komponenter som må produseres opp. Noen komponenter vil foreligge som vedlikeholds deler, andre må lages på nytt.

Konsept

6.4. P1_Lin

Kriterier			P1_Lin				
			Prosessbeskrivelse 1: Lineær aktuator (lang) med bevegelse i X, Y og Z akse. Leverer til EDM-maskin over fikstur.				
Nummer:	Tema :	Tema Vekt:	Vurdering:	Vekt:	Poeng:	Poengsum:	Totalsum:
K1	T_1.1	40 %	5	30%	2,0	4,5	1,35
	T_1.2	40 %	4		1,6		
	T_1.3	15 %	5		0,8		
	T_1.4	5 %	3		0,2		
K2	T_2.1	40 %	2	30%	0,8	3,1	0,93
	T_2.2	25 %	5		1,3		
	T_2.3	25 %	3		0,8		
	T_2.4	10 %	3		0,3		
K3	T_3.1	40 %	3	13%	1,2	2,9	0,37
	T_3.2	15 %	3		0,5		
	T_3.3	15 %	4		0,6		
	T_3.4	30 %	2		0,6		
K4	T_4.1	20 %	3	17%	0,6	3,5	0,60
	T_4.2	10 %	4		0,4		
	T_4.3	30 %	4		1,2		
	T_4.4	15 %	2		0,3		
	T_4.5	25 %	4		1,0		
K5	T_5.1	20 %	2	10%	1,0	2,8	0,28
	T_5.2	40 %	4		1,2		
	T_5.3	40 %	3		0,6		
Sum:		500 %		100 %			3,53

Tabell 34. Beslutningsmatrise til konsept P1_Lin

Kommentarer på vurdering

Siden prosjektgruppen gir en vurdering på hvordan temaene tilfredsstillers konseptløsningen har vi valgt å skrive ned en kort kommentar på hvorfor vi har satt denne vurderingen.

Konsept

HMS

T_1.1: Innlastingshøyden er tilfredsstillende. Det er god plass rundt EDM-maskinen.

T_1.2: Det er liten risiko for klemfare på grunn av senket hastighet ved senket beskyttelsesbarriere. Ved hevet beskyttelsesbarriere er det kun risiko for klemfare ved innlasting av elektrodeholder.

T_1.3: Beskyttelsesbarriere går automatisk opp ved drift. Kan designes en luke foran innlastingsvindu.

T_1.4: Det vil alltid være håndtering av elektroder. GAN har egne sikkerhetsregler ved bruk av hansker ved håndteringen.

Økonomi

T_2.1: Med tanke på besparelse og inntjening er det noe usikkerhet. Vi har fått en overordnet pris på de lineære aktuatorene (30-40000 kr).

T_2.2: En lønnsomhetsanalyse gjort av prosjektgruppen viser at man vil få en høy besparelse av verktøybruk på grunn av implementering av 3R system med elektrodeblokker.

T_2.3: Det er ikke mulig å redusere timebruk ved valg av dette konseptet. Konseptet er ikke helautomatisert så den vil fortsatt være operatørvhengig. Tilsvarende som dagens system.

T_2.4: Se T_2.1. Det er noen deler/komponenter som krever vedlikehold. Foruten holdegaffel kan det forkomme vedlikehold på lineære aktuatorer.

Konsept

Ombygging

T_3.1: Fortsatt utfordringer ved ombygging, men samtidig mindre kompleks enn P1_Rot. Dette fører til mindre tidsbruk ved ombygging.

T_3.2: Se kommentar T_3.1. Det finnes kompleksitet i konseptet, men sammenliknet med blant annet P1_Rot er dette et bedre alternativ. Mye på grunn av mindre intrikate deler (P2_Rot, stepp-motor med tilpasset vinkling).

T_3.3: Konseptet baserer seg på lineære aktuatorer som settes sammen. Lite muligheter for feil.

T_3.4: Konseptet kan implementeres til de andre maskinene, men det er begrenset på hvor mye plass de andre maskinene har. Da krever det flytting av maskiner eller ombygging med tanke på verktøyopplagring.

Operasjon

T_4.1: Konseptet er avhengig av å ha en operatør stående ved maskinen til å starte verktøyveksling og eroderingsprosess.

T_4.2: Operatøren trenger kun å sette inn elektrodeholderen inn i verktøyveksleren, deretter må ha trykke på en bryter/knapp for start av verktøyveksler og eroderingsprosess.

T_4.3: Systemet tilfredsstiller kravet om plass til elektrodeholdere. Konseptet har også mulighet til å ha mer enn to elektrodeholdere. Det kommer an på plass ved EDM-maskinen.

T_4.4: På grunn av usikkerhet så er det vanskelig å fastslå om konseptet er tilfredsstillende. Derfor ble vurderingen satt til lite tilfredsstillende.

T_4.5: Konseptet har muligheter for implementering av en elektrodedata løsning. Denne løsningen kan også automatiseres i EDM-maskin (avlesning).

Konsept

Vedlikehold

T_5.1: På grunn av verktøyvekslerens konstruksjon er det lite tilfredsstillende med tanke på vedlikehold i EDM-maskinen. Men det er muligheter å forbedre dette punktet i designfasen.

T_5.2: Se kommentar T_5.1. Det er heller ingen kompleksitet å bytte de lineære aktuatorene da de er montert på EDM-maskinen.

T_5.3: De lineære aktuatorene kan bestilles fra leverandør. Noen deler krever vedlikehold, blant annet vil holdegaffel bli slitt. Større deler kan kreve mer vedlikehold og mer levering av reservedeler.

Konsept

6.5. P2_Rot

Kriterier			P2_Rot				
			Prosessbeskrivelse 2: Roterende verktøyveksler med bevegelse i X -og Z akse for levering til EDM-maskin. Levering foregår ikke over fikstur.				
Nummer:	Tema :	Tema Vekt:	Vurdering:	Vekt:	Poeng:	Poengsum:	Totalsum:
K1	T_1.1	40 %	5	30%	2,0	4,4	1,31
	T_1.2	40 %	4		1,6		
	T_1.3	15 %	4		0,6		
	T_1.4	5 %	3		0,2		
K2	T_2.1	40 %	2	30%	0,8	3,0	0,90
	T_2.2	25 %	5		1,3		
	T_2.3	25 %	3		0,8		
	T_2.4	10 %	2		0,2		
K3	T_3.1	40 %	3	13%	1,2	2,3	0,29
	T_3.2	15 %	3		0,5		
	T_3.3	15 %	2		0,3		
	T_3.4	30 %	1		0,3		
K4	T_4.1	20 %	3	17%	0,6	3,4	0,57
	T_4.2	10 %	4		0,4		
	T_4.3	30 %	3		0,9		
	T_4.4	15 %	3		0,5		
	T_4.5	25 %	4		1,0		
K5	T_5.1	20 %	2	10%	1,0	2,0	0,20
	T_5.2	40 %	2		0,6		
	T_5.3	40 %	2		0,4		
Sum:		500 %		100 %			3,27

Tabell 35. Beslutningsmatrise til konsept P2_Rot

Kommentarer på vurdering

Siden prosjektgruppen gir en vurdering på hvordan temaene tilfredsstiller konseptløsningen har vi valgt å skrive ned en kort kommentar på hvorfor vi har satt denne vurderingen.

Konsept

HMS

T_1.1: Innlastingshøyden er tilfredsstillende. Det er god plass rundt EDM-maskinen.

T_1.2: Det er liten risiko for klemfare på grunn av senket hastighet ved senket sikkerhetsbarriere. Ved hevet sikkerhetsbarriere er det kun risiko for klemfare ved innlasting av elektrodeholder. Det kan her designes en luke ved innlastingshull i barriere som må senkes før veksling finner sted.

T_1.3: Beskyttelsesbarriere går automatisk opp ved drift. Se punkt T_1.2. Det kan brukes en nødstoppbryter hvis det skulle være behov for å stoppe systemet.

T_1.4: Det vil alltid være håndtering av elektroder. GAN har egne sikkerhetsregler ved bruk av hansker ved håndteringen.

Økonomi

T_2.1: Med tanke på besparelse og inntjening er det noe usikkerhet. Men det er et bedre konsept enn P1_Rot på grunn av mindre deler og lettere konstruksjon siden den ikke skal kjøres langt inn mot EDM-maskinens tårn.

T_2.2: En lønnsomhetsanalyse gjort av prosjektgruppen viser at man vil få en høy besparelse av verktøybruk på grunn av implementering av 3R system med elektrodeblokker.

T_2.3: Det er ikke mulig å redusere timebruk ved valg av dette konseptet. Konseptet er ikke helautomatisert så den vil fortsatt være operatørvhengig. Tilsvarende som dagens system.

T_2.4: Se T_2.1. Det er noen deler/komponenter som krever vedlikehold. Systemet krever fortsatt lett vedlikehold med smøring etc.

Konsept

Ombygging

T_3.1: Fortsatt utfordringer ved ombygging, men samtidig mindre kompleks enn P1_Rot. Tidsmessig så vil det gå raskere å bygge P2_Rot enn P1_Rot da konstruksjonen er mindre kompleks.

T_3.2: Se kommentar T_3.1. Det finnes kompleksitet i konseptet, men sammenliknet med blant annet P1_Rot er dette et bedre alternativ. Det er mindre skinner, ikke avhengig av støtterammer fordi det er kortere "arm".

T_3.3: Enklere konsept å bygge om, korte skinner og robustheten er dermed bedre.

T_3.4: Konseptet kan implementeres til de andre maskinene, men det er begrenset på hvor mye plass de andre maskinene har. Da krever det flytting av maskiner eller ombygging.

Operasjon

T_4.1: Konseptet er avhengig av å ha en operatør stående ved maskinen til å starte verktøyveksling og eroderingsprosess.

T_4.2: Operatøren trenger kun å sette inn elektrodeholderen inn i verktøyveksleren, deretter må ha trykke på en bryter/knapp for start av verktøyveksler og eroderingsprosess.

T_4.3: Systemet tilfredsstillende kravet om plass til elektrodeholdere. Men det er ønskelig å øke fleksibiliteten til konseptet. Derfor er den satt til tilfredsstillende.

T_4.4: På grunn av usikkerhet så er det vanskelig å fastslå om konseptet er tilfredsstillende. Men på grunn av skinner og elektrodeholder vil dette være et bedre alternativ enn P1_Rot.

T_4.5: Konseptet har muligheter for implementering av en elektrodedata løsning. Denne løsningen kan også automatiseres i EDM-maskin (avlesning).

Konsept

Vedlikehold

T_5.1: På grunn av verktøyvekslerens konstruksjon er det lite tilfredsstillende med tanke på vedlikehold. På grunn av størrelse er dette konseptet et bedre alternativ enn P1_Rot.

T_5.2: Se kommentar T_5.1. Siden dette er en mindre løsning en P1_Rot så er kompleksiteten mindre.

T_5.3: Mange komponenter må prosesseres (rammer, holdegaffel, etc.), men slidedeler som holdegaffel kan bli produsert i store partier da disse er utsatt for slitasje å må byttes oftere en for eksempel motor.

Konsept

6.6. P2_Lin

Kriterier			P2_Lin				
			Prosessbeskrivelse 2: Lineær aktuator (kort) med bevegelse i X, Y og Z akse for levering til EDM-maskin Levering foregår ikke over fikstur.				
Nummer:	Tema :	Tema Vekt:	Vurdering:	Vekt:	Poeng:	Poengsum:	Totalsum:
K1	T_1.1	40 %	5	30%	2,0	4,5	1,35
	T_1.2	40 %	4		1,6		
	T_1.3	15 %	5		0,8		
	T_1.4	5 %	3		0,2		
K2	T_2.1	40 %	3	30%	1,2	3,5	1,05
	T_2.2	25 %	5		1,3		
	T_2.3	25 %	3		0,8		
	T_2.4	10 %	3		0,3		
K3	T_3.1	40 %	4	13%	1,6	3,4	0,44
	T_3.2	15 %	4		0,6		
	T_3.3	15 %	4		0,6		
	T_3.4	30 %	2		0,6		
K4	T_4.1	20 %	3	17%	0,6	3,5	0,60
	T_4.2	10 %	4		0,4		
	T_4.3	30 %	3		0,9		
	T_4.4	15 %	4		0,6		
	T_4.5	25 %	4		1,0		
K5	T_5.1	20 %	4	10%	2,0	3,8	0,38
	T_5.2	40 %	4		1,2		
	T_5.3	40 %	3		0,6		
Sum:		500 %		100 %			3,82

Tabell 36. Beslutningsmatrise til konsept P2_Lin

Kommentarer på vurdering

Siden prosjektgruppen gir en vurdering på hvordan temaene tilfredsstiller konseptløsningen har vi valgt å skrive ned en kort kommentar på hvorfor vi har satt denne vurderingen.

Konsept

HMS

T_1.1: Innlastingshøyden er tilfredsstillende. Det er god plass rundt EDM-maskinen.

T_1.2: Det er liten risiko for klemfare på grunn av senket hastighet ved senket sikkerhetsbarriere. Ved hevet sikkerhetsbarriere er det kun risiko for klemfare ved innlasting av elektrodeholder.

T_1.3: Det er liten risiko for klemfare på grunn av senket hastighet ved senket sikkerhetsbarriere. Ved hevet sikkerhetsbarriere er det kun risiko for klemfare ved innlasting av elektrodeholder. En luke kan designes for luke i sikkerhetsbarriere for innsetting/uthenting av elektrodeholdere. Nødstopp kan implementeres for stopp av systemet ved behov.

T_1.4: Det vil alltid være håndtering av elektroder. GAN har egne sikkerhetsregler ved bruk av hansker ved håndteringen.

Økonomi

T_2.1: Med tanke på besparelse og inntjening er det noe usikkerhet. Vi har fått en overordnet pris på de lineære aktuatorene (30-40000 kr). Siden EDM-tårn er nærmere verktøyveksler er det mulig at aktuatorene ikke trenger å være like lange, ergo billigere.

T_2.2: En lønnsomhetsanalyse gjort av prosjektgruppen viser at man vil få en høy besparelse av verktøybruk på grunn av implementering av 3R system med elektrodeblokker.

T_2.3: Det er ikke mulig å redusere timebruk ved valg av dette konseptet. Konseptet er ikke helautomatisert så den vil fortsatt være operatørvhengig. Tilsvarende som dagens system.

T_2.4: Se T_2.1. Det er noen deler/komponenter som krever vedlikehold. Foruten holdegaffel kan det forekomme vedlikehold på lineære aktuatorer.

Konsept

Ombygging

T_3.1: Fortsatt utfordringer ved ombygging, men det er det konseptet som er minst utfordrende. Det er blant annet på grunn av mindre rammekonstruksjon og færre deler.

T_3.2: Se kommentar T_3.1. Det finnes kompleksitet i konseptet, men sammenliknet med de andre er dette det beste alternativet. Mindre komplekst en P1_Lin på grunn av størrelse på deler, rammeverk, etc.

T_3.3: Robustheten er godt tilfredsstilt og det er et enkelt konsept å bygge da skinner er lette å montere sammen.

T_3.4: Konseptet kan implementeres til de andre maskinene, men det er begrenset på hvor mye plass de andre maskinene har. Da krever det flytting av maskiner eller ombygging.

Operasjon

T_4.1: Konseptet er avhengig av å ha en operatør stående ved maskinen til å starte verktøyveksling og eroderingsprosess.

T_4.2: Operatøren trenger kun å sette inn elektrodeholderen inn i verktøyveksleren, deretter må ha trykke på en bryter/knapp for start av verktøyveksler og eroderingsprosess.

T_4.3: Systemet tilfredsstiller kravet om plass til elektrodeholdere. Konseptet har også mulighet til å ha mer enn to elektrodeholdere. Det kommer an på plass ved EDM-maskinen.

T_4.4: På grunn av usikkerhet så er det vanskelig å fastslå om konseptet er tilfredsstillende. Derfor ble vurderingen satt til lite tilfredsstillende.

T_4.5: Konseptet har muligheter for implementering av en elektrodedata løsning. Denne løsningen kan også automatiseres i EDM-maskin (avlesning).

Konsept

Vedlikehold

T_5.1: Man er ikke avhengig av å gå inn i maskinen for å sette inn et rammeverk. Derfor er tilgangen bedre og mer tilfredsstillende.

T_5.2: Se kommentar T_5.1. Det er heller ingen kompleksitet å bytte de lineære aktuatorene.

T_5.3: Konseptet har behov for reservedeler da eksempelvis holdegaffel bli slitt ved bruk. Det kan forekomme at lineære aktuatorer må byttes, disse er for salg hos leverandør.

Konsept

6.7. P3_EIMA

Kriterier			P3_EIMA				
			Prosessbeskrivelse 3: Ergonomisk Industriell Manipulator-Arm, operatørstyrt med fri bevegelse. Levering til EDM-maskin over fikstur.				
Nummer:	Tema :	Tema Vekt:	Vurdering:	Vekt:	Poeng:	Poengsum:	Totalsum:
K1	T_1.1	40 %	3	30%	1,2	3,0	0,90
	T_1.2	40 %	3		1,2		
	T_1.3	15 %	3		0,5		
	T_1.4	5 %	3		0,2		
K2	T_2.1	40 %	4	30%	1,6	4,0	1,20
	T_2.2	25 %	5		1,3		
	T_2.3	25 %	3		0,8		
	T_2.4	10 %	4		0,4		
K3	T_3.1	40 %	4	13%	1,6	3,3	0,42
	T_3.2	15 %	4		0,6		
	T_3.3	15 %	3		0,5		
	T_3.4	30 %	2		0,6		
K4	T_4.1	20 %	1	17%	0,2	2,5	0,42
	T_4.2	10 %	3		0,3		
	T_4.3	30 %	2		0,6		
	T_4.4	15 %	4		0,6		
	T_4.5	25 %	3		0,8		
K5	T_5.1	20 %	4	10%	2,0	4,2	0,42
	T_5.2	40 %	4		1,2		
	T_5.3	40 %	5		1,0		
Sum:		500 %		100 %			3,36

Tabell 37. Beslutningsmatrise til konsept P3_EIMA

Kommentarer på vurdering

Siden prosjektgruppen gir en vurdering på hvordan temaene tilfredsstiller konseptløsningen har vi valgt å skrive ned en kort kommentar på hvorfor vi har satt denne vurderingen.

Konsept

HMS

T_1.1: Innlastingshøyden er tilfredsstillende. Det er god plass rundt EDM-maskinen. Men på grunn av verktøyrack som står imot operatøren blir det ikke arbeidsplass i EDM-maskinen. Skulderplager kan oppstå ved langvarig bruk som kan føre til slitasje.

T_1.2: Tilfredsstillende men det er mulighet for klemfare siden operatøren er mer delaktig under prosessen. Vanskelig å beskytte selve manipulatorarmen for uhell.

T_1.3: Menneskelig feil kan føre til ukontrollerte bevegelser av arm. Beskyttelsesbarriere er senket når den skal utføre verktøyveksling.

T_1.4: Det vil alltid være håndtering av elektroder. GAN har egne sikkerhetsregler ved bruk av hansker ved håndteringen

Økonomi

T_2.1: Med tanke på besparelse og inntjening er dette et rimelig konsept. Krever lite produksjonsarbeid da EIMA kan kjøpes fra leverandør. Lite verktøyrack for elektrodeholdere mot operatør krever mindre investeringer.

T_2.2: En lønnsomhetsanalyse gjort av prosjektgruppen viser at man vil få en høy besparelse av verktøybruk på grunn av implementering av 3R system med elektrodeblokker.

T_2.3: Det er ikke mulig å redusere timebruk ved valg av dette konseptet. Konseptet er ikke helautomatisert så den vil fortsatt være operatøravhengig. Tilsvarende som dagens system.

T_2.4: Det er ikke mange komponenter som krever vedlikehold da systemet styres av en EIMA. Holdegaffel på EIMA og verktøyrack må fremdeles byttes. Disse kan produseres i store partier.

Konsept

Ombygging

T_3.1: På grunn av enklere design og mindre elektronikk/styring vil ombygningen være godt tilfredsstillende.

T_3.2: Se kommentar T_3.1. Det er ikke et kompleks konsept, men samtidig kan det være en utfordring ved plassering av EIMA.

T_3.3: Verktøyrack er lite og robust. Usikkerhet knyttet til montering/bygging av EIMA.

T_3.4: Konseptet kan muligens implementeres inn i de andre maskinene. Utfordringen kan være plassmangel ved enkelte maskiner

Operasjon

T_4.1: Konseptet er 100% operatørvhengig.

T_4.2: Det er en enkel mekanisk operasjon samt. det krever ingen programmering av EDM-tårnet da den står i fast posisjon. Man må ha en opplæring på systemet.

T_4.3: På grunn av plassmangel vil det kun være plass til to elektrodeholdere som setter en begrensning til fleksibilitet.

T_4.4: Uavhengig av hvor mye EIMA klarer å løfte så er systemet veldig robust.

T_4.5: Et system for elektrodedata kan implementeres for avlesning. Det er også mulig å bruke en flyttbar leser eller lignende.

Vedlikehold

T_5.1: Det bør være enkelt å kunne holde vedlikehold på et slikt system. Det er få komponenter og lett tilgjengelig. Ekstern leverandør har sannsynligvis en vedlikeholdsplan på EIMA. Kan kreve bruk av trapp/stige eller lift.

T_5.2: Se kommentar T_5.1.

T_5.3: Det er enkelt å bestille reservedeler ved behov da leverandør har disse. For verktøyrack er det få deler som kan lages på nytt eller bestilles opp i stort kvanta.

Konsept

Sammenligning av overordnede matriser

Dette er en sammenligning av de fem overordnede konseptideene som prosjektgruppen har valgt å kjøre gjennom beslutningsmatriser. For å gjøre det litt enklere med sammenligning er alle konseptideene samlet med deres poengsum. Det har til slutt blitt gitt en vurdering fra 1 til 5, der 1 angir beste konseptide (høyeste totalsum).

Sammenligning av konsepter		
Konsepter:	Totalsum:	Rangering:
P1_Rot	3,00	5
P1_Lin	3,53	2
P2_Rot	3,27	4
P2_Lin	3,82	1
P3_EIMA	3,36	3

Tabell 38. Sammenligning av konsepter

Konklusjon

Ut i fra tabellen (tab. 38) kan man se at konseptet P2_Lin er det høyest rangerte konseptet, og derfor konseptet som kom best ut av beslutningsmatrisene. Prosjektgruppen konkluderer med at P2_Lin er vinnende konsept med best rangering. Videre skal konseptene kjøres gjennom AHP for nok en evaluering. Avslutningsvis vil resultatene fra alle beslutningsverktøyene sammenlignes før prosjektgruppen gjør et konseptvalg.

Konsept

6.8. Analytic Hierarchy Process

Investeringsanalyse					
Matrise Konvertert til Desimaler					
Konsepter	P1_Lin	P1_Rot	P2_Lin	P2_Rot	EIMA
P1_Lin	1,00	3,00	0,50	2,00	0,33
P1_Rot	0,33	1,00	0,25	0,50	0,14
P2_Lin	2,00	4,00	1,00	3,00	0,33
P2_Rot	0,50	2,00	0,30	1,00	0,33
EIMA	3,00	7,00	3,00	3,00	1,00
Sum:	6,83	17,00	5,05	9,50	2,13

Tabell 39. Parvis Sammenligning Matrise - Investeringsanalyse

Investeringsanalyse						Prioriteringsvektor
Normalisering av Kriterier Sammenligning Matrise						
Konsepter	P1_Lin	P1_Rot	P2_Lin	P2_Rot	EIMA	(W)
P1_Lin	0,146	0,176	0,099	0,211	0,155	0,157
P1_Rot	0,048	0,059	0,050	0,053	0,066	0,055
P2_Lin	0,293	0,235	0,198	0,316	0,155	0,239
P2_Rot	0,073	0,118	0,059	0,105	0,155	0,102
EIMA	0,439	0,412	0,594	0,316	0,469	0,446
Sum:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabell 40. Normalisering av Parvis Sammenligning Matrise - Investeringsanalyse

$$\text{Vektet Sum Vektor} = \begin{bmatrix} 0,793 \\ 0,280 \\ 1,226 \\ 0,509 \\ 2,325 \end{bmatrix}$$

Formel 12. Vektet Sum Vektor - Investeringsanalyse

$$\text{Konsistens Vektor} = \begin{bmatrix} 5,05 \\ 5,09 \\ 5,13 \\ 4,99 \\ 5,21 \end{bmatrix}$$

Formel 13. Konsistens Vektor - Investeringsanalyse

Konsept

$$KI = \frac{\lambda_{maks} - \eta}{\eta - 1} \Rightarrow \lambda_{maks} = \frac{5,05 + 5,09 + 5,13 + 4,99 + 5,21}{5} = 5,094$$

Formel 14. Egenverdi – Investeringsanalyse

$$\Rightarrow KI = \frac{\lambda_{maks} - \eta}{\eta - 1} = \frac{5,094 - 5}{5 - 1} = 0,024$$

Formel 15. Konsistens Indeks - Investeringsanalyse

$$KR = \frac{KI}{TI} = \frac{0,024}{1,12} = 0,021$$

Formel 16. Konsistens Ratio - Investeringsanalyse

Konklusjon

Resultatet fra tabell (tab. 40) viser at EIMA vil være det beste konseptet når man vekter det opp mot kriteriet investeringsanalyse. Vurderingene prosjektgruppen har tatt anses som riktig da $KR < 0,1$.

Konsept

HMS					
Matrise Konvertert til Desimaler					
Konsepter	P1_Lin	P1_Rot	P2_Lin	P2_Rot	EIMA
P1_Lin	1,00	3,00	1,00	3,00	5,00
P1_Rot	0,33	1,00	0,33	1,00	4,00
P2_Lin	1,00	3,00	1,00	3,00	5,00
P2_Rot	0,33	1,00	0,33	1,00	4,00
EIMA	0,20	0,25	0,20	0,25	1,00
Sum:	2,86	8,25	2,86	8,25	19,00

Tabell 41. Parvis Sammenligning Matrise – HMS

HMS						Prioriteringsvektor
Normalisering av Kriterier Sammenligning Matrise						
Konsepter	P1_Lin	P1_Rot	P2_Lin	P2_Rot	EIMA	(W)
P1_Lin	0,350	0,364	0,350	0,364	0,263	0,338
P1_Rot	0,115	0,121	0,115	0,121	0,211	0,137
P2_Lin	0,350	0,364	0,350	0,364	0,263	0,338
P2_Rot	0,115	0,121	0,115	0,121	0,211	0,137
EIMA	0,070	0,030	0,070	0,030	0,052	0,050
Sum:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabell 42. Normalisering av Parvis Sammenligning Matrise – HMS

$$\text{Vektet Sum Vektor} = \begin{bmatrix} 1,748 \\ 0,697 \\ 1,748 \\ 0,697 \\ 0,254 \end{bmatrix}$$

Formel 17. Vektet Sum Vektor - HMS

$$\text{Konsistens Vektor} = \begin{bmatrix} 5,17 \\ 5,09 \\ 5,17 \\ 5,09 \\ 5,08 \end{bmatrix}$$

Konsept*Formel 18. Konsistens Vektor - HMS*

$$KI = \frac{\lambda_{maks} - \eta}{\eta - 1} \Rightarrow \lambda_{maks} = \frac{5,17 + 5,09 + 5,17 + 5,09 + 5,08}{5} = 5,12$$

Formel 19. Egenverdi - HMS

$$\Rightarrow KI = \frac{\lambda_{maks} - \eta}{\eta - 1} = \frac{5,12 - 5}{5 - 1} = 0,03$$

Formel 20. Konsistens Indeks - HMS

$$KR = \frac{KI}{TI} = \frac{0,03}{1,12} = 0,027$$

*Formel 21. Konsistens Ratio – HMS**Konklusjon*

Resultatet fra tabell (tab. 42) viser at P1_Lin og P2_Lin vil være like bra konsepter når man vekter det opp mot kriteriet HMS. Vurderingene prosjektgruppen har tatt anses som riktig da $KR < 0,1$.

Konsept

Fleksibilitet					
Matrise Konvertert til Desimaler					
Konsepter	P1_Lin	P1_Rot	P2_Lin	P2_Rot	EIMA
P1_Lin	1,00	3,00	1,00	2,00	5,00
P1_Rot	0,33	1,00	0,33	0,50	3,00
P2_Lin	1,00	3,00	1,00	2,00	5,00
P2_Rot	0,50	2,00	0,50	1,00	4,00
EIMA	0,20	0,33	0,20	0,25	1,00
Sum:	3,03	9,33	3,03	5,75	18,00

Tabell 43. Parvis Sammenligning Matrise - Fleksibilitet

Fleksibilitet						Prioriteringsvektor
Normalisering av Kriterier Sammenligning Matrise						
Konsepter	P1_Lin	P1_Rot	P2_Lin	P2_Rot	EIMA	(W)
P1_Lin	0,330	0,322	0,330	0,348	0,278	0,322
P1_Rot	0,109	0,107	0,109	0,087	0,167	0,116
P2_Lin	0,330	0,322	0,330	0,348	0,278	0,322
P2_Rot	0,165	0,214	0,165	0,174	0,222	0,188
EIMA	0,066	0,035	0,066	0,043	0,056	0,053
Sum:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabell 44. Normalisering av Parvis Sammenligning Matrise - Fleksibilitet

$$\text{Vektet Sum Vektor} = \begin{bmatrix} 1,633 \\ 0,582 \\ 1,633 \\ 0,954 \\ 0,267 \end{bmatrix}$$

Formel 22. Vektet Sum Vektor - Fleksibilitet

Konsept

$$\text{Konsistens Vektor} = \begin{bmatrix} 5,07 \\ 5,02 \\ 5,07 \\ 5,07 \\ 5,04 \end{bmatrix}$$

Formel 23. Konsistens Vektor - Fleksibilitet

$$KI = \frac{\lambda_{maks} - \eta}{\eta - 1} \Rightarrow \lambda_{maks} = \frac{5,07 + 5,02 + 5,07 + 5,07 + 5,04}{5} = 5,054$$

Formel 24. Egenverdi - Fleksibilitet

$$\Rightarrow KI = \frac{\lambda_{maks} - \eta}{\eta - 1} = \frac{5,054 - 5}{5 - 1} = 0,014$$

Formel 25. Konsistens Indeks - Fleksibilitet

$$KR = \frac{KI}{TI} = \frac{0,014}{1,12} = 0,013$$

Formel 26. Konsistens Ratio - Fleksibilitet

Konklusjon

Resultatet fra tabell (tab. 44) viser at P1_Lin og P2_Lin vil være like bra konsepter når man vekter det opp mot kriteriet fleksibilitet. Vurderingene prosjektgruppen har tatt anses som riktig da $KR < 0,1$.

Konsept

Usikkerhet					
Matrise Konvertert til Desimaler					
Konsepter	P1_Lin	P1_Rot	P2_Lin	P2_Rot	EIMA
P1_Lin	1,00	3,00	0,50	2,00	0,33
P1_Rot	0,33	1,00	0,25	0,33	0,20
P2_Lin	2,00	4,00	1,00	3,00	0,50
P2_Rot	0,50	3,00	0,33	1,00	0,25
EIMA	3,00	5,00	2,00	4,00	1,00
Sum:	6,83	16,00	4,08	10,33	2,28

Tabell 45. Parvis Sammenligning Matrise - Usikkerhet

Usikkerhet						Prioriteringsvektor
Normalisering av Kriterier Sammenligning Matrise						
Konsepter	P1_Lin	P1_Rot	P2_Lin	P2_Rot	EIMA	(W)
P1_Lin	0,146	0,188	0,123	0,194	0,145	0,159
P1_Rot	0,048	0,063	0,061	0,032	0,088	0,058
P2_Lin	0,293	0,250	0,245	0,290	0,219	0,259
P2_Rot	0,073	0,188	0,081	0,097	0,110	0,110
EIMA	0,439	0,313	0,490	0,387	0,439	0,414
Sum:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabell 46. Normalisering av Parvis Sammenligning Matrise - Usikkerhet

$$\text{Vektet Sum Vektor} = \begin{bmatrix} 0,819 \\ 0,294 \\ 1,346 \\ 0,552 \\ 2,139 \end{bmatrix}$$

Formel 27. Vektet Sum Vektor - Usikkerhet

$$\text{Konsistens Vektor} = \begin{bmatrix} 5,15 \\ 5,07 \\ 5,20 \\ 5,02 \\ 5,17 \end{bmatrix}$$

Formel 28. Konsistens Vektor - Usikkerhet

Konsept

$$KI = \frac{\lambda_{maks} - \eta}{\eta - 1} \Rightarrow \lambda_{maks} = \frac{5,15 + 5,07 + 5,20 + 5,02 + 5,17}{5} = 5,122$$

Formel 29. Egenverdi - Usikkerhet

$$\Rightarrow KI = \frac{\lambda_{maks} - \eta}{\eta - 1} = \frac{5,122 - 5}{5 - 1} = 0,030$$

Formel 30. Konsistens Indeks - Usikkerhet

$$KR = \frac{KI}{TI} = \frac{0,030}{1,12} = 0,027$$

Formel 31. Konsistens Ratio - Usikkerhet

Konklusjon

Resultatet fra tabell (tab. 46) viser at EIMA vil være det beste konseptet når man vekter det opp mot kriteriet investeringsanalyse. Vurderingene prosjektgruppen har tatt anses som riktig da $KR < 0,1$.

Konsept

Fremtidig utvikling					
Matrise Konvertert til Desimaler					
Konsepter	P1_Lin	P1_Rot	P2_Lin	P2_Rot	EIMA
P1_Lin	1,00	3,00	3,00	3,00	5,00
P1_Rot	0,33	1,00	1,00	1,00	4,00
P2_Lin	0,33	1,00	1,00	1,00	4,00
P2_Rot	0,33	1,00	1,00	1,00	4,00
EIMA	0,20	0,25	0,25	0,25	1,00
Sum:	2,19	6,25	6,25	6,25	18,00

Tabell 47. Parvis Sammenligning Matrise - Fremtidig utvikling

Fremtidig utvikling						Prioriteringsvektor
Normalisering av Kriterier Sammenligning Matrise						
Konsepter	P1_Lin	P1_Rot	P2_Lin	P2_Rot	EIMA	(W)
P1_Lin	0,457	0,480	0,480	0,480	0,278	0,435
P1_Rot	0,151	0,160	0,160	0,160	0,222	0,171
P2_Lin	0,151	0,160	0,160	0,160	0,222	0,171
P2_Rot	0,151	0,160	0,160	0,160	0,222	0,171
EIMA	0,091	0,040	0,040	0,040	0,056	0,053
Sum:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabell 48. Normalisering av Parvis Sammenligning Matrise - Fremtidig utvikling

$$\text{Vektet Sum Vektor} = \begin{bmatrix} 2,239 \\ 0,869 \\ 0,869 \\ 0,869 \\ 0,268 \end{bmatrix}$$

Formel 32. Vektet Sum Vektor - Fremtidig utvikling

$$\text{Konsistens Vektor} = \begin{bmatrix} 5,15 \\ 5,08 \\ 5,08 \\ 5,08 \\ 5,06 \end{bmatrix}$$

Formel 33. Konsistens Vektor - Fremtidig utvikling

Konsept

$$KI = \frac{\lambda_{maks} - \eta}{\eta - 1} \Rightarrow \lambda_{maks} = \frac{5,15 + 5,08 + 5,08 + 5,08 + 5,06}{5} = 5,09$$

Formel 34. Egenverdi - Fremtidig utvikling

$$\Rightarrow KI = \frac{\lambda_{maks} - \eta}{\eta - 1} = \frac{5,09 - 5}{5 - 1} = 0,023$$

Formel 35. Konsistens Indeks - Fremtidig utvikling

$$KR = \frac{KI}{TI} = \frac{0,023}{1,12} = 0,021$$

Formel 36. Konsistens Ratio - Fremtidig utvikling

Konklusjon

Resultatet fra tabell (tab. 48) viser at P1_Lin vil være det beste konseptet når man vekter det opp mot kriteriet fremtidig utvikling. Vurderingene prosjektgruppen har tatt anses som riktig da $KR < 0,1$.

Konsept

Endelig Matrise						
Konsept vs. kriterier	P1_Lin	P1_Rot	P2_Lin	P2_Rot	EIMA	(W)
Inv. analyse	0,157	0,055	0,239	0,102	0,446	0,255
HMS	0,338	0,137	0,338	0,137	0,050	0,255
Fleksibilitet	0,322	0,116	0,322	0,188	0,053	0,096
Usikkerhet	0,159	0,058	0,259	0,110	0,414	0,359
Fremtidig utv.	0,435	0,171	0,171	0,171	0,053	0,034

Tabell 49. Endelig Matrise

Endring av Endelig Matrise						
Kriterier vs. konsept	Inv. analyse	HMS	Fleksibilitet	Usikkerhet	Fremtidig utv.	(W)
P1_Lin	0,157	0,338	0,322	0,159	0,435	0,255
P1_Rot	0,055	0,137	0,116	0,058	0,171	0,255
P2_Lin	0,239	0,338	0,322	0,259	0,171	0,096
P2_Rot	0,102	0,137	0,188	0,110	0,171	0,359
EIMA	0,446	0,050	0,053	0,414	0,053	0,034

Tabell 50. Endring av Endelig Matrise

Resultat

0,229008	P1_Lin
0,086732	P1_Rot
0,276842	P2_Lin
0,124297	P2_Rot
0,281996	EIMA

Tabell 51. Resultat AHP

Konsept

7. Sammenlikning av metoder

De 3 metodene for evaluering av konseptløsninger har ført til delvis lik konklusjon. Deres sammenlikning gir fordeler og ulemper ved de enkelte metoder, slik at prosjektgruppen kan velge rett konseptløsning. På bakgrunn av resultatet kan prosjektgruppen anslå at Systems Engineering metodene bidrar ved valg av konsept. Resultatet er vist i tabellen (tab. 52) under, hvor tabellen bruker bokstaver fra A-E for rangering av konseptene.

Sammenlikning av metoder			
Konsept-løsninger	Beslutnings-matrise	AHP	Rangering
P1_Lin	B	C	B-
P1_Rot	E	E	E
P2_Lin	A	B	A-
P2_Rot	D	D	D
EIMA	C	A	B

Tabell 52. Sammenlikning av metoder

De 3 metodene bidrar prosjektgruppen for å vurdere konseptløsninger i en tidlig fase av prosjektet. HOQ danner et grunnlag for hvilke krav som har viktigst prioritert som blir tatt i betraktning når man skal benytte seg av de to andre metodene. Beslutningsmatriser er en enkel og smidig metode å bruke i forhold til AHP. AHP tar for seg kvantitative og kvalitative faktorer for å bestemme den relative betydningen av et sett med alternativer.

Konsept

8. Underkonsept ideer til overordnet konsept

Som det ble nevnt i konklusjonen til P2_Lin systemet, må det utredes en ny «vurdering av konsept» fase to, som på nytt vurdere underkonsepter som prosjektgruppen har tenkt ut til P2_Lin. Vurderingen vil bli gjort med Pugh-matriser hvor hoved matrisen til P2_Lin vil ligge som basis for vektingen av undersystemene, som vil bli vektet ved å se om underkonseptene tilfører noe til det overordnede konseptet. Dette gjøres med +, - eller 0.

Videre i dette kapittelet vil det komme en beskrivelse av de forskjellige underkonseptene.

Konsept

8.1. P2_Lin_Ide1:

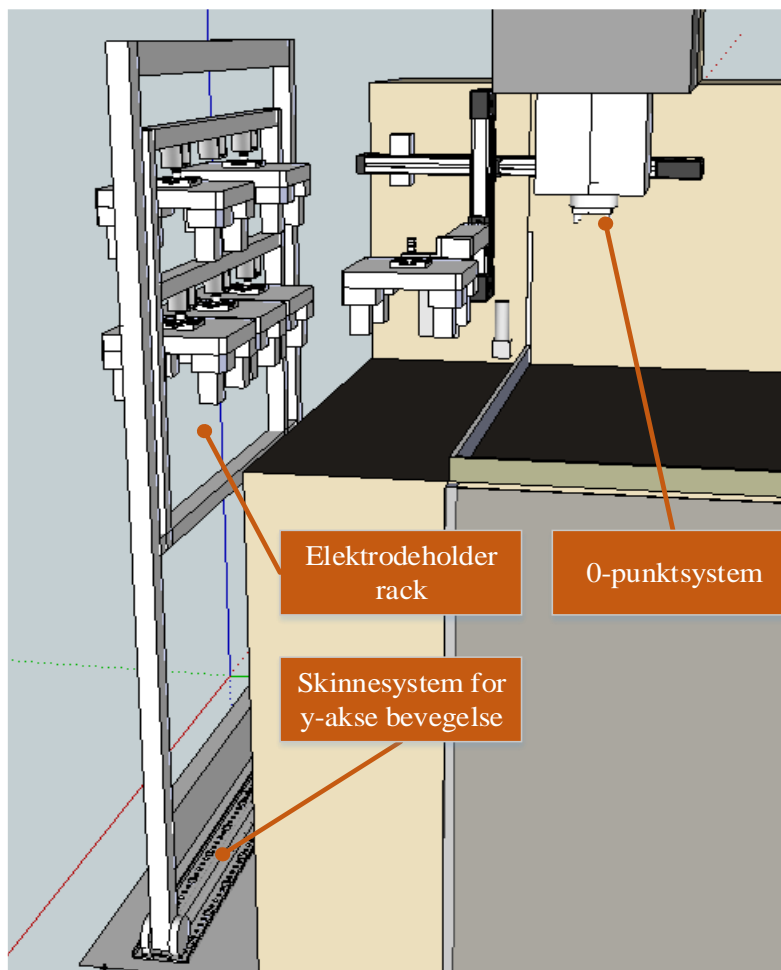
Underkonseptet P2_Lin_Ide1 til det overordnede konseptet P2_Lin bygger på samme innlastingsløsning som til det overordnede konseptet P1_Lin. Forandringen på systemet er at y-aksen til P1_Lin flyttes over til innlastingssystemet, se figur (fig.34) på neste side. Umiddelbar konsekvens til dette underkonseptet er at det kan være en utfordring å flytte elektrodeholder raket på grunn av vekten. En estimert vekt på dette raket hvis man kun ser på elektrodeholderne, vil komme opp mot 42kg ved fullt rack. Videre kan man legge på vekten til rackets ramme og man kan fort konkludere med at dette blir et tungt objekt å flytte. Med andre ord må skinnesystemet til y-aksen ha en høy kvalitet, samtidig som det skal ha bevegelser innenfor millimetre. Dette ser prosjektgruppen på som en dyr utfordring, og i forhold til de andre underkonsept ideene, vil dette påvirke dette konseptet negativt.

Systembeskrivelse

Som vi kan se på figuren (fig.34), bruker det overordnede konseptet P2_Lin to akser, mens siste akse flyttes til elektrodeholder raket.

Når operatør kommer med en frest elektrodeblokk fra CNC-maskinen settes denne inn i en ledig posisjon i raket, hver posisjon har sitt spesifikke nummer som kalles elektrodeplass. Elektrodeplassen velges enkelt på styresystemets monitor som vil stå lokalt på EDM-maskinen. Når operatøren starter verktøyveksler prosessen velger han ønsket elektrodeblokk ved å velge elektrodeplass. Når dette er gjort starter operatøren verktøyveksler prosessen og lineær aktuator armene beveger seg bort til spesifisert posisjon. Her venter systemet på at raket skal bevege seg i y-akse retning slik at lineær aktuator armene og raket står på samme lineære akse. Når systemenes posisjon samsvarer henter lineær aktuator systemet ut elektrodeblokken og beveger den bort til EDM-maskinens tårn. Her vil en sensor registrer at lineær aktuatoren står vertikalt over 0-punktsystemet, og styresystemet gir beskjed om at lineær aktuatorens z-akse kan bevege elektrodeholderen opp i 0-punktsystemet. Når dette er gjort låser styresystemet griper armen på 0-punktsystemet og lineær aktuator armene beveger seg til en spesifisert posisjon hvor de ikke er til hinder for eroderingsprosessen. Når dette er gjort starter eroderingsprosessen.

Konsept



Figur 34. P2_Lin_Ide1

Konklusjon

Den negative faktoren med P2_Lin_Ide1 er vekten på elektrodeholder raket. Dette må ha en stabil og presis forflytningsevne på sin y-akse. Stabiliteten må utføres ved hjelp av støtter som også må skli på skinner, og prosjektgruppen er usikre på hvor god denne løsningen kommer til å bli. Dette vil bli diskutert videre når prosjektgruppen utfører den avgjørende vektingen for disse tre underkonsept ideene, se resultat senere i kapittelet.

Konsept

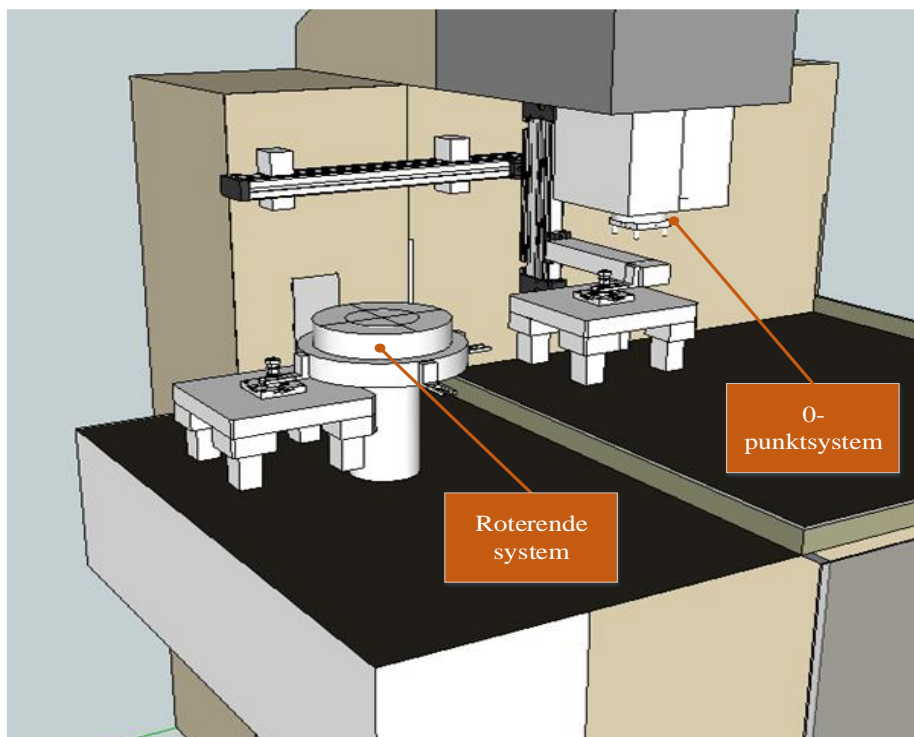
8.2. P2_Lin_Ide2:

Underkonsept P2_Lin_ide2 bygger på samme prinsipp som P1_rot og P2_rot, hvor vi implementerer en roterende verktøyveksler, men i dette underkonseptet blir den stående og ikke hengende. Dermed får dette underkonseptet en roterende akse som kalles en c-akse. En negativ faktor med dette systemet er at verktøyveksleren kun får to elektrodeplasser på grunn av radiusstørrelsen, og dette vil påvirke fleksibiliteten i forhold til de to andre underkonseptene.

Systembeskrivelse

Når operatøren kommer med en frest elektrodeblokk setter han den inn på elektrodeplassen på venstre side av veksleren, elektrodeplassen på høyre side holdes av til elektrodeholder som står montert på EDM-maskinens tårn. Når operatøren starter verktøyveksler prosessene vil dette utføres på samme måte som i P2_Lin_Ide1, hvor operatøren velger elektrodeplass og trykker start på styresystemets monitor. Systemet starter med å hente elektrodeholder som allerede står i EDM-maskinens tårn og setter den inn i det roterende systemet. Hvis ikke det står en elektrodeholder i EDM-maskinens tårn, vil systemet registrere dette og gå til trinn to. Ved trinn to roteres veksleren til elektrodeplass som er valgt av operatør. Når det roterende systemet har rotert elektrodeplassen og den står på en linje med EDM-maskinens tårn vil lineær aktuator systemet bevege seg til det roterende systemet å hente ut elektrodeholderen. Videre beveger lineær aktuatoren seg til vertikal posisjon under EDM-maskinens tårn og styresystemet registrerer at elektrodeholderen står i riktig posisjon, deretter setter lineær aktuatoren elektrodeholderen inn i 0-punktsystemet og griperen aktiveres. Lineær aktuatoren beveger seg så til spesifisert posisjon og eroderingsprosess kan begynne.

Konsept



Figur 35. P2_Lin_Ide2

Konklusjon

Prosjektgruppen er positivt innstilt til dette underkonseptet, men det er negative faktorer som mindre fleksibilitet enn de andre underkonseptene, noe som må tas høyde for. Det er derfor viktig å ha god kommunikasjon med oppdragsgiver, slik at de kan være med i avgjørelsen på om dette systemet gir stor nok fleksibilitet. Det er viktig å påpeke at underkonseptet tilfredsstiller kravene om fleksibilitet, men de to andre underkonseptene har større fleksibilitet enn dette underkonseptet. Størrelse på beskyttelsesbarriere, hvor dette underkonseptet vil ha en mindre barriere, vil også være med på å bestemme med tanke på kostnader til de forskjellige underkonseptene.

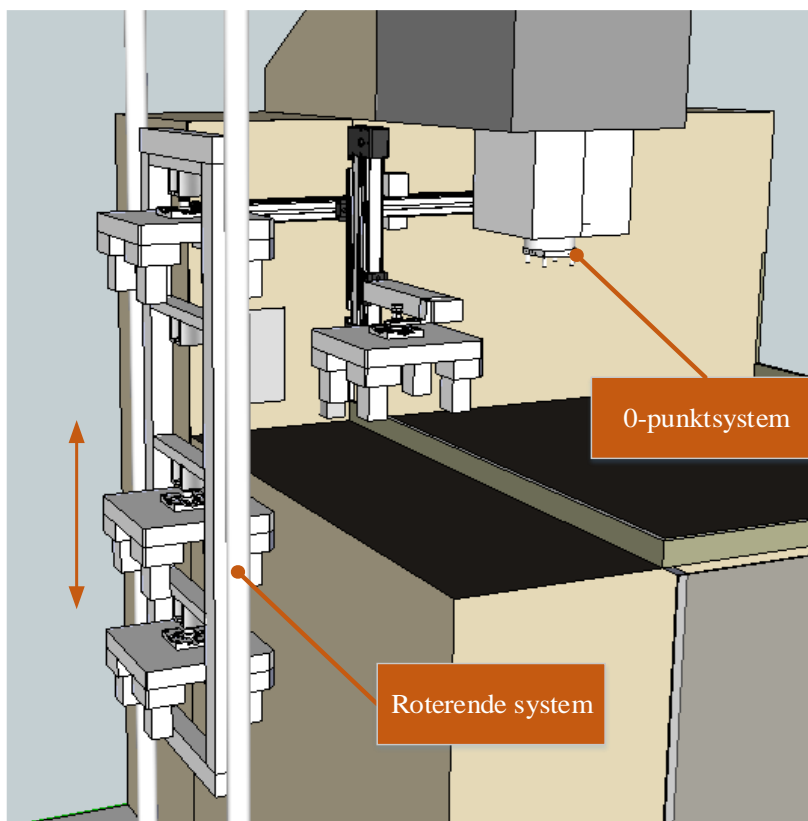
Konsept

8.3. P2_Lin_Ide3:

Underkonseptet P2_Lin_Ide3 bygger på en heisløsning hvor heisen vil ha en y-akse bevegelse, se pilen på venstre side på figur (fig.36). Med dette underkonseptet økes fleksibiliteten med tanke på underkonsept P2_Lin_ide2, men man har negative faktorer som vekt på heisrack og barrierestørrelse som trekker underkonseptet ned i vektingen.

Systembeskrivelse

Når operatøren kommer med en frest elektrodeblokk settes denne inn i ønsket elektrodeplass, og deretter velger operatøren denne elektrodeplassen eller en annen hvis ønskelig, og starter vekslerprosessen. Heissystemet beveger valgt elektrodeplass til inn- og utlastingsposisjon og lineær aktuatoren beveger seg til spesifisert posisjon og henter ut elektrodeholder. Deretter beveger lineær aktuatoren seg til vertikal posisjon under EDM-maskinens tårn og styresystemet registrerer at elektrodeholder står i riktig posisjon. Videre løftes elektrodeholder inn i 0-punktsystemet og griperen aktiveres. Lineær aktuatoren beveger seg til spesifisert posisjon og eroderingsprosess kan begynne.



Figur 36. P2_Lin_Ide3

Konsept

Konklusjon

Prosjektgruppen er også positive til dette underkonseptet. Heissystemet gir en bedre fleksibilitet enn ved P2_Lin_Ide2, men har negative faktorer som større beskyttelsesbarriere og vekt på selve innlastingssystemet. Her som i de andre underkonseptene er det viktig med et godt samarbeid med oppdragsgiver slik at krav de stiller eller ønsker de har blir tilfredsstilt.

Konsept

Resultat

Etter endt evaluering av alle idene summerte prosjektgruppen alle positive, tilsvarende og negative vurderinger. Ideen som kom ut med best rangering var ide 2: Roterende.

Konsept: P2_Lin Verktøyopplagring			Verktøyopplagringsmulighet:		
			Ide 1	Ide 2	Ide 3
Kriterier:	Tema:	Nullpunkt	Rack	Roterende	Heis
			Vurdering:	Vurdering:	Vurdering:
HMS	Ergonomi	5	-	0	0
	Klemfare	4	0	0	0
	Beskyttelse	5	0	0	0
	Håndtering av elektroder	3	0	0	0
Økonomi	Kostnader/investeringer	3	-	+	0
	Besparelse verktøybruk	5	0	0	0
	Besparelse timebruk	4	0	0	0
	Besparelse vedlikehold	4	-	+	0
Ombygging	Tid	4	-	0	0
	Kompleksitet	4	-	0	+
	Robusthet teknikk	4	0	-	0
	Tilpasningsmuligheter i andre maskiner	2	0	0	0
Operasjon	Tid/ Operatørvhengighet	3	-	+	0
	Kompleksitet	4	0	0	0
	Nye produkter/ fleksibilitet	3	+	-	0
	Robusthet/Slitasje	4	-	0	0
	Elektrodedata	4	0	0	0
Vedlikehold	Tilgang	4	-	0	0
	Kompleksitet	4	-	0	-
	Levering av reservedeler	3	0	0	0
Sum positiv (+):			1	3	1
Sum tilsvarende (0):			10	15	19
Sum negativ (-)			9	2	1
Totalsum:			-8	1	0
Rangering:			3	1	2

Tabell 53. Beslutningsmatrise - Valg av underkonsept

Konsept

9. Risikoanalyse av valgt konsept

Hvorfor har vi risikoanalyse?

Siden valg av konsept er et usikkert tema for prosjektgruppen, har det blitt besluttet at det skal brukes en risikoanalyse for å kartlegge store problemer som prosjektgruppen kan møte i videre arbeid med konseptet. At prosjektgruppen ikke møter nødvendige HMS og økonomiske krav er eksempler på dette. Grunnen til at prosjektgruppen har valgt å gjøre dette er fordi konseptvalg er en kritisk del av prosjektet, og siden prosjektgruppen har en bestemt tidsplan ble det nødvendig å kartlegge store risikoer knyttet til konseptvalg.

Risikoanalysen baserer seg på oppsettet i den risikoanalysen som prosjektgruppen brukte til å kartlegge risikoer i prosjektplanleggingsdokumentet. Prosjektgruppen har tilpasset konsekvensanalysen, sannsynlighetsanalysen, risikomatriksen og selve analysen av risikoer for at de skal passe til analysering av et konsept. Foruten disse forskjellene vil prosjektgruppen på lik linje analysere sannsynlighet mot konsekvens for en vurdering som brukes i analysen av risikoer, se tabell (tab. 58).

Konsekvensanalyse

Tabellen (tab. 54) viser konsekvensenes grad og hvilken påvirkning disse har på prosjektgruppens videre arbeid i prosjektprosessen (designfasen).

Konsekvens	Påvirkning av prosjektprosessen
Liten	Ingen eller liten motgang i prosjektprosessen som ikke vil påvirker videre arbeid i prosjektet.
Moderat	Merkbar motgang i prosjektprosessen som gjør at tiltak bør vurderes.
Stor	Prosjektprosessen stopper, dette krever umiddelbare tiltak.

Tabell 54. Konsekvensanalyse

Konsept

Sannsynlighetsanalyse

Tabellen (tab. 55) viser sannsynlighetens grad, og hva som klassifiser sannsynligheten for at risikoene som er spesifisert i tabell (tab. 58) oppstår.

Sannsynlighet	Beskrivelse
Liten	Det er liten eller ingen sannsynlighet for at hendelsen inntreffer.
Moderat	Det er moderat sannsynlighet for at hendelsen inntreffer.
Stor	Det er stor sannsynlighet for at hendelsen inntreffer.

Tabell 55. Sannsynlighetsanalyse

Fargekoder for risikoene

Tabellen (tab. 56) viser fargekodene som brukes i risikomatriksen og analyseringen av risikoer knyttet til konseptvalg.

Fargekoder for risiko	
Liten risiko	Liten risiko, ikke nødvendig med tiltak.
Moderat risiko	Middels risiko, tiltak må vurderes for hver enkelte situasjon.
Stor risiko	Stort behov for tiltak og må løses umiddelbart. Løsning må vurderes for hver konseptløsning.

Tabell 56. Fargekoder for risiko

Konsept

Risikomatrise

Risikomatrisen brukes av prosjektgruppen til å sammenligne sannsynlighet mot konsekvens. Matrisen har ni rubrikker med forskjellige farger og tall, som indikerer liten risiko (grønn), moderat risiko (gul) og stor risiko (rød). Tallene brukes i analysen av konseptvalget for å gi prosjektgruppens vurdering av risiko en verdi, og en referanse.

Fremgangsmetoden for å bruke risikomatrisen er tabellene (tab. 54 og tab. 55) som brukes til å evaluere sannsynligheten og konsekvensen til en risiko. Når prosjektgruppen har valgt en sannsynlighet og en konsekvens kan det leses av i risikomatrisen hvilke fargekode og tall risikoen får. Dette brukes til slutt i tabell (tab. 58).

Risikomatrise			
Sannsynlighet vs. konsekvens	Liten konsekvens	Moderat konsekvens	Stor konsekvens
Stor sannsynlighet	3	6	9
Moderat sannsynlighet	2	5	8
Liten sannsynlighet	1	4	7

Tabell 57. Risikomatrise

Konsept

Analysering av risikoer knyttet til konseptvalg

I analysen av risiko for konseptvalg skal prosjektgruppen evaluere det valgte overordnede konseptet. Risikoene er satt opp av prosjektgruppen, og baserer seg på kritiske punkter som prosjektgruppen ser for seg kan oppstå ved videre arbeid i prosjektprosessen.

Med bakgrunn i risikomatriksen evalueres konseptet mot risikoene. Det gis en farge og et tall for å indikere graden av risiko. Vurderingen som har en stor konsekvens (7, 8 og 9) vil kreve en forklaring med et tiltak i tabell (tab. 59). Dette gjøres for at prosjektgruppen skal kunne legge en plan for å redusere risikoen tidlig i neste fase av prosjektet, designfasen.

Nr.	Risiko:	Vurdering:
1	Har prosjektgruppen valgt riktig konsept?	5
2	Konseptet kan ikke realiseres?	2
3	Konseptet tilfredsstiller ikke lønnsomhetsanalysen?	8
4	Konseptet tilfredsstiller ikke kravene til HMS?	4
5	Hvis dagens konsept ikke er realiserbart, hva er sannsynligheten for at prosjektgruppen må gå gjennom ny konseptutredning?	7
6	Prosjektgruppen når ikke de satte resultatmålene?	8

Tabell 58. Analysering av risikoer knyttet til konseptvalg

Konsept

Vurderinger

Denne tabellen (tab. 59) tar for seg kommentarene for vurderingene i tabell (tab.58) for analysering av risikoer. Det er også beskrevet nødvendige tiltak som prosjektgruppen må foreta seg ved risikoer med høy vurdering.

Nr.	Kommentar
1	<p>Basert på evalueringsverktøyene har prosjektgruppen valgt konseptet de mener er riktig. Det er fortsatt usikkerheter knyttet til konseptløsningen med tanke på lønnsomhet, funksjonalitet og gjennomførbarhet.</p> <p>Konseptet er heller ikke godkjent av oppdragsgiver, dette vil bli gjort etter presentasjon 2.</p> <p>Tiltak: Konseptet må godkjennes av oppdragsgiver, og mer informasjon må hentes inn rundt teknologi og utstyr.</p>
2	<p>Det foreligger usikkerheter med tanke på realisering av konseptet. Prosjektgruppen har vært i kontakt med bedrifter som virker positive til konseptløsningen.</p> <p>Tiltak: Ingen tiltak.</p>
3	<p>Oppdragsgiver stiller krav knyttet til lønnsomheten til produktet, og hvis ikke kravene tilfredsstilles kan dette føre til store konsekvenser som stopp i prosjektet. Dette vil også kunne medføre at konseptet ikke kan realiseres. Det kreves stor oppmerksomhet fra prosjektgruppen på disse kravene, som må tilfredsstilles før designrelaterte aktiviteter kan påbegynnes.</p> <p>Tiltak: Prosjektgruppen må fortsette med nærmere undersøkelser for å finne fastsatte priser på de forskjellige delene til konseptet. Dette kommer derfor til å bli utarbeidet videre i designfasen, altså etter presentasjon 2.</p>
4	<p>Prosjektgruppen ser for seg at konseptet vil tilfredsstille alle HMS krav. Prosjektgruppen ser på HMS kravene som en moderat konsekvens, med tanke på at eventuelle endringer eller utfordringer kan løses i designfasen.</p> <p>Tiltak: Ingen tiltak.</p>
5	<p>Prosjektgruppen ser det som lite sannsynlig at konseptet ikke er realiserbart. Skulle det likevel vise seg at dette er tilfelle vil det få store konsekvenser fordi prosjektgruppen må forkaste konseptet til fordel for en annen løsning.</p> <p>Konsekvensen er satt til stor fordi å utarbeide nytt konsept er tidkrevende, noe som resulterer i endringer i prosjektfremdrift og mål.</p> <p>Tiltak: Prosjektgruppen må fortsette med innhenting av informasjon med tanke på teknologi og utstyr, dette er for å sikre at konseptet er realiserbart.</p>

Konsept

6	<p>Hvis prosjektgruppen ikke når resultatmålene som er satt i visjonsdokumentet, betyr dette at verken prosjektgruppens prosessmål eller oppdragsgivers effektmål blir tilfredsstilt.</p> <p>Prosjektgruppen ser på sannsynligheten som moderat da det foreligger lite informasjon i nåværende prosjektperiode. Konsekvensen for dette punktet er satt til stor, fordi hvis ikke prosjektgruppen når de satte målene blir ikke prosjektoppgaven ferdig.</p> <p>Tiltak: Prosjektgruppen må fortløpende evaluere prosjektet fremgang. Hvis det er fare for at prosjektets fremgang leder til overskridelse av innleveringsfristen, må mål revideres. Dette må gjøres i samarbeid med intern veileder og oppdragsgiver.</p>

Tabell 59. Kommentarer og tiltak

Konklusjon av risikoanalyse

Etter at det valgte overordnede konseptet P2_Lin var behandlet i risikoanalysen satt prosjektgruppen igjen med noen usikre punkter. Spesielt vurderingen for risiko nummer 3, 5 og 6 i tabell (tab. 58) vil kreve ekstra oppmerksomhet. Som en start har prosjektgruppen gjort en vurdering med tiltak i tabell (tab. 59), men konseptet må fremdeles fremlegges for godkjenning av GAN. Videre vil prosjektgruppen jobbe med å innhente mer informasjon knyttet til konseptet før det startes på et design. Dette gjøres for å kunne finne en løsning på usikkerheter før prosjektgruppen har kommen for langt inn i designfasen av prosjektet hvis konseptet må skrinlegges til fordel for et annet konsept.

Konsept

10. Konklusjon og videre arbeid

De ulike Systems Engineering metodene som er presentert i dokumentet har sine egne fordeler og ulemper for å bidra prosjektgruppen med det å oppnå et optimalt eller godt konsept. HOQ vurderer hvilket eller hvilke krav vi bør fokusere på i utviklingen av konseptet. Vi har valgt å bruke beslutningsmatrisen fordi det er en effektiv og enkel metode å bruke for å evaluere ulike konseptløsninger mot kriterier som baserer seg på krav fra oppdragsgiver. I tillegg har vi brukt AHP for å sikre at vi har gjort en riktig evaluering i beslutningsmatrisen. AHP baserer seg på matematiske formler for å evaluere kriterier opp mot hvilket konsept som er best, hvor vi har brukt usikkerhet som det viktigste kriteriet.

I utgangspunktet så anbefaler vi å gå videre med konseptløsning P2_Lin. Valget av konseptløsning vil korte ned henting- og leveringsavstanden for systemet. I tillegg vil konseptløsningen minimere kompleksiteten til styring av lineær aktuator da tårnet kan flyttes til hvilken som helst posisjon.

Konseptløsning P2_Lin har tre forskjellige underkonsepter som har blitt videre evaluert. Oppsummert anbefaler vi derfor følgende konseptløsninger. De er oppført i rangert rekkefølge basert de evalueringene vi har tatt.

1. P2_Lin – Roterende
2. P2_Lin – Heis
3. P2_Lin – Rack

Basert på evalueringsmetodene har vi valgt det konseptet vi mener er best. Det er fortsatt usikkerheter til konseptløsningen knyttet til lønnsomhet, realiserbarhet og funksjonalitet.

Vi har lært at hensikten med en konseptutredning er å gi et godt beslutningsunderlag til å kunne velge den løsningen som er best egnet med utgangspunkt i kundens behov; enten det dreier seg om lønnsomhet eller andre kriterier. På grunn av tidspress øker risikoen for feil valg av konsept. Om det krever en ny konseptutredning, så har vi lært å se problemstillingen fra et overordnet perspektiv. Hvor godt vi har håndtert risikoer vil påvirke valget i betydelig grad, og kvaliteten på våre beslutninger.

Videre må konseptet godkjennes av oppdragsgiver, og mer informasjon må hentes inn rundt teknologi og lønnsomhet for å sikre at konseptet er realiserbart.



Design

Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM-maskin 5129

Prosjekt gruppe: Eirik Brendeløkken (EB)

Morten A. Kjær (MK)

Erik Michalsen (EM)

Mark A. Steffens (MS)

Prosjektleder: Erik Michalsen

Intern veileder: Kjell Enger

Kunde: GKN Aerospace Norway AS

Ekstern veileder: Even Engebakken

Design

Sammendrag

Dette dokumentet omhandler utvikling og design av konseptideen P2_Lin – Roterende. I konseptfasen la prosjektgruppen vekt på produktpris, robusthet og funksjonalitet, og dette bygger designdokumentet videre på. For å gjøre de beste design valgene, har prosjektgruppen valgt å starte dokumentet med å fokusere på forskriftene som tilfredsstiller CE-godkjenningsskravet til oppdragsgiver, og HMS tiltak som relateres til dette kravet. Det velges derfra å dele opp prosjektet i fire deler som hver tar for seg 0-punktsystem, verktøyveksler, beskyttelsesbarrieren og verktøykontrollsystemet. I disse kapitlene vil bruker- og systemkravene analyseres før designrelaterte problemstillinger kommer. Til slutt vil komponentdata som estimerte priser bli samlet inn og satt opp mot et «cash flow» diagram som viser lønnsomheten til produktet prosjektgruppen har kommet frem til.

Design

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	1
1.1. Formål med dokument.....	1
1.2. Liste over definisjoner og forkortelser	1
1.3. Oversikt	3
1.4. Referanser.....	4
2. Dokumenthistorie	5
3. CE.....	6
3.1. Fremgangsmåte.....	6
3.2. Dokumentasjonsgrunnlaget delvis ferdigstilte maskiner.....	6
3.2.1. Teknisk dokumentasjon	7
3.2.2. Monteringsveiledning	7
3.2.3. Sammenstillingserklæring.....	8
3.3. Samsvarsvurdering	8
3.4. Helse- og sikkerhetskrav ved CE-merking.....	9
4. HMS.....	10
4.1. HMS risikoer	10
4.1.1. Helse	10
4.1.2. Miljø.....	11
4.1.3. Sikkerhet	11
4.2. Generell og maskinspesifikk HMS.....	12
4.2.1. Generell HMS	12
4.2.2. Maskinspesifikk HMS	12
4.3. HMS etter maskindeler.....	12
4.3.1. Verktøyveksler	13
4.3.2. Beskyttelsesbarriere	14
4.3.3. Innspenningssystem	14
4.3.4. Verktøykontrollsystem.....	15
4.4. Øvrig anbefalt HMS	15
5. EDM-maskin 5129	16
6. 0-punktssystemet 3R	20
6.1. Maskinteknisk.....	21
6.1.1. Modell	21
6.2. Sammenstilling	25
7. Verktøyveksler	26
7.1. Maskinteknisk.....	27
7.1.1. Modell	27
7.1.2. Lineær føringer, xz-akse.....	28
7.1.3. Roterende elektrodeholder, c-akse	35
7.2. Elektroteknisk.....	40
7.2.1. Påvirkning av krav	40

Design

7.2.2.	Lineær føringer, xz-akse.....	42
7.2.3.	Roterende aktuator, c-akse.....	67
7.2.4.	Utvidet informasjon på valgte produkter for verktøyveksler	82
7.2.5.	Sensorer	86
8.	Beskyttelsesbarriere	89
8.1.	Maskinteknisk.....	89
8.2.	Modell	89
8.3.	Elektroteknisk.....	96
8.3.1.	Påvirkning av krav	96
8.3.1.	Komponentvalg og dimensjonering	97
8.4.	Spesifikasjoner	103
9.	Styresystem	104
9.1.	Påvirkning av krav for styresystem	105
9.1.1.	Overordnede brukerkrav	105
9.1.2.	Sikkerhetskrav for styresystem	106
9.1.3.	Ergonomi og arbeidsplass	107
9.1.4.	Elektrokrav for styresystem	108
9.2.	Valg av styresystem.....	109
9.2.1.	PLS-basert styresystem	109
9.2.2.	Hovedstruktur til design av styresystem.....	111
9.3.	Design av styresystem	118
9.3.1.	Profibus	118
9.3.2.	Kabel, kabellengder og oppkobling.....	120
9.3.3.	Sikkerhetsrelaterte funksjoner for styresystem	122
10.	Dimensjoner av strømforsyning til anlegg	123
10.1.	Totalbelastning for skap.....	124
10.1.1.	Sentral skap.....	124
10.1.2.	Lokal skap.....	124
10.2.	Dimensjonering av vern og kabler	127
10.2.1.	Dimensjonering.....	127
11.	FEM-analyser med beregninger.....	130
11.1.	Finite Element Analysis (FEA).....	131
11.2.	Analysering og beregning av eksterne bedrifters komponenter og systemer.....	141
12.	Verktøykontrollsystemet.....	145
12.1.	Oversikt system.....	145
12.2.	Databrikke.....	148
12.3.	Bærbar lese- & skrive-enhet	151
12.4.	Manuell lese- & skrive-enhet med kabel BIS C-720-01-03.....	151
12.5.	Lese- & skrivehode	152
12.6.	Prosesor	152
12.7.	Kobling med styresystemet M5439 Fehlmann fresemaskin	153
12.8.	Konklusjon.....	154

Design

12.8.1.	Kostnader og bruk	154
12.8.2.	Kravoppnåelse	156
13.	Lønnsomhetsanalyse.....	158
13.1.	Verktøykostnader	158
13.2.	Besparelse	158
13.3.	Budsjett over estimerte priser	159
13.3.1.	Budsjett maskin	160
13.3.2.	Budsjett elektro.....	160
13.4.	Cash flow	160
14.	Konklusjon	161

Design

Tabelloversikt

Tabell 1. Liste over definisjoner og forkortelser	2
Tabell 2. HMS-Verktøyveksler	13
Tabell 3. HMS-Beskyttelsesbarriere.....	14
Tabell 4. HMS-Innspenningssystem	14
Tabell 5. HMS-Verktøykontrollsystem	15
Tabell 6. Føringsspesifikasjon, beltedrevet	42
Tabell 7 Føringsspesifikasjon, lead screw.....	43
Tabell 8 Føringsspesifikasjon, ball screw.	44
Tabell 9 Ønsket spesifikasjoner for føringer.....	46
Tabell 10 Ønsket spesifikasjoner for motor	49
Tabell 11 Ønsket spesifikasjoner for stepper motor.....	75
Tabell 13. Utstyr- og kostnadsbasert oversikt for "stand-alone" system.....	112
Tabell 14. Utstyr- og kostnadsbasert oversikt for Profibus basert system med digitale drivere	114
Tabell 15. Utstyr- og kostnadsbasert oversikt for komplett Profibus basert system	117
Tabell 16 Belastningsoversikt for 24VDC, sentralskap.	124
Tabell 17 Belastningsoversikt for 24VDC, lokalt skap.....	125
Tabell 18 Total belastningsverdi for 230VAC, lokal skap.....	125
Tabell 19. Verktøykostnader	158

Design

Figuroversikt

Figur 1. Bassengregulator - nedre del.....	17
Figur 2. Bassengregulator - øvre del	17
Figur 4. Bordkonstruksjon.....	19
Figur 5. 3R-A3620 adapterplate	22
Figur 6. 3R-600.1-30 pneumatisk chuck	23
Figur 7. 3R-605.1E trekk tapp	24
Figur 8. 3R-601.7-P palett	24
Figur 9. Sammenstilling - 0-punktssystemet 3R	25
Figur 10. Sammenstilling - Lineær føring	28
Figur 11. Monteringskloss for føring - utkast	29
Figur 12. Monteringskloss på lineær føring	29
Figur 13. Monteringskloss føring	30
Figur 14. Avlastningskonstruksjon.....	30
Figur 15. Avlastningskonstruksjon - utkast.....	31
Figur 16. Avlastningskonstruksjon - Hjul	31
Figur 17. Vinklet elektrodeholder - utkast 1.....	33
Figur 18. Vinklet elektrodeholder - utkast 2.....	33
Figur 19. Vinklet elektrodeholder	34
Figur 20. Øvre del.....	36
Figur 21. Øvre del - utkast.....	37
Figur 22. Nedre del.....	38
Figur 23. Nedre del - utkast	39
Figur 24. Representasjon av belte	42
Figur 25. Representasjon av føring med belte	42
Figur 26. Representasjon av lead screw	43
Figur 27. Representasjon av føring med lead screw.....	43
Figur 28. Representasjon av ball screw	44
Figur 29. Representasjon av føring med ball screw	44

Design

Figur 30. Servo vs. stepper karakteristisk kurve	48
Figur 31. Representasjon av feedback krets	50
Figur 32. Representasjon av motion control kurve	51
Figur 33. Representasjon av driver	52
Figur 34. PositioningDrive, side 1	53
Figur 35. PositioningDrive, side 2	55
Figur 36. PositioningDrive, side 3	56
Figur 37. PositioningDrive, side 4	57
Figur 38. PositioningDrive, side 5	58
Figur 39. PositioningDrive, side 6	59
Figur 40. PositioningDrive, side 7	60
Figur 41. PositioningDrive, side 1	61
Figur 42. PositioningDrive, side 3	62
Figur 43. PositioningDrive, side 4	63
Figur 44. PositioningDrive, side 5	64
Figur 45. PositioningDrive, side 6	65
Figur 46. PositioningDrive, side 7	66
Figur 47. Enkel skisse av elektrodeholder	67
Figur 48. Treghetsmoment lokk, plate	68
Figur 49. Treghetsmoment, disk	69
Figur 50. Treghetsmoment elektrodeholder	70
Figur 51. AB lengde med radius og grad verdi	73
Figur 52. Bevegelsesprofil for motor	74
Figur 53. PositioningDrive, side 1	76
Figur 54. PositioningDrive, side 2	77
Figur 55. PositioningDrive, side 3	79
Figur 56. PositioningDrive, side 4	80
Figur 57. PositioningDrive, side 5	81
Figur 58. Representasjon av digital motorstyringsenhet - Driver	83

Design

Figur 59. Representasjon av motorstyringsenhet - Driver med Profibus	84
Figur 60. Illustrasjon av driver med slot på høyre, og Profibus kort på venstre	84
Figur 61. Representasjon av STO oppkobling og funksjon	85
Figur 62. Illustrasjon av fotosensor med reflektor	86
Figur 63. Illustrasjon av monteringsplass for den optiske sensoren og reflektorplate	87
Figur 64. Sensor med reflektor Figur 65. Monteringsbrakett.....	87
Figur 66. Illustrasjon for oppkobling av optisk sensor	87
Figur 67. Montering av endebryter.....	88
Figur 69. Fast barriere - utkast	91
Figur 70. Bevegelig barriere - utkast 1	93
Figur 71. Bevegelig barriere - utkast 1(2)	93
Figur 72. Bevegelig barriere - utkast 2	94
Figur 73. Bevegelig barriere - utkast 2(2)	94
Figur 74. Stillbar barriere	94
Figur 75. Pneumatisk sylinder	98
Figur 76. Pneumatisk føring	99
Figur 77. Teknisk illustrasjon av 5/2 ventil Figur 78. Illustrasjon av valgt ventil	99
Figur 79. Kalkulasjonsprogram for pneumatisk føring	102
Figur 80. Blokkskjematisk fremstilling av en PLS	109
Figur 81. Operasjon som utføres i RUN.....	110
Figur 82. Lokalbasert styresystem.....	112
Figur 83. Profibus basert system med digitale drivere	114
Figur 84. Profibus kobling RS485 med kabel	115
Figur 85. Illustrasjon av komplett Profibus system.....	116
Figur 86. Simatic ET200SP.....	120
Figur 87. Illustrasjon av Profibus kabel	120
Figur 88. Illustrasjon av jord for inntak på skap	121
Figur 89. Lineærføring i x-akse.....	141
Figur 90. Lineærføring i z-akse	143

Design

Figur 91. Oversikt verktøykontrollsystemet og tilkoblede styresystemer	147
Figur 92. Besparelse	159

Vedlegg

Vedlegg A:	<i>Prosjektmandat</i>
Vedlegg B:	<i>Sluttrapport for forprosjektet: "EDM Automatisering".</i>
Vedlegg O:	<i>Resultater av FEM-analyser</i>
Vedlegg P:	<i>Kostnader for verktøykontrollsystemet</i>
Vedlegg Q:	<i>Kostnader for maskin</i>
Vedlegg R:	<i>Kostnader for elektro</i>

1. Innledning

1.1. Formål med dokument

Vi har fått i oppdrag av GKN Aerospace Norway om å oppgradere en av de gamle EDM-maskinene med et automatisk verktøyvekslersystem og et automatisk innspenningssystem som passer til dagens fabrikkstandard. Formålet med dette dokumentet er å dokumentere maskin- og elektroteknisk designgrunnlag som prosjektgruppen har utarbeidet gjennom prosjektperioden. I tillegg vil det foreligge beregninger og analyser.

1.2. Liste over definisjoner og forkortelser

Definisjoner/forkortelser	Beskrivelse
AC	Alternating Current (vekselstrøm)
CNC	Computer Numerical Control
DC	Direct Current (likestrøm)
EDM	Electrical Discharge Machining
Elektrodedata	Registrering av elektrodedata eller høyde av elektrodene etter en freseprosess i CNC-maskin.
Elektrodeholder	En stålplate hvor det er festet fire elektroder
Eroderingsprosess	Den elektriske energien fra strømforsyningen endret til ønsket resultat ved nøye utviklet og kontrollert pulsgeneratorer.
EØS	Det europeiske økonomiske samarbeidsområdet
Exeron	Leverandør av EDM løsninger
FOM	Forskrift om maskiner
GAN	GKN Aerospace Norway
Grafittblokk	Elektroder blir frest ut fra en grafittblokk
HMS	Helse, Miljø og Sikkerhet

Design

IPO	Input-Process-Output
ISO	International Organization for Standardization
PLS	Programmerbar Logisk Styring
RUN	PLS system i driftstilstand

Tabell 1. Liste over definisjoner og forkortelser

Design

1.3. Oversikt

Dette dokumentet er satt opp på slik måte at det tilfredsstiller intern og ekstern veileder.

Kapittel 3 beskriver koblingene mellom arbeidet prosjektgruppen har utført og tilhørende regelverk med hensyn til CE-merking.

Kapittel 4 oppsummerer risikoene og beskriver nødvendige tiltak tilknyttet designet.

Kapittel 5 beskriver hvordan EDM-maskin 5129 er designet.

Kapittel 6 beskriver hvordan 0-punktssystemet 3R er designet.

Kapittel 7 beskriver hvordan verktøyvekslersystemet er designet.

Kapittel 8 beskriver hvordan beskyttelsesbarrieren er designet.

Kapittel 9 beskriver hvordan styresystemet vil fungere

Kapittel 10 beskriver dimensjonering av strømforsyning til anlegget

Kapittel 11 beskriver analyser og beregninger tilknyttet designløsninger.

Kapittel 12 beskriver hvordan verktøykontrollsystemet er designet.

Kapittel 13 oppsummerer en lønnsomhetsanalyse for å se om prosjektet er lønnsomt.

Kapittel 14 oppsummerer konklusjonen av dokumentet.

Design

1.4. Referanser

- [1] Lovdata. (2014). *Forskrift om maskiner*. Hentet 07.05.2015, fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-05-20-544/>
- [2] Hafiz. (2012). *Emergency Button*. Hentet 16.04.2015, fra <https://grabcad.com/library/emergency-button>
- [3] System 3R. (u.å). *Reference systems for electrode manufacturing & EDMing*. P-22. Hentet 23.03.2015, fra http://www.system3r.ch/PDF/T-2389-e_edm.pdf
- [4] http://www.festo.com/cat/no_no/products
- [5] <http://www.solidcomponents.com/company/default.asp?SCCC=SCCNS20DW&VisualID=15425&Lang=44&ClickLog=lang>
- [6] http://www.tormach.com/cnc_buyers_guide_engineering.html

Design

2. Dokumenthistorie

Versjon	Kommentar	Forfatter	Dato
0.1	<ul style="list-style-type: none">Dokument opprettet.	EM	01.05.2015
0.2	Lagt til: Flettet sammen forskjellige kapitler inn i dokumentet	EM	14.05.2015
1.0	Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none">Dokumentet er godkjent som rev.1.0.	EM	18.05.2015

Design

3. CE

Det overordnede brukerkravet OB_02 beskriver kravet om CE-godkjenning av produktet prosjektgruppen vil designe. Prosjektgruppens mål er å tilfredsstille så mye som mulig av regelverket med hensyn til CE-merkingen, som beskrevet i «Forskrift for maskiner» (heretter «FOM»)[1]. Prosjektgruppens fokus er derfor på kapittel 2: *Krav til vern mot skade på liv og helse ved konstruksjon, bygging, samsvarsvurdering, merking mv. av maskiner* i disse forskriftene.

Dette kapittelet beskriver koblingene mellom arbeidet prosjektgruppen har utført og tilhørende regelverk med hensyn til CE-merking.

3.1. Fremgangsmåte

Prosjektet har som mål å designe et supplement til en eksisterende maskin. Derfor er §9: «*Omsetning og levering av delvis ferdigstilte maskiner*» i FOM ledende i dokumentasjonsdelen. Denne paragrafen beskriver blant annet dokumentgrunnlag som trengs for å kunne vurdere samsvar med regelverket. Selve samsvarsvurderingen blir basert på § 10: «*Prosedyre for samsvarsvurdering av maskiner*» i FOM. Samsvarsvurderingen er en prosedyre som blir bestemt av egenskaper maskinen har. Disse egenskapene blir beskrevet i noen av vedleggene som tilhører FOM. Etter at CE-merkingen er påført, bør den kunne kobles opp mot samsvarserklæring, forskrifter og krav som gjelder med hensyn til produktet som har blitt påført CE-merkingen. Dette blir beskrevet i § 11: «*Oppfyllelse av helse- og sikkerhetskrav ved CE-merking*» i FOM.

3.2. Dokumentasjonsgrunnlaget delvis ferdigstilte maskiner

Dokumentasjonsgrunnlaget som, ifølge § 9: «*Omsetning og levering av delvis ferdigstilte maskiner*» i FOM bør leveres er:

- a) Teknisk dokumentasjon jf. vedlegg VII, del B i FOM
- b) Monteringsveiledning jf. vedlegg VI i FOM
- c) Sammenstillingserklæring jf. vedlegg II, første avsnitt, del B i FOM.

Dokumentasjonsgrunnlaget skal være på et eller flere av de offisielle språkene i EØS.

Design

3.2.1. Teknisk dokumentasjon

Prosjektet er basert på oppgradering av EDM-maskin 5129, men erfaringene tas med i en senere vurdering om å oppgradere andre EDM-maskiner hos GAN. Prosjektgruppen mener at dette ikke er nok grunnlag for å kunne kvalifisere konstruksjonen av maskindelen og –systemene som tilhører dette prosjektet som serieproduksjon. Beskrivelsen i vedlegg VII, del B, avsnitt 1b i FOM er derfor ikke aktuelt.

Prosjektgruppen leverer alt av teknisk dokumentasjon som nevnes i vedlegg VII, del B i FOM som dokumentasjonsgrunnlag slik at maskindelen og –systemene kan lages, med unntak av:

- (beskrivelse av) standarder og andre tekniske spesifikasjoner som er benyttet i risikovurderingen, med beskrivelse av hvilke krav til vern mot skade på liv og helse disse standardene oppfyller

Det elektrotekniske tegningsunderlaget følger standardene:

- IEC 1082
- ISO 1028
- ISO 3511
- NS 1422

Merk at en ny gjennomgang av vedlegg VII, del B i FOM trengs etter ferdigstillelse av maskinen. Eventuelle avvik og endringer med hensyn til dokumentasjonen som leveres av prosjektgruppen, etter at prosjektgruppen har levert sluttdokumentasjonen til oppdragsgiveren, bør tas med i vurderingen.

Prosjektgruppen vil gjøre oppdragsgiveren oppmerksom på at det stilles krav til oppbevaring av den tekniske dokumentasjonen, som nevnt i vedlegg VII, del B i FOM.

3.2.2. Monteringsveiledning

Monteringsveiledningen bør tilfredsstille kravene som stilles i Vedlegg VI:

Monteringsveiledning for delvis ferdigstilte maskiner i FOM. Prosjektgruppen har bestemt å skrive monteringsveiledningen på norsk, uten å konsultere produsenten av maskinen som maskindelen og –systemene monteres sammen med eller dens representant.

Design

3.2.3. Sammenstillingserklæring

Prosjektgruppen vil gjøre oppdragsgiveren oppmerksom på at det stilles krav til sammenstillingserklæringen, som nevnt i vedlegg II, første avsnitt del B i FOM.

Prosjektgruppen mener at ansvaret for laging av denne erklæringen ligger hos oppdragsgiveren, og at denne erklæringen bør ferdigstilles samtidig med ferdigstillelse av maskinen.

3.3. Samsvarsvurdering

Prosjektgruppen mener at den riktige prosedyren for samsvarsvurderingen som bør gjennomføres er beskrevet i Vedlegg VIII i FOM. Denne prosedyren dekker både mulighet a) og b) i § 10: *Prosedyre for samsvarsvurdering av maskiner* i FOM. Prosjektgruppen er overbevist om at maskinen vil være i samsvar med harmoniserte standarder som omfatter de grunnleggende kravene til vern mot fare for liv og helse etter ferdigstillelse av maskinen, men tviler på om vedlegg IV i FOM gjelder maskinen eller ikke. For å utelukke denne feilen tillater FOM å bruke Vedlegg VIII i FOM både hvis vedlegg IV i FOM gjelder og hvis vedlegg IV i FOM ikke gjelder.

Vedlegg VIII i FOM beskriver at teknisk dokumentasjon jf. Vedlegg VII, del A: *Teknisk dokumentasjon for maskiner* i FOM bør utarbeides og at produksjonsprosessen bør kvalitetssikres. Prosjektet er basert på oppgradering av EDM-maskin 5129, men erfaringene tas med i en senere vurdering om å oppgradere andre EDM-maskiner hos GAN. Prosjektgruppen mener at dette ikke er nok grunnlag for å kunne kvalifisere konstruksjonen av maskindelene og –systemene som tilhører dette prosjektet som serieproduksjon. Beskrivelsen i vedlegg VII, del A, avsnitt 1b i FOM er derfor ikke aktuelt.

Prosjektgruppen leverer alt av teknisk dokumentasjon som nevnes i vedlegg VII, del A i FOM som dokumentasjonsgrunnlag slik at maskindelene og –systemene kan lages, med unntak av:

1. (beskrivelse av) standarder og andre tekniske spesifikasjoner som er benyttet i risikovurderingen, med beskrivelse av hvilke krav til vern mot skade på liv og helse disse standardene oppfyller
2. sammenstillingserklæringen
3. samsvarserklæring eller kopier av samsvarserklæringen

Design

Merk at en ny gjennomgang av vedlegg VII, del A i FOM trengs etter ferdigstillelse av maskinen. Eventuelle avvik og endringer med hensyn til dokumentasjonen som leveres av prosjektgruppen bør tas med i vurderingen.

Prosjektgruppen vil gjøre oppdragsgiveren oppmerksom på at det stilles krav til oppbevaring av den tekniske dokumentasjonen, som nevnt i vedlegg VII, del A i FOM.

3.4. Helse- og sikkerhetskrav ved CE-merking

Oppfyllelsen av helse- og sikkerhetskrav ved CE-merking kan oppnås på fire forskjellige måter, som beskrevet i § 11: «*Oppfyllelse av helse- og sikkerhetskrav ved CE-merking*» i FOM. Prosjektgruppen mener at produktet som designes samsvarer mest med det første avsnittet i paragrafen: «Maskiner som er utstyrt med CE-merking og som er ledsaget av samsvarserklæring, jf. vedlegg II, første avsnitt del A, skal anses for å oppfylle forskriftens krav».

Prosjektgruppen mener at ansvaret for oppfyllelse av denne erklæringen ligger hos oppdragsgiveren, og at denne erklæringen bør ferdigstilles samtidig med ferdigstillelse av maskinen.

Design

4. HMS

Helse, miljø og sikkerhet (HMS) er en vesentlig del av prosjektet. Selv om GAN har satt opp HMS-regelverk som har som formål å beskytte personer mot farer som kan oppstå ved bruk av EDM-maskinen og tilhørende utstyr og liknende, kan det oppstå nye risikoer hvis (deler av) maskinen blir endret. Dette kapittelet oppsummerer risikoene og beskriver nødvendige tiltak.

4.1. HMS risikoer

En del av risikoene som oppstår ved bruk av EDM-maskinen vil endre seg og nye risikoer kan oppstå etter oppgraderingen av maskinen. Risikoene kan ha effekt på helse, miljø og/eller sikkerhet. I underkapittelet 4.1.1: «Helse» beskrives risikoer med hensyn til helse samt hendelser hvor en person kan skade seg. I underkapittelet 4.1.2: «Miljø» beskrives risikoer med hensyn til miljø samt hendelser som har en negativ effekt på miljø. I underkapittelet 4.1.3: «Sikkerhet» beskrives tiltak for å kunne unngå de oppsummerte risikoene som er skadelige for helse og miljø.

4.1.1. Helse

Risikoer med hensyn til helse som forventes å oppstå eller endre etter oppgraderingen av EDM-maskin 5129 er:

- Klemfare
- Berøring dielektrikumvæske
- Innpusting av gass og partikler/støv
- Sprut av dielektrikumvæske
- Belastningsskader operatøren på grunn av høyde inn- og utlasting elektroder/elektrodeverktøy
- Belastningsskader operatøren ved manuell betjening av beskyttelsesbarriere
- Belastningsskader operatøren ved manuell betjening av elektrodedresser
- Belastningsskader operatøren ved manuell transport av elektrodeverktøy

Design

4.1.2. Miljø

Risikoen med hensyn til miljø som forventes å oppstå eller endre etter oppgraderingen av EDM-maskin 5129 er:

- Kast av produkt på grunn av feil elektrodehøyde
- Kast av produkt på grunn av elektrodebrekk
- Unødvendig bruk av papirark o.l.
- Lekkasje/søl dielektrikumvæske

4.1.3. Sikkerhet

Forebyggende faktorer med hensyn til sikkerhet som er tilstede, forventes å bli implementert eller forventes å bli endret etter oppgraderingen av EDM-maskin 5129 er:

- Verneklær
- Påbudt verneutstyr (vernebrille og vernesko)
- Anbefalt verneutstyr (hørselvern, hansker)
- Øyedusj
- Beskyttelsesbarriere eller annen avskjerming
- Nødstop
- Krav som beskrevet i CE-regelverket
- Avsug gasser
- Forbedret tørking av elektroder

Design

4.2. Generell og maskinspesifikk HMS

EDM-maskinen er en produksjonsenhet hos GAN og står i et område som er underlagt HMS-regelverk. For å kunne komme seg i nærheten av maskinen gjelder det krav med hensyn til blant annet verneutstyr. Hvis man jobber på maskinen, som operatør, tekniker eller annet, kan det gjelde ekstra HMS-regelverk.

4.2.1. Generell HMS

Med hensyn til riktig anvendelse av HMS regelverk når man vil komme seg til og fra maskinen henvises det til gjeldende HMS regelverk hos GAN. I april 2015 besto dette blant annet av bruk av vernesko og vernebriller. Det anbefales å sette seg inn i gjeldende regelverk gjennom å kommunisere med GAN om det.

4.2.2. Maskinspesifikk HMS

På grunn av blant annet bevegende deler og bruk av kjemikalier gjelder det ekstra HMS-krav når man jobber med, på eller i den direkte nærheten av maskinen. Også lovpålagt regelverk kan ha innflytelse på HMS, for eksempel maskinretningslinjer og CE-krav. I april 2015 besto dette blant annet av bruk av vernesko og vernebriller. Bruk av hansker og hørselvern er valgfritt. Det anbefales å sette seg inn i gjeldende regelverk gjennom å kommunisere med GAN om det.

4.3. HMS etter maskindeler

Prosjektet omfatter grovt sett endringer eller tilpasninger på 4 deler av EDM-maskinen:

1. Verktøyveksler
2. Beskyttelsesbarriere
3. Innspenningssystem
4. Verktøykontrollsystem

Disse endringene har innflytelse på HMS-faktorene, som blant annet ble nevnt i kapittel 4.1: *HMS risikoer*. I de neste delkapitlene blir det oppsummert en oversikt over farer og risikoer og hvilke tiltak har blitt designet eller anbefalt, underfordelt etter de 4 maskindelene.

Design

4.3.1. Verktøyveksler

HMS faktor	Tiltak
Klemfare	<ul style="list-style-type: none"> Fysisk beskyttelse mot at kroppsdelar kan bli klemt fast. Montasje av nødstoppknapper i direkte nærheten av verktøyveksleren. Tilpasset programmering i driverne motorene slik at motorene kobles ut ved overskridelse av maksimalverdiene for mekanisk belastning.
Kjemikalier	<ul style="list-style-type: none"> Fysisk beskyttelse mot sprut. Tiltak for avsug av gasser. Minimering av berøring gjennom bruk av hansker.
Innpusting av gass og partikler/støv	<ul style="list-style-type: none"> Tiltak for avsug av gasser. Forbedret tørking av elektroder.
Sprut av dielektrikumvæske	<ul style="list-style-type: none"> Beskyttelsesbarriere eller annen avskjerming. Vernebrille. Verneklær.
Innlastingshøyde	<ul style="list-style-type: none"> Posisjon av inn- og utlasting av elektrodeholdere er ergonomisk.
Manuell transport av elektrodeverktøy	<ul style="list-style-type: none"> Bruk av transportmidler. Minimering av vekt. Maksimering av håndterbarhet.
Lekkasje/søl dielektrikumvæske	<ul style="list-style-type: none"> Verneklær. Påbudt verneutstyr.

Tabell 2. HMS-Verktøyveksler

Design

4.3.2. Beskyttelsesbarriere

HMS faktor	Tiltak
Klemfare	<ul style="list-style-type: none"> Fysisk beskyttelse mot at kroppsdelar kan bli klemt fast. Montasje av nødstoppknapp i nærheten av barrieren. Sikkerhetsanordning som forebygger synking av barrieren når trykkluft på sylindrerne forsvinner.
Manuell betjening av beskyttelsesbarriere	<ul style="list-style-type: none"> Automatisert betjening.

Tabell 3. HMS-Beskyttelsesbarriere

4.3.3. Innspenningssystem

HMS faktor	Tiltak
Klemfare	<ul style="list-style-type: none"> Automatisk til- og frakobling av elektrodeverktøyet.
Innspenning elektroder	<ul style="list-style-type: none"> Konvertering til 'system 3R' løsning som forenkler bytting av elektroder. Konvertering til 'system 3R' løsning som gir mer nøyaktig fresing og dermed minsker muligheten for feil på grunn av toleranseoverskridelse. Dette medfører mindre kast av deler. Automatisering innspenning som minimerer kroppsbelastning.
Manuell betjening av elektrodedresser	<ul style="list-style-type: none"> Konvertering til 'system 3R' løsning som gjør automatisert fresing mulig.
Kast på grunn av elektrodebrekk	<ul style="list-style-type: none"> Konvertering til 'system 3R' løsning som gir mer nøyaktig fresing og dermed minsker muligheten for feil på grunn av toleranseoverskridelse. Dette medfører redusert kast av deler.

Tabell 4. HMS-Innspenningssystem

Design

4.3.4. Verktøykontrollsystem

HMS faktor	Tiltak
Kast av produkt på grunn av feil elektrode høyde	<ul style="list-style-type: none"> (Del)automatisering som minimerer muligheten av feil dataoverføring.
Unødvendig bruk av papirark o.l.	<ul style="list-style-type: none"> (Del)automatisering som minimerer bruk og dermed kast av papir. (Del)automatisering som minimerer muligheten av feil dataoverføring.

Tabell 5. HMS-Verktøykontrollsystem

4.4. Øvrig anbefalt HMS

I forbindelse med bruken av dielektrikumvæsken og dens spesifikke kjemiske egenskaper har prosjektgruppen også sett på andre faremomenter enn de som allerede var publisert i HMS dokumentasjonen laget av GAN.

En HMS faktor som ikke har blitt funnet av prosjektgruppen i dokumentasjonen er brann- og eksplosjonsfare. Nærmere undersøkelse på internett viser at fare for brann i EDM-maskiner som hovedsakelig oppstår i dielektrikumkaren eller deler av maskinen som er dekket av rester av brukt dielektrikumvæske ikke kan utelukkes. En mulig preventiv løsning kan være å installere et automatisk slukningssystem som iverksettes når brann oppstår. Selskapet Firetrace leverer slike systemer som blant annet kan brukes på og i EDM-maskiner. Fordelen med et automatisk slukkingssystem er selvfølgelig redusert risiko for personer som er i nærheten av maskinen når en eventuell brann oppstår (behovet for manuell slukningsarbeid bortfaller delvis) og redusert følgeskade når brann oppstår men ingen personer er i nærheten for å utføre primær slukkingsarbeid. I det siste tilfellet vil systemet begynne med slukkingsarbeidet før manuell slukkingsarbeid påbegynnes.

Design

5. EDM-maskin 5129

Prosjektgruppen har valgt å lage en fullstendig sammenstilling av EDM-maskin 5129.

Dette innebærer tegninger av maskinen og dens komponenter i tillegg til designløsningen prosjektgruppen har kommet frem til. Dette gjøres av flere grunner, men i all hovedsak for å få et mest mulig nøyaktig resultat.

Prosjektgruppen startet hele designprosessen med å måle opp EDM-maskinen hos GAN. Målene ble brukt til å lage en enkel, men nødvendig modell i 1:1 skala som ble basisen for alle andre konstruksjoner som skal tilpasses i maskinen når denne oppgraderes. Utover at modellen har blitt brukt til å lage andre komponenter gir den også et mer helhetlig bilde av den totale sammenstillingen.

Dette kapittelet inneholder tegningsgrunnlag som ikke er tilknyttet de større hovedsammenstillingene som prosjektgruppen har designet i programmet SolidWorks. Det gjelder blant annet følgende komponenter:

- Bassengregulator.
- Nødstop.
- Bord.
- Rulleplate for hjul.
- Elektrodeholder.

Prosjektgruppen har valgt å dokumentere overnevnte komponenter for å få et mer ryddig resultat i forhold til å flette inn komponentene i andre store sammenstillinger.

Design

Bassengregulator

Bassengregulatoren er en eksisterende komponent på EDM-maskin 5129. Denne brukes til å regulere høyden på bassenget som inneholder dielektrikum, da dette bassenget blir hevet opp når maskinen skal kjøre et eroderingsprogram. Bakgrunnen til at denne komponenten er med i designdokumentasjonen til prosjektgruppen er at dagens modell må forandres på grunn av avlastingskonstruksjonen som skal brukes for å redusere belastningen på den vertikale føringen. Tanken med denne avlastingskonstruksjonen er at den skal rulle på EDM-maskinens bakvegg, der en rulleplate blir montert. For at dette skal fungere blir det nødvendig å redusere høyden på bassengregulatoren.

Muligheten prosjektgruppen har sett på er å kutte av den øverste delen av staget (ca. 10,5 mm opp fra senter av øverste hull), for så å lage et M8 gjengehull på staget. Disse gjengene skal være 6 mm dype. På samme måte skal det lages en M8 gjengetapp på delen som ble kuttet av. Dette gjør det mulig å montere den øvre delen hvis man vil forandre på høyden til bassenget. Da dette blir gjort er det mulig å montere rulleplaten på EDM-maskinen å benytte seg av avlastingskonstruksjonen.

For å vise dette litt nærmere er det lagt ved to figurer (fig. 1 og fig. 2) som viser hvordan prosjektgruppen tenker at bassengregulatoren skal forandres.



Figur 1. Bassengregulator - nedre del

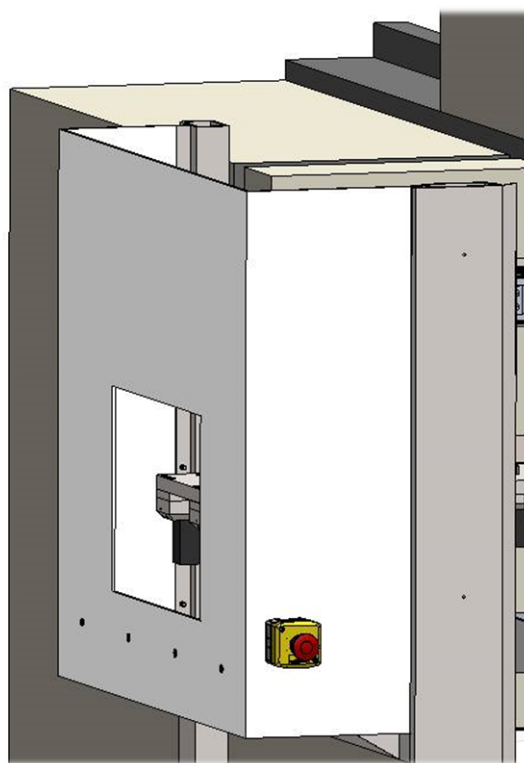


Figur 2. Bassengregulator - øvre del

Design

Nødstop

Da det er knyttet stort fokus til sikkerhet i og rundt EDM-maskinen har prosjektgruppen valgt å plassere en nødstop på maskinen. Med basis i brukerkravene BSVV_03 og BSVV_06 har systemkravet SK_06 blitt spesifisert. Dette kravet sier at det skal være en nødstop i umiddelbar nærhet uavhengig om man jobber med inn- og utlasting av elektrodeholdere eller vanes. Nødstoppen skal plasseres maksimalt 50 cm fra der operatøren arbeider med sin arbeidsoppgave. Dette betyr at man skal kunne klare å slå på nødstoppen fra den posisjonen der man står å jobber ved EDM-maskinen. Det er lagt til en figur (fig. 3) som viser hvordan nødstoppen er plassert på den faste barrieren.



Figur 3. Plassering av nødstop

Det blir ikke spesifisert noen fast plassering for denne nødstoppen fordi prosjektgruppen kun har brukt en modell hentet ned fra GrabCad.com[2]. Hensikten er for å illustrere hvordan en mulig løsning for plasseringen kan være.

Bord

Siden EDM-maskinen skal bygges ut med 300 mm har prosjektgruppen valgt å designe et lite bord som skal plasseres i underkant av den faste barrieren. Bordet består av fem komponenter:

- Flattstål (ramme) som skal holde støttene for bordplaten. Denne rammen festes i rammeverket for de lineære føringene og rammeverket for den roterende elektrodeholderen.
- To bordstøtter som skal sveises fast i flattstålet, disse støttene skal holde bordplaten.
- Bordplaten er en enkel 2 mm tykk stålplate. Platen skal sveises fast i bordstøttene.

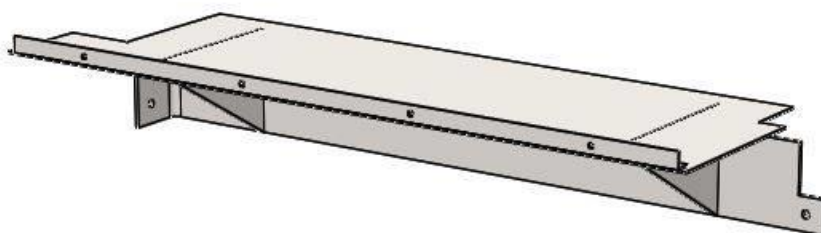
Design

- En vinkel som sveises i ytterkant av bordplaten. Vinkelen brukes til stive av den faste beskyttelsesbarrieren ved at barrieren skrues fast i vinkelen.

Materialet som er valgt er konstruksjonsstål av typen S235JR og kan kjøpes fra Norsk Stål. Dette har blitt valgt da konstruksjonsstål har en lav pris og er enkelt å arbeide med. Da konstruksjonen skal sveises sammen så prosjektgruppen dette som en fordel.

For å feste bordet til rammeverket skal det brukes tre bolter i størrelsen M8 x 16 mm. Dette gjøres for å enkelt kunne demontere bordet fra rammeverket hvis dette blir nødvendig ved en senere anledning.

På figur (fig. 4) kan man se bordkonstruksjonen slik den blir før den monteres på EDM-maskinens rammeverk.



Figur 4. Bordkonstruksjon

Rulleplate for hjul

Rulleplaten for hjulet er ganske enkelt en stålplate på 2 mm som skal monteres på EDM-maskinens bakvegg via punktsveising eller en lignende sammenføyingsmetode. Den har som formål å beskytte selve maskinen da avlastingskonstruksjonen skal rulle mot denne platen. En nærmere beskrivelse kan man lese i underkapittel: *Avlastningskonstruksjon*.

Elektrodeholder

På samme måte som EDM-maskinen ble elektrodeholderen som skal benyttes i den oppgraderte versjonen av EDM-maskinen tegnet i SolidWorks. Ved hjelp av produksjonstegninger prosjektgruppen fikk av GAN, ble det laget en modell som ble brukt til å designe den roterende verktøyveksleren og den vinklede armen som er montert på den vertikale lineærføringen. Elektrodeholderen var først og fremst nødvendig for å se på størrelsen da prosjektgruppen skulle designe de forskjellige løsningene. Utover dette blir elektrodeholderen brukt som en estetisk modell for å illustrere det totale systemet.

Design

6. 0-punktssystemet 3R

Ved oppstart av prosjektet fikk prosjektgruppen utdelt en sluttrapport, se Vedlegg B: *Sluttrapport for forprosjektet: "EDM Automatisering"*. Rapporten forklarer at GAN har stor tro på at automatiserte prosesser er en vei å gå for å bli konkurransedyktige. Fra prosjektmandatet, se Vedlegg A: *Prosjektmandat*, så har GAN satt opp et effektmål som tilsier at ved en ombygging til 0-punktssystem så gjør det mulig å få større utnyttelse av elektrodefresen og som reduserer verktøykosten betraktelig. Derfor har prosjektgruppen utarbeidet en løsning for en ombygging til 0-punktssystemet.

System 3R leverer i dag løsninger av høykvalitets verktøy og automasjonssystemer, som gir produktivitet, nøyaktighet, effektivitets- og fleksibilitetsløsninger for presisjon og EDM prosesser. System 3R sier at om man ønsker å være konkurransedyktige i den globale industrien så trenger man å studere alle aspekter av effektivitet[3]. Videre sier de at det handler om å utvinne størst mulig antall spindel-timer fra hver maskin, hver dag i uken. Ved hjelp av deres system *Macro*, så reduserer man blant annet tidsforbruk samt at det gir en økt nøyaktighet.

Mer informasjon om 0-punktssystemet system 3R finner man godt beskrevet i vårt tidligere dokument, se *Konsept*.

Design

6.1. Maskinteknisk

Dette delkapittelet tar for seg hvordan prosjektgruppens maskinstudenter har løst resultatmålet ” *Nok dokumentasjonsunderlag for en ombygging til 0-punktssystem*” som er hentet fra dokumentet, se *Visjon*.

6.1.1. Modell

Modellen er utarbeidet etter samtaler med Norma Tekniske Kompani AS og system 3R. Prosjektgruppen fikk råd av ekstern veileder om å ta kontakt med Per Thelle som jobber for Norma. Han anbefalte prosjektgruppen å velge mellom to alternativer som er beskrevet i dokumentet, se *Konsept*.

Siden 0-punktssystemet kan bestilles direkte fra Norma så var ikke prosjektgruppen avhengig av å tegne komponentene inn i SolidWorks. Derfor tok prosjektgruppen kontakt med leverandøren system 3R om det var mulighet for å få tilsendt CAD-filer av produktet. Henrik Nordquist, kontaktperson fra system 3R har vært veldig behjelpelig gjennom prosjektprosessen. Han oversendte de forespurte CAD-filene raskt etter forespørsel.

Når maskinstudentene skulle laste inn, sette sammen og ferdigstille CAD-filene i programmet SolidWorks, ble det fort lagt merke til at de tilsendte CAD-filene var et uferdig produkt. Etter en ny samtalerunde med system 3R fikk vi svar på hvilke komponenter som manglet og flere CAD-filer ble ettersendt. Videre fikk prosjektgruppen tilsendt et pristilbud på de nødvendige komponentene fra Per Thelle i Norma.

Selv om prosjektgruppen fikk tilsendt CAD-filer var det fortsatt noe arbeid som måtte utføres, som blant annet sammenstilling og fargelegging. En sammenstilling av 0-punktssystemet er illustrert i delkapittel 6.1.3: *Sammenstilling* og er en sammenstilling av følgende komponenter:

- 3R-A3620
- 3R-600.1-30
- 3R-605.1E
- 3R-601.7-P

Design

3R-A3620

3R-A3620, se figur (fig. 5), er en adapterplate for Combi og Macro Ø100 mm chuck som monteres på spindel eller bordplate, det spørres hvilken chuck man velger å bruke. For våres system blir det benyttet spindel.



Figur 5. 3R-A3620 adapterplate

Vekt: 1,1 kg

Inkluderende deler:

- 4 stk. M6S-6x16 M6 skrue
- 4 stk. 03595-00 Skive for M6 skrue
- 4 stk. M6S-8x16 M8 skrue
- 4 stk. 03708-00 Skive for M8 skrue
- 4 stk. M6S-10x16 M10 skrue
- 4 stk. BRB-M10 Skive for M10 skrue
- 1 sett Isolasjons foringer og plate

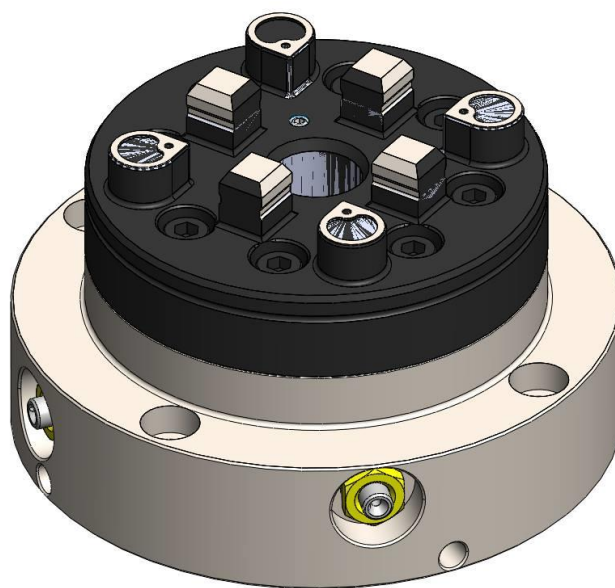
Adapterplaten passer til følgende chucks:

- 3R-460.1-1
- **3R-600.1-30** (valgt chuck)
- 3R-600.20

Design

3R-600.1-30

3R-600.1-30, se figur (fig. 6), er en automatisk chuck for Macro systemet. Chucken er designet for permanent montering på EDM-maskinens spindel eller bord. Alle tilkoblinger er fra siden eller bak på chucken (Unclamp og Turbo).



Figur 6. 3R-600.1-30 pneumatisk chuck

Vekt: 4 kg

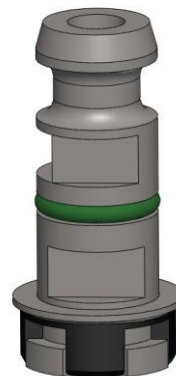
- Faste X / Y - referanser
- Klemming/tettning med fjærtrykk og ”Turbo funksjon”
- Frigjørelse med lufttrykk
- Klemkraft: 6000 N
- Tillatt dreiemoment: 135 Nm
- Lufttrykk påkrevd: 6+/- 1 bar (75-100 psi)
- Krever trekk tapp (drawbar) 3R-605.1 eller lignende

Design

3R-605.1E

3R-605.1E, se figur (fig. 7), er en trekk tapp, også kalt drawbar på engelsk. Den skal monteres sammen med paletten (3R-601.7-P) og chucken (3R-600.1-30).

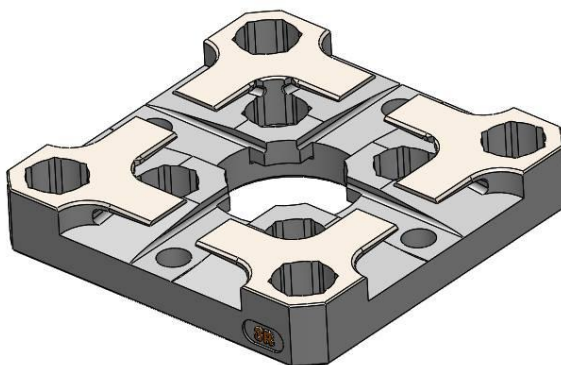
- Trekk tapp 20 mm diameter x 57,1 mm
- Designet for automatisk veksling ved hjelp av pneumatikk
- Leveres i sett på ti stk.
- Utformet med to spor for elektrodeholder og verktøyveksler



Figur 7. 3R-605.1E trekk tapp

3R-601.7-P

3R-601.1-P, se figur (fig. 8), er en referanse del for Macro systemet. Referanse delen er ikke selvbærende og krever derfor en palett for ekstra støtte.



Figur 8. 3R-601.7-P palett

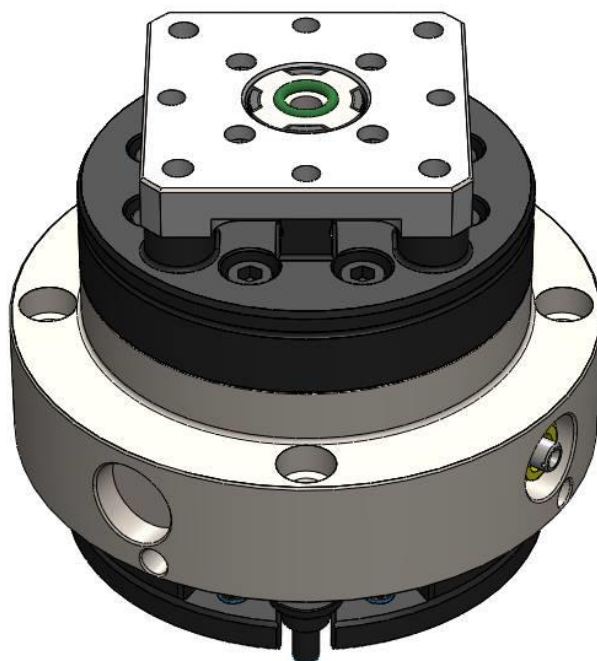
Vekt: 0,4 kg

- Minimum størrelse: 70x70x17,5mm
- X / Y / Z – referanser er herdet
- Rustfritt
- Tillatt dreiemoment: 135 Nm
- Krever trekk tapp (drawbar): 3R-605.1 eller lignende

Design

6.2. Sammenstilling

Figur (fig. 9) viser en sammenstilling av 0-punktssystemet 3R levert av system 3R.



Figur 9. Sammenstilling - 0-punktssystemet 3R

Spesifikasjoner

- Repetisjon nøyaktighet: innen 0,0015mm
- Låsekraft: 6000 N
- Faste indeksposisjoner: 4x90°
- Krever lufttrykk til pneumatisk chuck: 6 +/- 1 bar
- Anbefalt maks. elektrode vekt: 50 kg

Design

7. Verktøyveksler

Ut i fra konseptfasen kom prosjektgruppen, sammen med oppdragsgiver, frem til at lineær føringer er den rette teknologien til å bruke når det kommer til inn- og utlasting av elektrodeholdere på EDM-maskinen. Selve definisjonen på en lineær føring er:

- En lineær føring er et utstyr som skaper en lineær bevegelse ut i fra et konvensjonell roterende motorbevegelse.

Det finnes forskjellige føringstyper fra forskjellige leverandører. For at prosjektgruppen skal klare å finne en type føring som passer til verktøyvekslerens oppgave, og som tåler miljøet rundt EDM-maskinen, har prosjektgruppen valgt å kontakte eksterne bedrifter som har bedre faglig kompetanse på dette området. Prosjektgruppen startet med å sette opp en liste med aktuelle bedrifter som kunne kontaktes, og disse ble deretter sendt mail til om informasjon som estimasjon av pris, gjennomførbarhet av konsept og generelt rundt lineær førings teknologi. Responsen var tilnærmet lik ingen og prosjektgruppen var usikre på hvordan de skulle angripe problemstillingen videre. Det var tre firmaer som responderte på mailene som ble sendt ut, og disse var Eiemaskin AS, Parker og Drivetek AS. Men ingen av disse bedriftene kunne hjelpe prosjektgruppen utover grunnleggende spørsmål om realisering av konseptet. Etter konseptfasen var gjennomført fikk prosjektgruppen gjennom oppdragsgiver, kontakt med bedriften Festo, som spesialiserer seg på fagfeltet lineærbevegelser. Gjennom mail fikk prosjektgruppen kontakt med bedriften, og dette utviklet seg videre til et møte hos oppdragsgiver hvor prosjektgruppen, veileder fra oppdragsgiver og to representanter fra Festo; Ivar Sørli (systemselger) og Thor Hebnes (produktchef) deltok, og representantene fikk en presentasjon av prosjektoppgaven, samt en demonstrasjon av hvordan prosjektgruppen har sett for seg lineær føringer skal bli brukt for inn –og utlastingen av elektrodeholderne. Videre på dette møte presenterte representantene deres produkter og hvordan de kan brukes for å oppnå ønsket resultat for prosjektgruppen. Det kom her frem at det vil være en utfordring å velge føring på grunn av miljøet på og rundt EDM-maskinen. Dette miljøet består av en dielektrikum væske som maskinen bruker i eroderingsprosessen, denne væsken kan leses mer om i kapittel 4: HMS.

Design

Videre har prosjektgruppen valg å angripe designfasen ved at mekanisk avdeling i prosjektgruppen starter med et grovdesign av ramme- og verktøyveksler konstruksjon. Fra dette punktet vil elektro avdelingen få spesifikasjoner som vekt, lengder og annet relevant data som skal hjelpe til ved valg av lineærføringstyper og styring. Produkter som er funnet gis så tilbake til mekanisk avdeling, slik at de nye produktene kan implementeres på verktøyveksler designet.

7.1. Maskinteknisk

Dette delkapittelet tar for seg hvordan prosjektgruppens maskinstudenter har løst resultatmålet ” *Nok tegningsunderlag for produksjon av verktøyveksler som gir et bedre arbeidsmiljø i form av god løsning på inn- og utlasting av elektroder*” som er hentet fra dokumentet, se *Visjon*.

7.1.1. Modell

Et av kriteriene fra intern veileder for å godkjenne oppgaven som ble gitt av GAN, var at prosjektgruppen måtte få lov til å stå helt fritt til å velge design. Siden GAN allerede har en EDM-maskin som er automatisk så ønsket ikke intern veileder at prosjektgruppen kunne kopiere det systemet over til prosjektet som ble gitt ut. Det står tydelig i prosjektmandatet, se Vedlegg A: *Prosjektmandat*, at prosjektgruppen står helt fritt til å velge eget design og på grunn av plassmangel er det heller ikke mulighet til å kopiere verktøyveksleren.

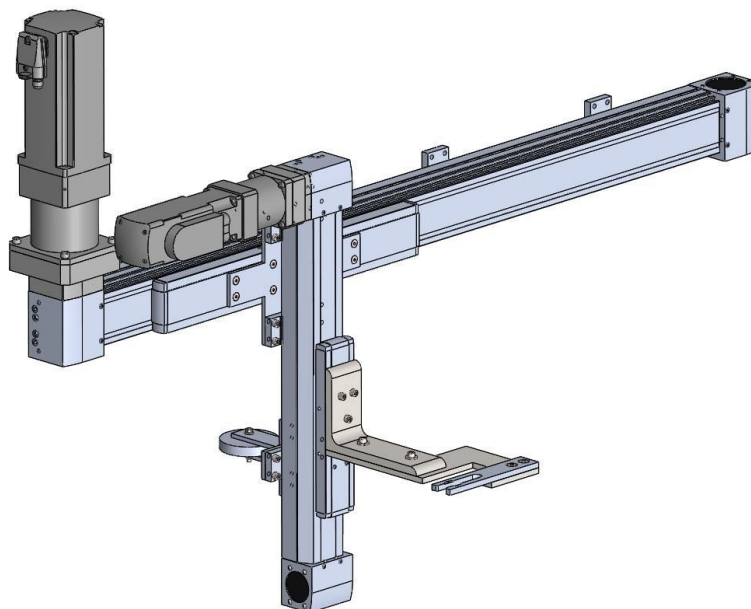
Som beskrevet i innledningen, se kapittel 7: *Verktøyveksler*, har mekanisk avdeling i prosjektgruppen designet et utkast for verktøyveksleren. Designet består av to hoveddeler, en roterende elektrodeholder og lineær føringer i xz-akse. Delkapittel 7.1.2: *Lineær føringer, xz-akse* og delkapittel 7.1.3: *Roterende elektrodeholder*, tar for seg hva vi har designet, hvordan vi har designet det, hvorfor vi har valgt den løsningen samt en konklusjon.

Design

7.1.2. Lineær føring, xz-akse

Modellen er utarbeidet etter samtaler med Festo Norge. I delkapittel 7.2.2: *Lineær føring, xz-akse*, så er det beskrevet hvilke lineær føring som ble valgt og hvorfor. Lineær føringene kan bestilles fra Festo Norge, så det var ingen hensikt for den mekaniske avdelingen av prosjektgruppen å tegne komponentene inn i SolidWorks. Prosjektgruppen fikk utdelt en egen brukerkonto til deres nettsider for å nedlaste CAD-filer[4].

Gjennom innhentede komponenter samt prosjektgruppens designede komponenter, ble det designet en sammenstilling av de lineære føringene som er vist på figuren (fig. 10).



Figur 10. Sammenstilling - Lineær føring

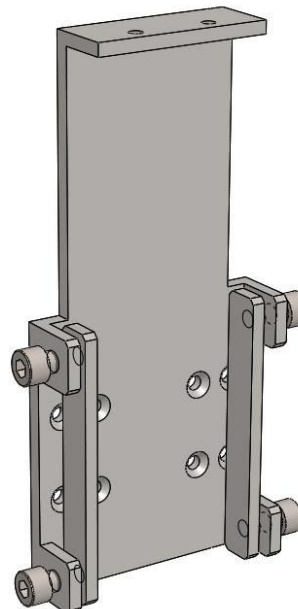
Sammenstillingen er satt sammen av flere komponenter som sørger for en total løsning for levering av elektroder til/fra roterende elektrodeholder og EDM-maskinens innspennings-system. For enklere å kunne beskrive de forskjellige komponentene velger prosjektgruppen å dele opp sammenstillingene i følgende komponenter:

- Monteringskloss for føring.
- Avlastningskonstruksjon.
- Vinklet elektrodeholder.
- Lineære aktuatorer og komponenter fra leverandør.
- Rammeverk

Design

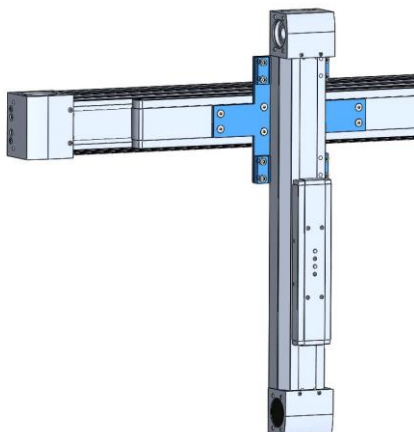
Monteringskloss for føringer

Fra Festo fikk prosjektgruppen nødvendige komponenter for verktøyleveringen til/fra EDM-maskin og opplagring, men det viste seg at Festo ikke hadde noen god løsning for hvordan lineærføringer kunne monteres sammen. Prosjektgruppen startet derfor arbeidet med å se på en løsning for hvordan disse føringene kunne monteres sammen, og kom opp med et forslag som er vist på figuren (fig. 11). Dette forslaget ble forkastet etter prosjektgruppens møte med Festo den 27.04.2015. Representanter fra Festo antok at løsningen kunne by på problemer med tanke på nøyaktighet, gjennomførbarhet og pris.



Figur 11. Monteringskloss for føringer - utkast

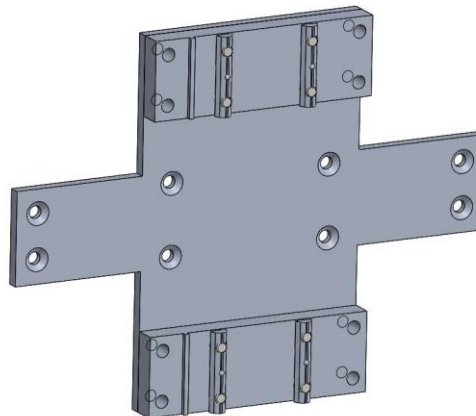
Under møte kom Festo med et forslag til prosjektgruppen, nemlig det å bruke deres egne fester for føringene. Disse festene monteres på undersiden av føringen og skal skrues fast i for eksempel et rammeverk. Løsningen som prosjektgruppen kom opp med var en monteringskloss som kunne stå mellom føringene. Klossen skal skrues inn i guiden på horisontal (x-) akse, mens vertikal (z-) akse føring skal monteres på denne klossen via festene montert på føringen. Dette er vist på figuren (fig. 12).



Figur 12. Monteringskloss på lineær føringer

Design

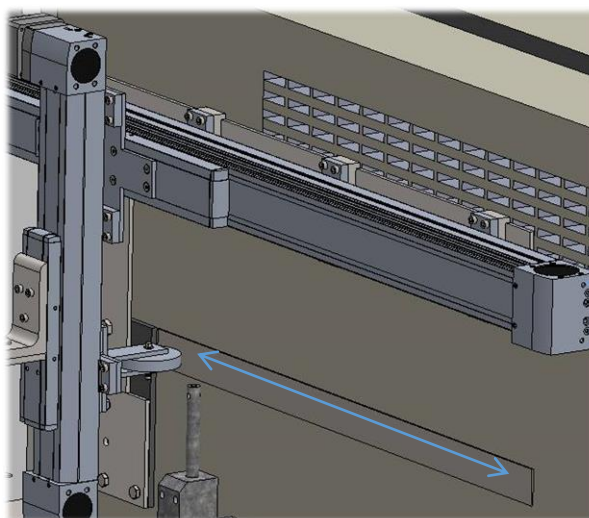
På denne måten kom prosjektgruppen opp med et design som ville fungere for sammenkobling av føringene. På figur (fig. 13), kan man se hvordan denne klossen ser ut. Nedsenkede hull er tiltenkt skruer som skal feste platen til guiden på horisontal akse, mens monteringsklossene for vertikal føring allerede er montert. Det endelige resultatet for monteringsklossen ser prosjektgruppen på som en god løsning, da den er enkel, noe som betyr billigere maskinering og enkelt vedlikehold.



Figur 13. Monteringskloss føringer

Avlastningskonstruksjon

En annen del av sammenstillingen er avlastningskonstruksjonen som prosjektgruppen har designet. Tanken med denne løsningen er å minimere momentet som opptrer på guiden til horisontalaksens føring (x-akse), og samtidig rammeverket denne føringen er montert i. Ved å bruke en konstruksjon med et hjul som ruller langs EDM-maskinens "bakvegg", se figur (fig. 14), vil prosjektgruppen fjerne store deler av dette momentet.

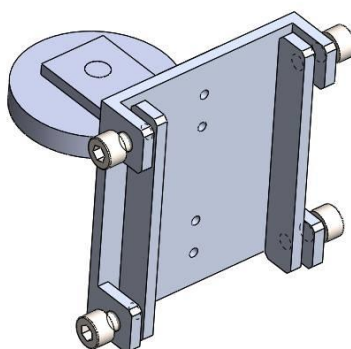


Figur 14. Avlastningskonstruksjon

Design

Det er flere grunner til at dette er ønskelig. Blant dem er nedbøyningen av avlastningskonstruksjonen og spesifikasjoner tilknyttet komponentene fra leverandøren. Beregninger av dette kan man lese mer om i delkapittel 11.2: *Analysering og beregning av eksterne bedrifters komponenter og systemer*.

På samme måte som monteringsklossen mellom føringene ble det laget en modell som baserer seg på å klemme rundt den vertikale føringen, se figur (fig. 15).

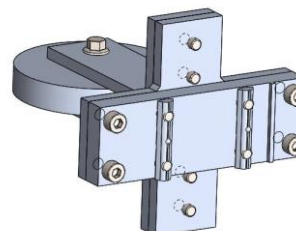


Figur 15. Avlastningskonstruksjon - utkast

Denne løsningen ble også forkastet etter møte med Festo 27.04.2015 av samme grunner som overnevnte monteringskloss, se delkapittel: *Monteringskloss for føring*. Løsningen prosjektgruppen har valgt baserer seg på å bruke lineærføringens monteringsklosser, en monteringskloss for feste av andre komponenter, to vinkeljern og ett hjul. Tanken er at prosjektgruppens komponenter skal skrues sammen slik som figur (fig. 16) viser og monteres på vertikal føring. Vinklene blir først og fremst festet i monteringsklossen før hjulet med lagre festes i vinklene med en gjennomgående bolt. Det er brukt skiver for å sørge for at hjulet ikke gnisser i vinklene.

Det er da mulig å plassere avlastningskonstruksjonen i tiltenkt posisjon, samt å justere denne ved behov.

Komponentene er av aluminium for lav vekt og det brukes også to stk. kulelager av typen DIN 625 i hjulet. Videre er festemateriell spesifisert i dokumentet, *Konstruksjon* og tilhørende monteringsveiledning.



Figur 16. Avlastningskonstruksjon - Hjul

Design

Vinklet elektrodeholder

Den vinklede elektrodeholderen er armen som skal bære elektrodeholderen fra den roterende elektrodeholderen til innspenningssystemet som er montert på EDM-maskinen. Designløsningen består av tre hovedkomponenter som er laget i forskjellige materialer. Disse komponentene er:

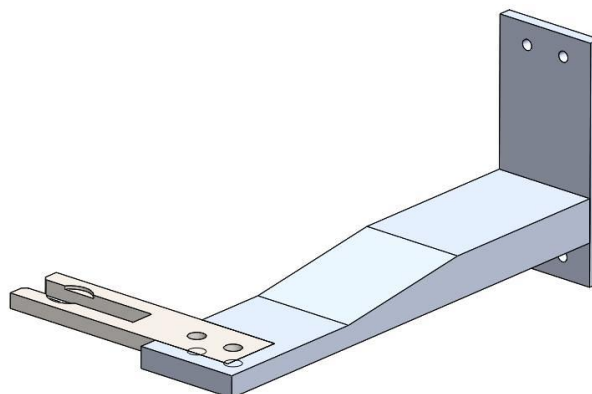
- Lang vinkel
- Vinklet arm
- Byttbar holdegaffel
- Festemateriell

Vinkel og vinklet arm er laget i stål, mens den byttbare holdegaffelen er laget i aluminium for styrt slitasje. Grunnen til at prosjektgruppen har valgt å benytte seg av stålkomponenter på deler av denne konstruksjonen, da fremfor å bruke aluminium, er fordi lasten vil henge et stykke ut fra der konstruksjonen er montert på den vertikale føringen. Dette skaper spenninger som ville oversteget flytspenningen til 6061 aluminiumet og derfor ført til en varig deformasjon. For å unngå dette valgte prosjektgruppen å benytte seg av konstruksjonsstål av typen S235JR. Resultatene fra denne analysen er vist i Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyse*.

Konstruksjonen skal monteres sammen med skruer som er tilpasset guiden på den vertikale føringen, altså ISO 4762 M5 skruer, samt at det brukes to stk. ISO 10642 M6 skruer med nedsenkning for festing av byttbare holdegaffel. Dette gjøres for å sikre en nøyaktig posisjonering av holdegaffelen når den monteres.

I designfasen har prosjektgruppen sett på forskjellige løsninger for den vinklede elektrodeholderen. Som et første utkast ble det designet en enkel versjon som baserer seg på en rett arm og en holdegaffel. Denne modellen ble videreutviklet til utkast to som vises på figuren (fig. 17) på neste side. Denne modellen har en aluminiums kropp og en holdegaffel i stål. Tanken bak denne holdegaffelen var å øke levetiden slik at den ville vare lengre enn en holder laget av aluminium. Ved nærmere undersøkelse viste det seg at hardheten på metallet som ble valgt var høyere (60HRC for S185 stål) enn hardheten på trekkappen (48-52HRC) som skal lastes inn på holderen, og det ville dermed oppstått slitasje på trekkappen, noe som ikke er ønskelig.

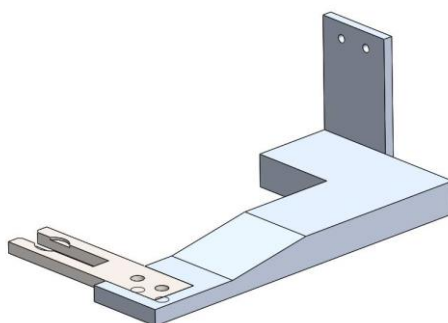
Design



Figur 17. Vinklet elektrodeholder - utkast 1

I tillegg til dette ble resultatet av beregning av momentet om den vertikale lineærføringens guide for stort og prosjektgruppen måtte se på en annen designløsning der elektrodeholderen ble lastet nærmere senter av guiden på vertikal aksens føring. Utregningen som beskrives her finnes i kapittel 11: *FEM-analyser med beregninger*.

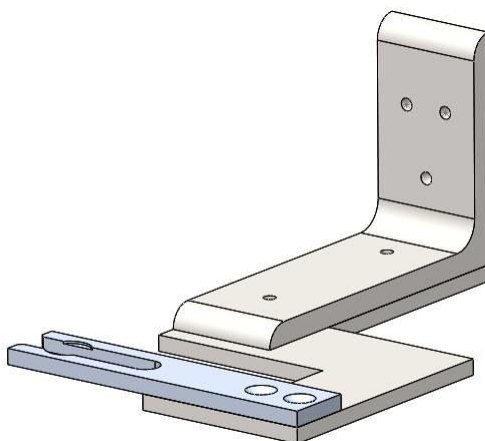
Siden ikke prosjektgruppen kunne benytte seg av en rett arm, ble det laget et design som baserte seg på en vinklet holder. Denne holderen vises på figuren (fig. 18) under og er inspirasjonen til den endelige modellen som skal brukes ved oppgraderingen av EDM-maskin 5129. Grunnen til at denne modellen ble forkastet var at tykkelsen på armen ble såpass stor for å hindre nedbøyning at den vinklede armen ville blitt unødvendig dyr å produsere. I tillegg til dette ble også nedbøyningen større enn ønsket, se nærmere i Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyser*.



Figur 18. Vinklet elektrodeholder - utkast 2

Design

Det endelige resultatet er vist på figuren (fig. 19) under, og viser hvordan den vinklede elektrodeholderen vil se ut. Elektrodeholderen lastes inn 30 mm fra senter av vertikal aksens føring for minst mulig moment og konstruksjonen bygges som nevnt over. Prosjektgruppen har valgt å montere den byttbare holdegaffelen på oversiden av den vinklede armen for bedre stivhet.



Figur 19. Vinklet elektrodeholder

Lineære aktuatorer og komponenter fra leverandør

Som nevnt i innledningen består sammenstillingen av flere komponenter, da fra prosjektgruppens eget design og fra eksterne leverandører. I tillegg til de lineære føringene vil det også bli montert komponenter for å drive systemet. Det vil brukes aksel-kitt, gir og motor på begge føringene, samt andre komponenter som sensorer, kabler, kabelføringer osv. Det vil ikke bli lagt mye fokus på dette i denne delen av dokumentet, men det refereres til den elektrotekniske delen for lineære føringene, se delkapittel 7.2.2: *Lineær føring, xz-akse*.

Design

7.1.3. Roterende elektrodeholder, c-akse

Den roterende elektrodeholderen, er prosjektgruppens løsning for hvordan elektrodeholdere skal kunne opplagres i EDM-maskinen. Dokumentet, se *Konsept*, beskriver hvordan prosjektgruppen kom frem til valg av verktøyvekslersystemet.

Konstruksjonen er satt sammen av komponenter som i all hovedsak skal monteres via skruer for enkel demontering ved service eller lignende. På samme måte kan hele sammenstillingen fjernes fra rammeverket via fire skruer ved service på selve EDM-maskinen. I tillegg er konstruksjonens høyde tilpasset kravene *BEA_01/SK_11* ved å ha en innlastingshøyde som er tilpasset operatørene som skal bruke EDM-maskinen.

Systemet fungerer på den måten at elektrodeholderne kan lastes inn/ut til/fra den roterende elektrodeholderen av operatør via en luke i beskyttelsesbarrieren. Den roterende elektrodeholderen vil deretter rotere 180° for å laste inn/ut elektrodeholderne for bruk i eroderingsprosessen ved hjelp av en vinklet holdegaffel som er montert på den lineære føringen i z-akse. Den roterende bevegelsen går om konstruksjonens egen akse, slik at det kan veksles på hvilke elektrodeholdere som skal til fresing, og hvilke som skal brukes i EDM-maskinen.

Den roterende elektrodeholderen er designet slik at det alltid er satt av to plasser til elektrodeholdere. Det vil også være plass til å sette inn mindre elektrodeholdere til annet bruk da konstruksjonen har 10 byttbare holdegaffler. Prosjektgruppen har valgt denne løsningen da den står til ønskene som GAN har spesifisert. Disse ønskene har blitt oversatt til krav, og sier at:

- *BMVV_02/SK_08*: Verktøyveksleren skal ha plass til mist to elektrodeholdere.
- *BMVV_03/SK_09*: Verktøyveksleren skal øke fleksibiliteten til EDM maskinen.

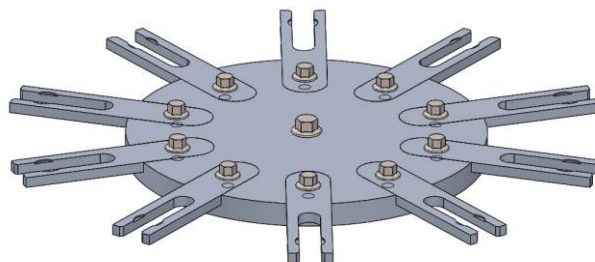
Konstruksjonen er delt opp i to deler, øvre og nedre del. Hvordan det er designet kan man lese mer om i underkapittel: *Øvre del* og underkapittel: *Nedre del*. I tillegg til dette er det også designet et tilhørende rammeverk som skal bære den roterende elektrodeholderen, se underkapittel: *Rammeverk*.

Design

Øvre del

Figuren (fig. 20) under viser en sammenstilling av den øvre delen av konstruksjonen og består av følgende komponenter:

- Holdehjul
- Holdegaffel (10 stk.)
- Festemateriell



Figur 20. Øvre del

Her skal 10 stk. byttbare holdegaffler monteres via M8 skruer i spor som er frest ut på holdehjulet. Sporene og holderne har avrundede kanter for enklere maskinering i eksempelvis en fresemaskin. Det er også konstruert en mulighet for montering av holdehjulet til akselen på nedre del av konstruksjonen. Den skal skrues fast med en M12 bolt, men har også to Ø3 hull til styrepinner, da for å oppnå riktig monteringsposisjon og økt styrke på akseloverføringen.

For monteringen av holdegaffler i holderhjulet har det blitt spesifisert toleranser for god passing, da for å unngå unødvendig slitasje, samt at delene skal være enkle og demontere/montere på grunn av hyppig bytting. Toleransen NS-ISO 286-2 for mål fra 18 – 30 mm har blitt valgt, og for holdehjulet velges toleransegrad G7. Dette gir en klaringspassing fra +7 til +28 mikrometer. For den byttbare holderen velges toleransegrad g7 som gir en klaringspassing på -7 til -28 mikrometer. Totalt sett vil dette gi en nedre klaring på -7 til +7 mikrometer, og en øvre klaring på -28 til + 28 mikrometer. Beregninger er utregnet fra utdrag av NS-ISO 286-2, *Verksted håndboka 6. Utgave, Hartvigsen, Lorentsen, Michelsen, Seljevold*

Komponentene skal lages i 6010-aluminiumslegering for å oppnå en lav vekt, enklere maskinering og ”styrt slitasje”. Dette betyr at holdegaffelen skal slites ut før adapteren som er montert på elektrodeholderen. Dette er i henhold til krav spesifisert av oppdragsgiver:

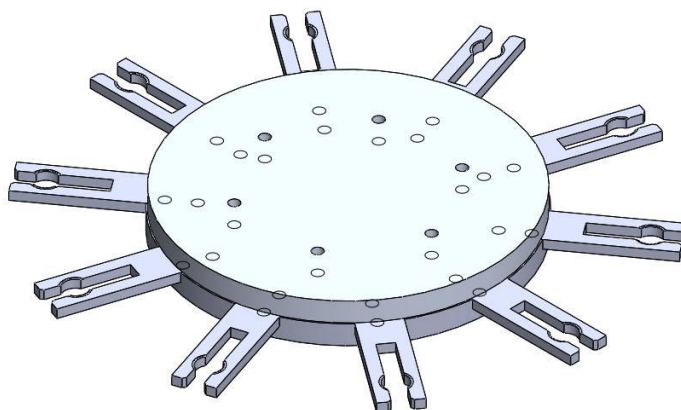
- *BMVV_04/SK_10A*, som sier at verktøyveksleren må konstrueres med tanke på slitasje.

Design

Prosjektgruppen har spesifisert systemkravet *SK_10A* som sier at brukstiden vil være minst 10 uker pr. byttbar holder. Det tas forbehold om skader eller lignende som kan redusere denne tiden. Det vil også være nødvendig med visuell inspeksjon, da for å avgjøre om slitasjen er såpass stor at nøyaktigheten blir svekket.

Som et første utkast så prosjektgruppen på flere metoder for hvordan den roterende løsningen for elektrodeopplagring kunne fungere. Først ble det designet en modell der det skulle freses ut spor i sidene på holdehjulet. I dette sporet skulle holdegaflene settes inn og skrues fast med gjennomgående bolter. Denne ideen ble forkastet på grunn av kostnadene knyttet til maskinering og fordi festingen av de byttbare holderne kunne by på problemer.

Det ble også laget en modell som baserer seg på den endelige løsningen som prosjektgruppen har valgt. Denne modellen har freste spor i toppen av holdehjulet hvor holdegaflene skal festes med to skruer. Modellen ble også designet med et lokk for å skjule bolter, da av estetiske grunner. Figuren (fig. 21) under viser hvordan utkastet ble seende ut.



Figur 21. Øvre del - utkast

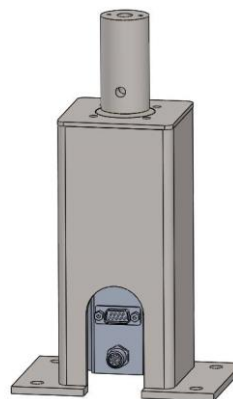
Senere ble også denne modellen byttet ut, da til fordel for en løsning som krever en mindre kostbar maskinering. Modellen har ingen lokk, men dersom oppdragsgiver ønsker et lokk for estetiske grunner så er det mulig. Denne løsningen ble også det endelige designet for den øvre delen av den roterende elektrodeholderen. Figuren (fig. 20) viser hvordan denne modellen ble seende ut.

Design

Nedre del

Figuren (fig. 22) under viser en sammenstilling av den nedre delen av konstruksjonen. Modellen består av komponenter designet av prosjektgruppen sammen med deler som kan bli kjøpt inn via eksterne leverandører. Komponentene som inngår i nedre del er:

- Bunnplate
- Hus
- Topplate
- Aksel med kilespor
- Motor
- Gir
- Festemateriell



Figur 22. Nedre del

Konstruksjonen bygges slik at den beskytter motor og gir. Prosjektgruppens komponenter skal sveises sammen i sine posisjoner, før den ferdig monterte sammenstillingen av gir og motor kan føres inn i konstruksjonen fra undersiden. Her brukes det fire M5 hull i topplaten til å feste motor/gir til sammenstillingen. Husets design er designet til å tilpasse maskinering fra standardiserte firkanttrør, og det skal også freses ut et 40 mm spor slik at det vil være mulig å koble til kabler på motoren.

På samme måte som den øvre delen ble det designet forskjellige modeller av den nedre delen. Dette ble hovedsakelig gjort da prosjektgruppen trengte å finne et treghetsmoment for å beregne ut hvilken motor som ville passe for vårt system. Den første modellen baserer seg på å bruke en større aksel som den øvre delen monteres i. Akselen står i et hus, der den er montert med to kulelagre for å kunne rotere uten stor motstand.

Prosjektgruppen valgte her å se på en metode for å rotere konstruksjonen via en kjedeoverføring med en frittstående motorkonstruksjon, se figur (fig. 23) på neste side.

Design



Figur 23. Nedre del - utkast

Rammeverk

Sammenstillingen av øvre og nedre del skal monteres i EDM-maskinen via et rammeverk som er designet av prosjektgruppen. Dette rammeverket består av fire komponenter, samt en FlexFit skinne, se 2D-fil *RV-001* tilhørende dokumentet, se *Konstruksjon*.

Komponentene skal sammenføres via sveising og skruer, og festes i henholdsvis gulv og EDM-maskin. Rammeverket skal også være støtten til den faste sikkerhetsbarrieren.

Til innfesting av rammeverk i EDM-maskinen brukes tre stk. ISO4017 - M8 x 16-N bolter, og det tas forbehold om at disse boltene muligens må tilpasses når det kommer til lengden. Videre skal det brukes M12 bolter og anker til innfesting i gulv.

Rammeverket er kjørt gjennom FEM-analyser via SolidWorks Simulations der prosjektgruppen har fokusert på spenningsberegninger og samtidig nedbøyning. Dette er spesifisert nærmere i kapittel 11: *FEM-analyser med beregning*.

Design

7.2. Elektroteknisk

7.2.1. Påvirkning av krav

For at styresystemet skal tilpasses kundens- og brukerens ønske er det viktig å relatere krav til de design avgjørelsene som blir tatt i dette dokumentet. I dette kapittelet vil de relaterte bruker- og systemkravene bli nevnt, samt hvordan de vil påvirke verktøyvekslerens design.

Overordnede brukerkrav

De overordnede brukerkravene er de kravene som vil påvirke alle deler av prosjektet. I dette tilfellet vil kravene både gi prosjektgruppen mulighet til å se på teknologiske designmuligheter, men samtidig begrense teknologivalgene prosjektgruppen kan ta med tanke på lønnsomhetskravet. De overordnede brukerkravene **OB_01** og **OB_08** er krav fra oppdragsgiver som nettopp gjør dette, altså både setter høye krav med tanke på videreutvikling av produksjonslinje, men som også begrenser valget av teknologimulighetene med tanke på tilbakebetaling av prosjektkostnader. Som nevnt beskriver **OB_01** hvordan bedriften ønsker at produktet skal designes med tanke på fremtidige endringer som kan komme, disse endringene kan være endringer på elektrodeholder, produktdesign eller reorganisering av produksjonslinje. Det er derfor viktig at prosjektgruppen velger et system som kan tilpasses hvis en eller flere av disse faktorene endres i fremtiden. Ved siden av utviklingskravet, må systemet tilfredsstillere **OB_08**, som tilsier om prosjektet er realiserbart med tanke på nedbetalingstiden til prosjektkostnaden. Oppdragsgiver har uttrykket at det ikke frigis midler utover tilbakebetalingsmuligheten til prosjektet, noe som vil påvirke teknologi-bilde til prosjektet. Prosjektgruppen må med andre ord finne en løsning som tilfredsstiller videreutviklingskravet, men som også tilfredsstiller tilbakebetalingsevnen til den spesifikke maskinen.

Sikkerhetskrav

Det er flere sikkerhetskrav som påvirker valg av utstyr og styring på verktøyvekslersystemet. Dielektrikum væsken, som kan leses mer om i kapittel 4: *HMS*, har sikkerhetskrav som **BSVV_02** knyttet til seg. Dette sikkerhetskravet krever at håndteringen av elektrodeholderne skal være minimalt, og systemkravet **SK_02** beskriver at håndteringen av elektrodeholderen skal maks skje to ganger per erodering. Dette sikkerhetskravet krever at operatør følger interne instruksjoner som bruk av hansker ved

Design

håndteringen av produkter og elektrodeholdere utover maksimumskravet som er satt. Dette er fordi produkter som eroderes må snus 180 grader for å eroderes på hver side, og berøringen vil derfor aldri være under to berøringer per eroderingsrunde.

Gjennom sikkerhetskrav **BSVV_03** uttrykker oppdragsgiver at skader og farlige hendelser skal være lik null på de forskjellige maskinen. Dette er et krav prosjektgruppen må legge mye vekt på, med tanke på at systemet også skal CE-godkjennes. Implementering av barrierer som vil redusere klemfare skader, samt implementering av nødstopps funksjoner som kan brukes ved farlige situasjoner vekts høyt. Videre vil sikkerhetskrav **BSVV_05**, som beskriver at verktøyvekslerprosessen skal ha en lavere hastighet hvis beskyttelsesbarriere er i nedre stilling, samt sikkerhetskrav **BSVV_06**, som beskriver nødstopps funksjoner, er krav som vil hjelpe til med å tilfredsstille sikkerhetskrav **BSVV_03**.

Elektrokrav

Det er ingen elektrokrav som er direkte knyttet til verktøyvekslersystemet og dens valg utenom det overordnede brukerkravet **OB_09**, hvor oppdragsgiver ønsker at prosjektgruppen bruker en Siemens PLS til styresystemet. Dette vil delvis hemme prosjektgruppen med tanke på at utstyr som drivere til motor etc. må være kompatibelt med denne PLS-en og dens system.

Bakgrunnen for at det er ingen direkte krav elektrokrav knyttet opp imot verktøyvekslersystemet er fordi prosjektgruppen, sammen med oppdragsgiver tidlig i prosjektet ble enige om en fri tilnærming til utstysvalg på verktøyveksleren. Ved å sette en eller flere elektrokrav opp mot verktøyvekslersystemet, ville hemme prosjektgruppen i velge det systemet de ser for seg passer best til verktøyvekslerprosessen. Det er allikevel spesifisert mange overordnede- og sikkerhetskrav, som hjelper prosjektgruppen med å holde seg innenfor ønskene til oppdragsgiver, og dette har derfor ikke blitt sett på som en utfordring.

Dette betyr videre at valg av utstyr og generelt design av verktøyveksleren går på prosjektgruppens premisser så lenge krav som videreutvikling og lønnsomhet følges.

Design

7.2.2. Lineær føring, xz-akse

Føringstyper

Som nevnt i innledningen til dette kapittel finnes det forskjellige føringstyper som vil gi prosess systemet både fordeler og ulemper. Det er viktig for oppdragsgiver at prosjektgruppen velger et system som kan følge utviklingen til produksjonslinjen, men som tilfredsstiller kravet til lønnsomhet for prosjektet. Videre er det viktig at produkter som velges tåler miljøet på og rundt EDM-maskinen, slik at ikke utstyr og deler må vedlikeholdes og i verstefall byttes ut jevnlig, om selve miljøet rundt EDM-maskinen kan leses mer om i kapittel 4: *HMS*. Vi skal nå se på de forskjellige føringstypene, samt stille de opp mot verktøyvekslerprosessens påkjenninger og EDM-maskinens miljø.

Mekanisk oppbygning

Belte drevet



Figur 24. Representasjon av belte



Figur 25. Representasjon av føring med belte

Med denne mekaniske metoden brukes et belte eller en reim til å forflytte sliden på lineær føringen. Figur (fig. 24) viser oppbygningen av selve belte, mens figur (fig. 25) viser en føring som benytter seg av belte som mekanisk forflytning.

Belastning	Opp til 200kg
Hastighet	5 – 10 meter per sekund
Presisjon	100 mikrometer
Støynivå	Høyt
Kost mot andre modeller	2 ganger pris (pneumatikk)
Vedlikehold	Vedlikeholdsfri
Levetid / brukstid	Lang

Tabell 6. Føringsspesifikasjon, beltedrevet

Design

Lead screw



Figur 26. Representasjon av lead screw



Figur 27. Representasjon av føring med lead screw

Med denne mekaniske metoden brukes en lead screw, som kan sees på som et gjengestag med en mutter, denne anordningen sitter fastmontert på sliden som beveger seg opp og ned føringen, og for å bevege sliden roteres gjengestaget.

Belastning	Opp til 100kg
Hastighet	0.5 meter per sekund
Presisjon	50 mikrometer
Støynivå	Medium
Kost mot andre modeller	2.5 ganger pris (pneumatikk)
Vedlikehold	Krever smøringsintervall
Levetid / brukstid	Begrenset

Tabell 7 Føringsspesifikasjon, lead screw.

Design

Ball screw



Figur 28. Representasjon av ball screw



Figur 29. Representasjon av føring med ball screw

Med denne mekaniske metoden brukes en ball screw, dette er samme prinsipp som lead screw metoden, men på ball screw-en er det satt inn ekstra lagerføringer mellom gjengestaget og mutter for å forlenge levetiden, samt forbedre bevegelsen til føringen.

Belastning	Opp mot 200kg
Hastighet	3 – 5 meter per sekund
Presisjon	20 mikrometer
Støynivå	Lavt
Kost mot andre modeller	3 ganger pris (pneumatikk)
Vedlikehold	Krever smøringsintervall
Levetid / brukstid	Lang

Tabell 8 Føringsspesifikasjon, ball screw.

Design

Valg av føringstype for verktøyveksler

Bestemmelse av føringstype må vurderes ved hjelp av de forskjellige faktorene som spiller inn gjennom krav, miljø rundt EDM-maskin og personlige preferanser. Før prosjektgruppen fikk kontakt med bedriften Festo, var usikkerhetene mange og det var derfor vanskelig å bestemme seg for at den ene føringstypen var bedre enn den andre. Prosjektgruppen ønsket seg i første omgang å velge en belte drevet føring med tanke på pris og vedlikehold, men siden dielektrikum væsken på EDM-maskinen er korrosiv mot noen typer gummi og plast, ble denne foreløpig satt på vent. Og prosjektgruppen valgte heller å se på ball- og lead screw løsning. Det kom frem på møte med bedriften Festo at valget mellom ball- eller lead screw føringene kunne være et like stort problem som valget av den belte drevene føringen. Dette var for ball- og lead screw føringene inneholdt foringer og andre viktige deler som var utført i plast, samt at det var noe usikkerheter rundt hvordan dielektrikum væsken reagerer mot smøremiddelet til disse føringene.

Etter diskusjon mellom prosjektgruppen og Festo, ble det kommet frem til en løsning som vil bruke belte drevet lineær føringer. Festo har en type lineær føring som er dekket med en plate for beskyttelse, og denne platen er festet ved hjelp av magneter. For at ikke dampen- eller væsken til eroderingsprosessen skal komme inn i føringen å skade utstyr som belte, drivverk eller lager, løses dette ved å montere en pneumatikk tilkobling på føringens ramme. Luften hentes fra oppdragsgivers luft anlegg. Dette anlegget opprettholder et trykk på 6,5 Bar og det må derfor monteres en reduksjonsventil som reduserer trykket til 1 mBar. Dette sees på som nok trykk for at det blir gjennomstrømning gjennom sprekker på føringen, og dermed vil det ikke komme dielektrikum damp inn i føringen.

For å vite om føringene på begge aksene har et overtrykk, vil det monteres trykk manometer på T-ledd, slik at operatører kan følge med på om det er et overtrykk til stedet, og om overtrykket er riktig. Ved ønske kan det monteres trykkvakter som signaliserer til styresystemet at overtrykk har falt under ønsket verdi, men dette sees på som en ekstra kostnad som er lite nødvendig med tanke på at føringene er lokalt plassert, og operatør står ved maskin flere ganger daglig.

Design

Det er viktig at ikke overtrykket overstiger spesifisert verdi, dette kan medføre at beskyttelsesplate løsner og utstyr, produkter og selve føring kan bli skadet. Den spesifiserte verdien er satt til 1mBar, men dette må optimaliseres når føringene installeres på EDM-maskinen. For mer informasjon om oppkobling og deler, se *Konstruksjon*.

Monteringssted for lufttilkobling på føringene må spesifiseres, dette er viktig fordi føringene er ekstrudert med flere hulrom for å gjøre rammen lettere. Og overtrykk designet vil hjelpe lite hvis luft tilkoblingen bli montert til en av rommene som er lukket inn i selve rammen.

Ønsket spesifikasjoner for føringer

X-akse	Føringstype	EGLA-TB-RF (Reim)
	Føringsstørrelse	80mm
	Lengde	600mm
	Maksimal vekt	17kg
	Momentbelastning	
Z-akse	Føringstype	ELGA-TB-RF (Reim)
	Føringsstørrelse	70mm
	Lengde	200mm
	Maksimal vekt	10kg
	Momentbelastning	

Tabell 9 Ønsket spesifikasjoner for føringer.

Spesifikasjonene i tabell (tab. 9) er hentet fra prosjektgruppens mekaniske del, hvor mekanisk avdeling har designet en grovskisse over konstruksjonen, dette har gitt prosjektgruppen grov spesifikasjoner til å velge utstyr, hvor det senere har blitt sjekket om vekter etc. har blitt kalkulert riktig.

Design

Motortyper

Det å velge mellom en servomotor løsning eller en stepper motor løsning er utfordrende i seg selv, og bestemmes av en rekke faktorer som pris mot presisjon, momentbehov, hastighets-behov, akselerasjonsbehov og kompleksitet på drivekreter.

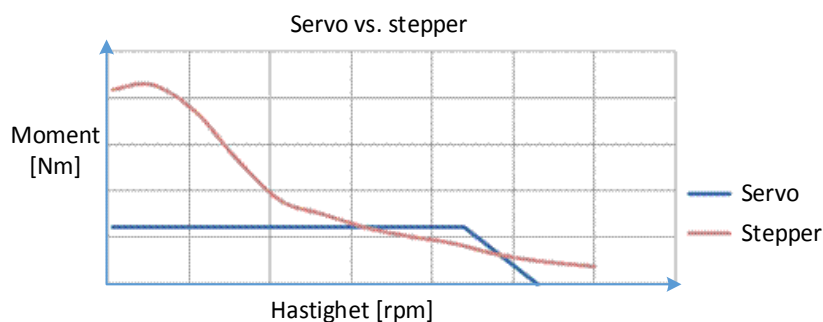
Det er to hovedforskjeller mellom en servo og en stepper motor, og det er selve konstruksjonen av motoren og hvordan de styres.

Stepper motor vs. servo motor

Stepper motoren har mange sett med poler, som genererer et magnetfelt med enten permanent magneter eller ved hjelp av en elektrisk strøm. Pol parene ligger som regel på rundt 50 til 100 sett per motor og antallet gjør at stepper motoren er mer nøyaktig enn servo motoren. En av fordelene med dette er at stepper motoren ikke trenger et eksternt system for å mål posisjonene til motoren på grunn av presisjonen, men i industri er det vanlig å montere sensor for å måle posisjon. Stepper motoren styres enkelt ved hjelp av en drivepuls som beveger motoraksen et steg, og siden steget er fast for en type motor gjelder det bare å sende riktig antall pulser for riktig posisjon. Og dette gjør at det er enklere å styre en stepper motoren enn en servo motor. Stepper motorens begrensninger kan derimot skape store problemer på automasjonssystemet. Stepper motoren har ingen reserve strøm, og med dette menes at når motoren nærmer seg maks fart mistes opp mot 80% av momentet motoren er merket med. Og ved applikasjoner man trenger hurtig akselerasjon, kan hvis momentet er for høyt, motorposisjon holdes igjen på foregående pol par, mens kontrolleren tror den har gått til neste pol par, og dette medfører tap av riktig posisjon.

Servo motoren består av få pol par, 4 til 12 par. Og dette betyr at motoren er på langt nær like nøyaktig som stepper motoren, og det må derfor legges til en eksternt sensor, sammen med en «feedback» krets som sammenlikner aktuell posisjon med ønsket posisjon, og dette gjør servo motoren noe mer komplisert å styre. Fordelen med servo motoren er at den takler høyere moment og kan drives på høyere hastigheter enn stepper motoren. Det anbefales fra Festo å bruke servo motorer til styring, selv om disse er noe dyrere enn stepper motorene.

Design



Figur 30. Servo vs. stepper karakteristisk kurve

På grunn av den grunnleggende forskjellen mellom servo- og stepper motoren, har hver av dem fordeler og ulemper mot hverandre. Servo motoren har kun effektforbruk når motoren roterer til ønsket posisjon, og hvis ingen krefter uten ifra jobber på systemet, vil effektforbruket være lik null. Stepper motoren derimot har et større effektforbruk og kjøres varm fordi den må ha en strøm gjennom pol parene, også kalt låsestrøm, for å holde seg på ønsket posisjon.

Ved valg av servo motor som pådragsorgan er ikke motortype kritisk, og det finnes derfor flere forskjellige servo oppsett. Det enkleste oppsettet for en servo motor er en DC motor med permanent magneter og børster, og dette er fordi de har en simpel konstruksjon og er billig. Små hobby servo motorer har derfor akkurat denne oppbygningen og er typisk elektronisk kommutert børstefrie motorer. Ulempen med en slik motortype er at de bruker børster, og disse sliten ut å må byttes med jevne mellomrom. DC motoren har også høyere treghetsmoment enn AC motoren.

Større industri servo motorer er som regel AC induksjons motorer og disse er ofte frekvensregulert. AC induksjons motoren blir ofte for stor og det ultimate alternative, som er mest brukt i dagens industri er en kompakt børstefri AC synkron motor.

Konklusjon

Som nevnt bestemmes valget av motortype ved hjelp av faktorer som presisjon, pris og anbefalinger. Festo har anbefalt bedriften å velge AC servo motorer til styring av lineær føringene, dette er den teknologien som er mest brukt i dagens industri. Selv om servo motoren er noe dyrere enn stepper motoren velger prosjektgruppen å følge rådet til Festo, og det velges derfor servo motorer til styring av lineær føringene. Med tanke på at servo

Design

motoren leverer høyere moment og effekt ved samme størrelse som stepper motoren, er det også et naturlig valg å velge servo motoren fordi plassen på EDM-maskinen er begrenset.

En annen viktig faktor som gjør at prosjektgruppen velger en servo motor, er at Festo kun leverer absolutt enkoder på servo motoren. Enkoderen er sensoren som ser hvilke posisjon motoren har og gir deretter beskjed til motorstyringen hvor motoren er slik at kretsen kan gjøre eventuelle endringer hvis det trengs. Dette kalles «feedback». Enkodere kommer i forskjellige varianter, og de to vanligste er inkrementell og absolutt. Forskjellen på disse to er at hvis systemet mister strømtilførselen i noen sekunder, vil absolutt enkoderen fortsatt vite sin posisjon. Mens den inkrementelle enkoderen har mistet sin posisjon å må bevegelse tilbake til sin «home» posisjon før nye kommandoinstruksjoner kan gis. Med tanke på at verktøyvekslersystemet har mange bevegelige deler, og ved et tilfelle at strøm tilførsel forsvinner, ser prosjektgruppen det nødvendighet med absolutt enkoder for å tilfredsstille sikkerhetskravene. Dette blir en økt kostnad til prosjektet, men som nevnt sees dette på som en nødvendighet.

For å kunne velge riktig motor må det foreligge design spesifikasjoner for å kunne velge motortypen som er korrekt dimensjonert for føringer med tanke på belastning, hastighet og robusthet. Etter samtale med Festo og nærmere undersøkelser rundt det å beregne motorer til lineær føringer, bestemte prosjektgruppen seg for å bruke Festo sitt kalkuleringsprogram som er laget for å finne de beste løsningene med tanke på lineær føringer, motor, gir og motorstyringsenheter. Å gjøre disse kalkulasjonene manuelt er utfordrende og Festo anbefalte prosjektgruppen å forholde seg til kalkulasjonsprogrammet for å oppnå det beste resultatet med tanke på dimensjonering. Kalkulasjonsprogrammet trenger allikevel forskjellige spesifikasjoner, og disse kan sees i tabell (tab. 10).

Ønsket spesifikasjoner for servo motorer

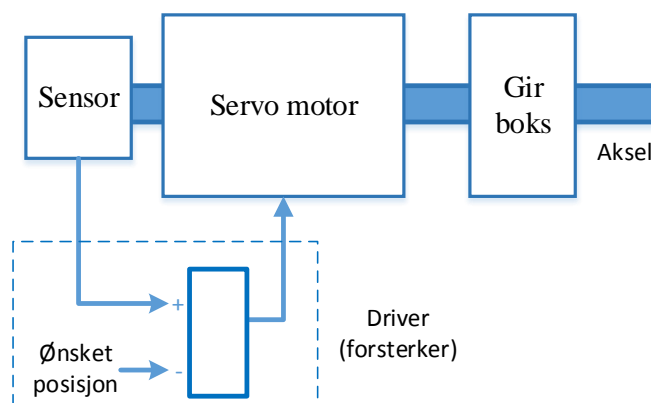
X-akse	Motortype	Servo motor AC
	Beskyttelsesgrad	Standard
Z-akse	Motortype	Servo motor AC
	Beskyttelsesgrad	IP65

Tabell 10 Ønsket spesifikasjoner for motor

Design

Motorstyring - Driver

Med tanke på at prosjektgruppen har valgt å bruke en servo motor til lineær føringene, vil dette kapittelet kun ta for seg drivere for servo motor. Kapittelet starter med en forklaring på hva motorstyringen inneholder og en overordnet beskrivelse av dens funksjon. En enkel representasjon av den motor med feedback kan sees på figuren (fig. 31) under. En servo drive er en elektronisk forsterker som styrer drivespenningen til motoren. Integrert i forsterkeren er en «feedback» kretsen som henter ut posisjonen til motorens enkoder og gjør eventuelle endringer slik at motoren holder seg i den spesifiserte posisjonen, og dette gjøres kontinuerlig. Det er viktig å huske at den ønskede posisjonen til motoren ikke settes i selve forsterkeren, men i styresystemet. Med dagen teknologi, det industrien kaller «motion control», kan brukeren sette parametere som antall millimeter motoren skal rotere, og forsterkeren tolker dette og utfører ønsket hastighet- eller posisjonsbevegelse.



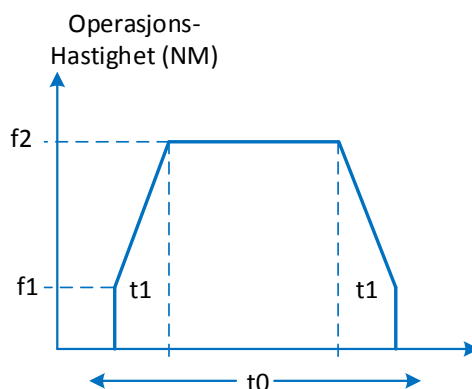
Figur 31. Representasjon av feedback krets

«Motion control»

Motion control, som er styresystemet i driveren til servo motoren, sees på som hjernen til systemet. Driveren mottar kommandoer som ønsket posisjon, hastighet eller moment fra styresystemet og generer så en kurve som servo motoren må følge for å nå sin ønsket posisjon eller hastighet. En representasjon av denne kurven kan sees på figur (fig. 32). For servo motorer reguleres spenningen til motoren, mens for stepper motor reguleres antallet pulser samt retning. Det finnes flere metoder å regulere posisjon, hastighet eller momentet til en servo motor, noen av disse er Variabel-Frekvens Drive (VFD) eller Puls-Frekvens-Modulasjon (PFM). På grunn av kompleksiteten til disse kontrollmetodene vil ikke dette bli gått nærmere inn på. Prosjektgruppe medlemmet Morten A. Kjær har vært i samtaler med flere lærer på skolen som sier dette er et komplisert emne som er vanskelig å beskrive

Design

utenom å bruke verktøy som Matlab og Simulink, og dette setter dessverre en stopper for prosjektgruppen med tanke på tid. For at oppdragsgiver skal kunne benytte seg av lineær førings systemet prosjektgruppen har valgt, er det ikke kritisk å vite hvordan driverne styrer servo motorene, og derfor sees ikke dette på som nødvendig å gå gjennom. Men når dette er sagt, må det foreligge en grunnleggende forståelse for prinsippene.



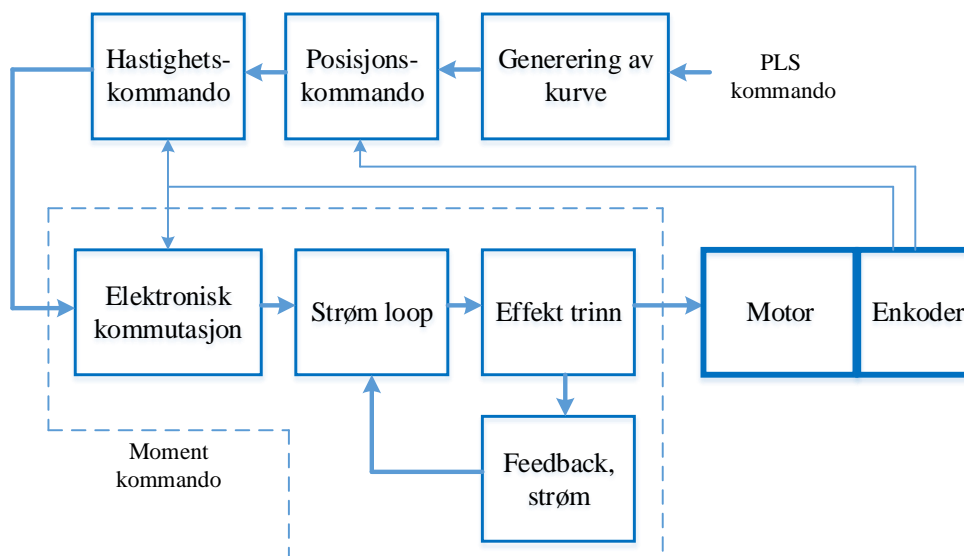
Figur 32. Representasjon av motion control kurve

Som nevnt tidligere er driveren hjerne til systemet og beregner kurver ut ifra ønsket posisjon, hastighet eller moment som driveren mottar fra styresystemet. Disse kalkulasjonene er som nevnt kompliserte og gjøres ofte i digitale prosessenheter i selve driveren for å sløyfe ut feil som eventuelt styresystemet kan tilføye, og inneholder blant annet en PID-kalkulasjon for glatte og jevne bevegelser. For at driveren skal kunne kalkulere den mest optimaliserte bevegelsen, må det foreligge spesifikasjoner som posisjon, maksimumshastigheter og akselerasjonskonstanter som er satt av bruker i driveren. Fra figur (fig. 32) representerer t_1 akselerasjon- og de akselerasjons segmentet av bevegelseskurven, og er som regel spesifisert fra en stillestående posisjon eller fra forrige bevegelse som ble utført.

Motor forsterker – driver

Servo motor forsterkeren, også kalt motor driver, er det utstyret som inneholder «motion control» styringen, mottar styrekommandoer fra PLS-systemet og genererer tilførsels spenningen til servo motoren. For illustrasjon se figur (fig. 33).

Design



Figur 33. Representasjon av driver

Festo sine drivere er delt opp for to forskjellige styre metoder, og disse er digital- eller buss styrt driver.

Sikkerhet

Det er viktig med tanke på tilfredsstillelse av krav og for oppdragsgiver at verktøyveksler-systemet er sikkert å bruke, og det er derfor viktig å velge komponenter som tilfredsstiller dette. Noen av driverne til Festo har integrert sikkerhetssystem som er direkte knyttet mot nødstopp relaterte funksjoner. Siden det er et krav fra oppdragsgiver at verktøyveksler-systemet skal utstyres med nødstopp funksjoner, er det viktig at prosjektgruppen velger utstyr som støtter denne funksjonene. Dette vil øke kostnaden på verktøyveksleren, men summen sees på som ubetydelige i forhold til sikkerhetsrelatert gevinst.

Design

PositioningDrive, z- og x-akse

Som nevnt tidligere vil prosjektgruppen bruke Festo sitt digitale kalkulasjonsprogram for å bestemme størrelsen på lineær føringene, motortype med gir og driverenhet.




Kalkulasjonsprogrammet fungerer på den måten at brukeren setter inn spesifikasjoner på hva som er ønsket fra systemet, og programmet vil sette sammen utstyr fra deres produkter, og komme med forslag på løsninger som kan tilfredsstille ønskene til bruker.

I kapitlene over har det derfor blitt spesifisert hva som ønskes fra produktet og hvilke spesifikasjoner verktøyvekslerprosessen har. Dette vil bli satt inn i PositioningDrive slik at programmet kan komme med forslag til riktig utstyr. Det skal nevnes at prosjektgruppen har rådført seg med Festo når produkter har blitt valgt ut og dette har derfor fungert som en kvalitetssikring på at riktig produkter har blitt valgt.

PositioningDrive: Z-akse

Gjennomgang av oppsett for PositioningDrive og valgt utstyr til z-aksen.

Systemparameter oppsett

Required input		Optional input	
Mounting position  <div> <input type="radio"/> Horizontal <input checked="" type="radio"/> Vertical <input type="radio"/> Any </div>		Motion profile <div> <input checked="" type="radio"/> Usable length, no time restriction <input type="radio"/> Detailed motion profile <input type="radio"/> Critical stroke </div>	
Results, Calculate with: 2 Strokes (Vertical Upward movement 90 °, Force 0.0 N) > 1 Stroke: Select 'Detailed motion profile'		Travel time + Dwell time <= <input type="text" value="60"/> s	
Axis Maximum moving mass <input type="text" value="10"/> kg Effective stroke <input type="text" value="200"/> mm Repetition accuracy +/- <input type="text" value="0.5"/> mm <input type="checkbox"/> Highest precision (in addition) Additional external force <input type="text" value="0"/> N <input checked="" type="radio"/> Decelerating <input type="radio"/> Accelerating		Axis technology <div> <input checked="" type="checkbox"/>  Toothed belt <input type="checkbox"/>  Spindle </div>	

Figur 34. PositioningDrive, side 1

Design

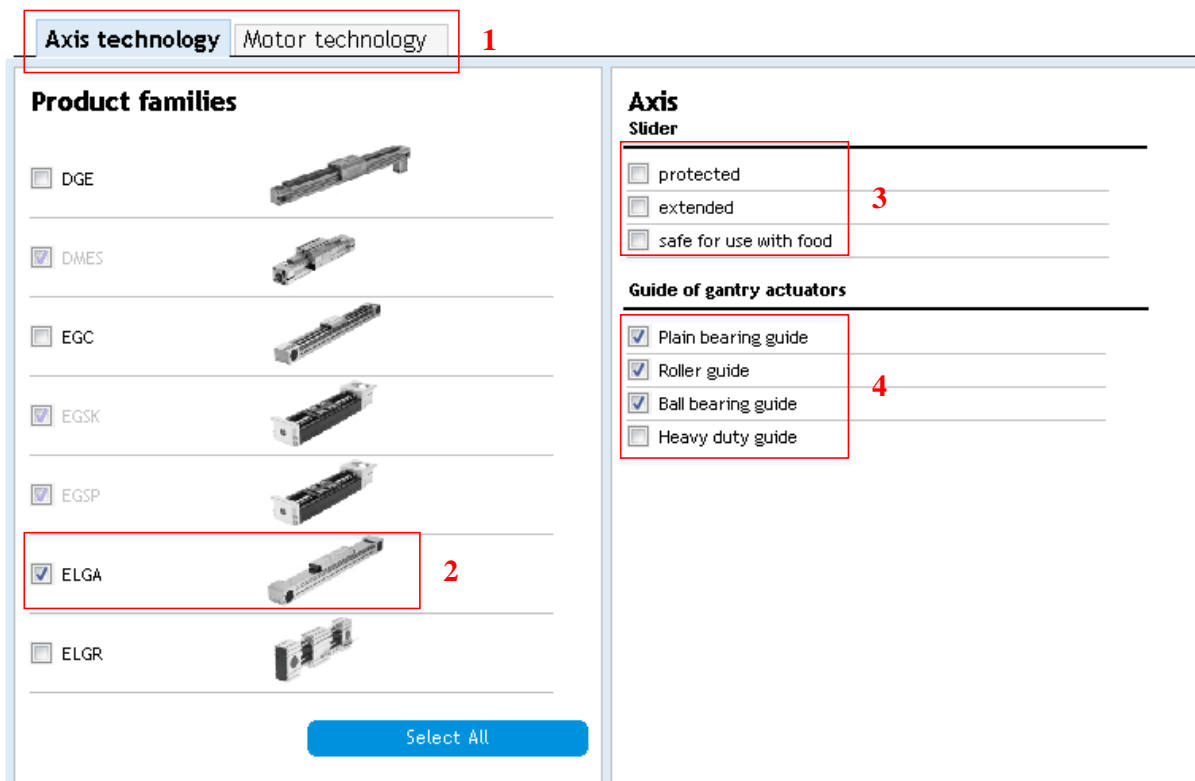
1. Når en starter PositioningDrive får man valget om prosessoppgaven har en lineær- eller roterende bevegelse. Z-aksen er en lineær bevegelse, og dette velges, (ikke illustrert på figur (fig. 34).

Videre gir man positioningDrive informasjon om installasjonen til lineær føringen som skal brukes. Z-aksen til verktøyveksleren står i vertikal posisjon.

2. Fra kapittel 3.1.2 *Føringstyper* og tabell (tab. 9) kom prosjektgruppen frem til at reindrift på lineær føringene er det beste valget. Dette velges derfor i punkt 2.
3. Under punkt 3 velges massen lineær føringen skal løfte i den vertikale retningen, og i tabell (tab. 9) har prosjektgruppen kommet frem til at føringen skal løfte 10kg.
4. Punkt 4 spesifiserer slaglengden til lineær føringen, altså hvor langt slideren på føringen skal kunne bevege seg. Tatt ut i fra tabell (tab. 9) er slaglengden 200 millimeter for z-akse.
5. Punkt 5 i PositioningDrive hjelper bruker å definere hvordan lineær føringen skal brukes. Til eksempel har prosjektgruppen her valgt at lineær føringen for z-aksen skal kunne bevege seg i hele slaglengdeområdet ut spesifisert tid, og med dette menes at prosjektgruppen setter ikke en maksimumstid for bevegelse fra punkt a til b for lineær føringen. Dette punktet er som regel ment for applikasjoner hvor høye akselerasjoner eller hastigheter trengs, og med tanke på at lineær føringen må bevege seg rolig for at elektrodeholderen ikke skal falle av, er ikke dette punktet kritisk for valg av lineær føring.

Design

Filter for utvalg 1



The screenshot shows the 'Filter for utvalg 1' interface. At the top, there are two tabs: 'Axis technology' (highlighted with a red box and labeled '1') and 'Motor technology'. Below the tabs is a list of 'Product families' with checkboxes and images of linear guides. The 'ELGA' option is selected (checked) and highlighted with a red box labeled '2'. To the right, under the 'Axis' section, there is a 'Slider' section with three options: 'protected', 'extended', and 'safe for use with food'. The 'protected' option is selected and highlighted with a red box labeled '3'. Below this is a 'Guide of gantry actuators' section with four options: 'Plain bearing guide', 'Roller guide', 'Ball bearing guide', and 'Heavy duty guide'. The 'Plain bearing guide', 'Roller guide', and 'Ball bearing guide' options are all selected and highlighted with a red box labeled '4'. At the bottom of the product families list is a blue 'Select All' button.

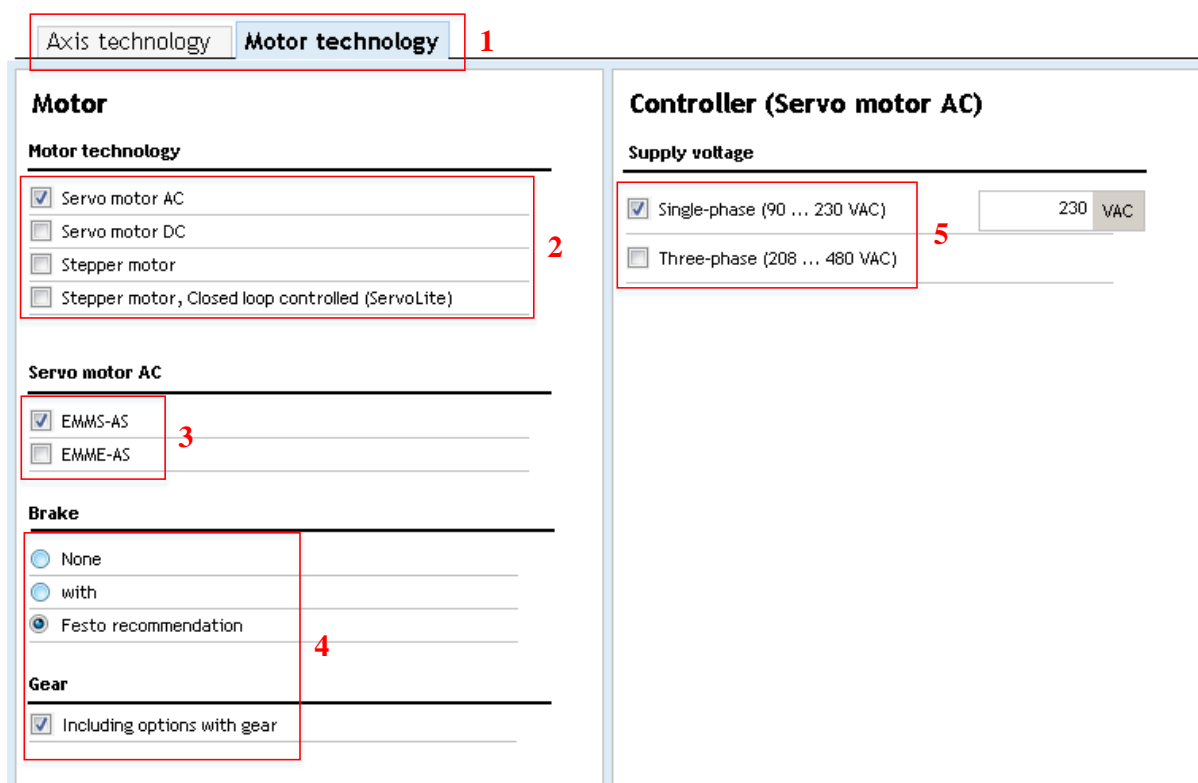
Figur 35. PositioningDrive, side 2

1. I filter utvalget i positioningDrive kan brukes bestemte selv hvilke type produkter som skal være med i simulasjonen for utvalg av riktig produkt. Som man kan se kan man filtrere både førings- og motor teknologi. Her velges det først å bestemme kriterier for lineær føringen.
2. Som beskrevet i kapittel 3.1.2 *Føringstyper*, kom prosjektgruppen og Festo frem til at den reimstyrete føringstypen ELGA med beskyttelsesdeksel, samt implementasjon av overtrykk, er riktig føringstype for verktøyvekslerprosessen. Som man ser har Festo mange forskjellige føringstyper og ved og kun velge ELGA hjelper dette kalkulasjons-programmet med å finne riktig type føring, samt tilhørende utstyr.
3. Punkt 3 beskriver hvordan føringstypen og slideren er designet. Slideren er vognen som reimen festes til og er den bevegelige delen på lineær føring. Her hukes det ikke av for noen av muligheten fordi føringen er allerede beskyttet, samt at de andre to faktorene ikke gjelder for verktøyvekslerprosessen.

Design

- Punkt 4 bestemmer hvilke type lagerføring slideren skal bevege seg på. For å holde kostnadsbilde åpent for kalkulasjonsprogrammet, velges det å kun fjerne «heavy duty guide», siden denne har momentspesifikasjoner langt over prosjektgruppens utregninger.

Filter for utvalg 2



The screenshot shows the 'Motor technology' configuration window. It has two tabs: 'Axis technology' and 'Motor technology' (annotated with a red '1'). The 'Motor technology' section contains a list of motor types: 'Servo motor AC' (checked, annotated with a red '2'), 'Servo motor DC', 'Stepper motor', and 'Stepper motor, Closed loop controlled (ServoLite)'. Below this is the 'Servo motor AC' section with 'EMMS-AS' (checked, annotated with a red '3') and 'EMME-AS'. The 'Brake' section has three radio buttons: 'None', 'with', and 'Festo recommendation' (selected, annotated with a red '4'). The 'Gear' section has 'Including options with gear' (checked). On the right, the 'Controller (Servo motor AC)' section shows 'Supply voltage' with 'Single-phase (90 ... 230 VAC)' (checked, annotated with a red '5') and 'Three-phase (208 ... 480 VAC)'. A voltage input field shows '230 VAC'.

Figur 36. PositioningDrive, side 3

- Som nevnt i punkt 1 for figur (fig. 35) ble det først valgt å se på kriterier for føringstypen. På figur (fig. 36) velges det å se på kriterier for motorstyring til føringen.
- I kapittel 3.1.2 *Motortype* beskrives en rekke faktorer som er med på å bestemme motortype for lineær føringen, og ut i fra dette velges derfor kun servo motor AC som motortype for lineær føringen.
- På punkt 3 velges servo motortype EMMS-AS, bakgrunnen for dette er at den takler større momentbelastning, mindre tregghetsmoment på rotor og er mer kompakt en EMME-AS.
- På punkt 4 får bruker valget om det til skal implementeres bremseteknologi på servo motoren, dette gjelder for applikasjoner med høye hastigheter noe ikke

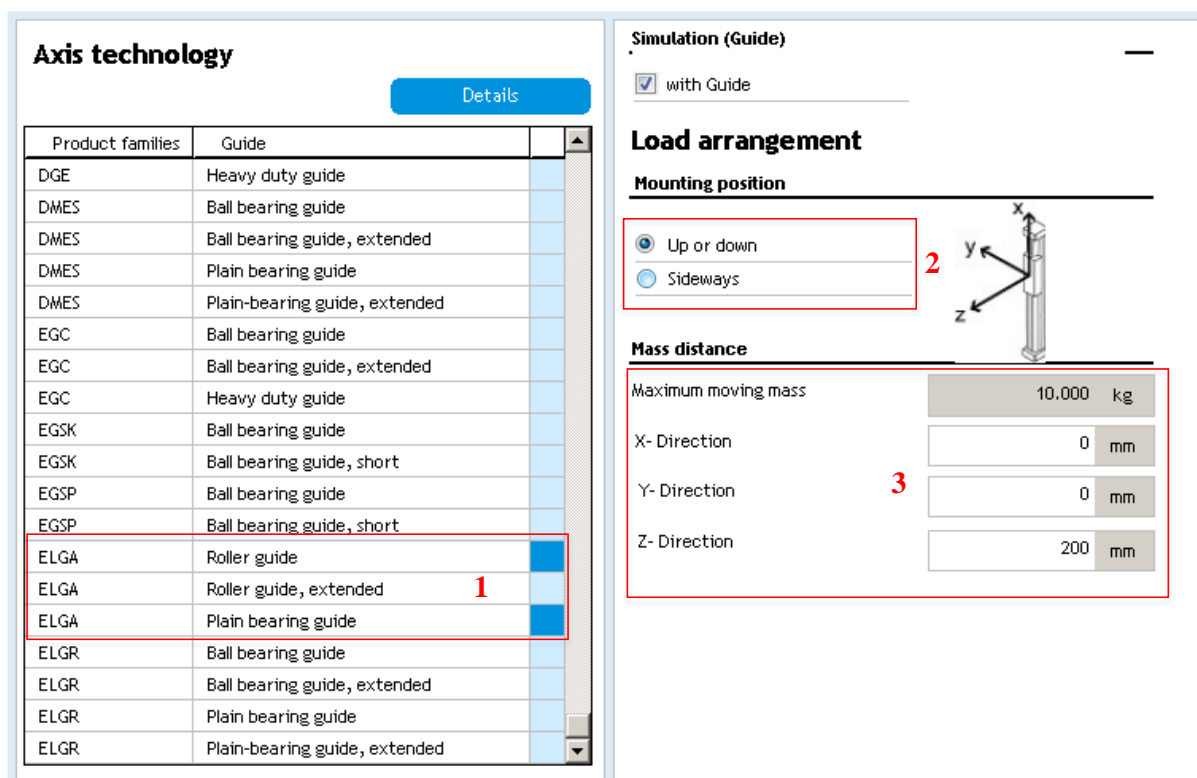
Design

verktøyvekslerprosessen har, og denne settes derfor til «Festo recommendation» selv om dette ikke gjelder for prosjektgruppens valg.

For at servo motoren skal klare høyere moment, noe som reduserer slitasje på motor, kan bruker velge om det skal tilføyes girutveksling på motoren. Dette anbefales fra Festo og tas derfor med i beregningen.

- Servo motorene kan komme både med 230VAC og 400VAC tilførselsspenning fra Festo. Her velges det 230VAC som tilførsel på servo motor siden det er dette som er tilgjengelig på EDM-maskinens tilførsel anlegg i dag.

Valgmuligheter og monteringsanordning



Axis technology

Product families	Guide
DGE	Heavy duty guide
DMES	Ball bearing guide
DMES	Ball bearing guide, extended
DMES	Plain bearing guide
DMES	Plain-bearing guide, extended
EGC	Ball bearing guide
EGC	Ball bearing guide, extended
EGC	Heavy duty guide
EGSK	Ball bearing guide
EGSK	Ball bearing guide, short
EGSP	Ball bearing guide
EGSP	Ball bearing guide, short
ELGA	Roller guide
ELGA	Roller guide, extended
ELGA	Plain bearing guide
ELGR	Ball bearing guide
ELGR	Ball bearing guide, extended
ELGR	Plain bearing guide
ELGR	Plain-bearing guide, extended

Simulation (Guide)

☒ with Guide

Load arrangement

Mounting position

☒ Up or down
☐ Sideways

Mass distance

Maximum moving mass	10.000 kg
X- Direction	0 mm
Y- Direction	0 mm
Z- Direction	200 mm

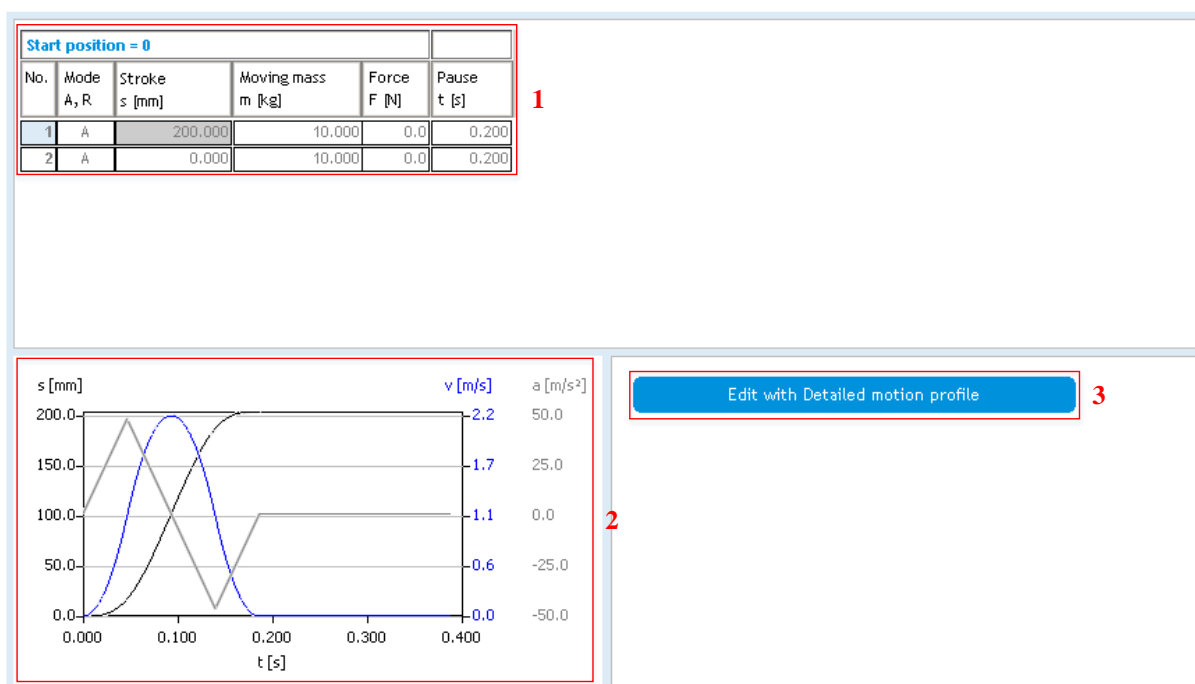
Figur 37. PositioningDrive, side 4

- På punkt 1 vises tilgjengelige systemer i lyseblått og egnede systemer i mørkeblått. Som man kan se velger PositioningDrive ELGA føringen med de to mest brukte lagføringene. Valget av hvilke føringstype som skal brukes kommer senere i programsekvensen.
- Punkt 2 beskriver bruker hvordan lineær føringen skal plasseres, og på verktøyveksleren vil z-aksen plasseres i en vertikal posisjon.

Design

- For å passe på at ikke lineær føringens lagerføring og slide ikke blir overbelastet, bestemmes det hvor langt bort fra masse senteret vekten skal være i forhold til masse senteret til føringen. Prosjektgruppen har redesignet elektrodeholder staget som skal festes på z-akse føringen, og det settes derfor at vekten på 10kg skal maks være 200 mm ut på en rett linje fra slideren. På denne måten belastes føringen mindre i vertikal retning. Beregninger og redesign kan leses mer om i kapittel 11: *FEM-analyser med beregning.*

Bevegelsesprofil



Figur 38. PositioningDrive, side 5

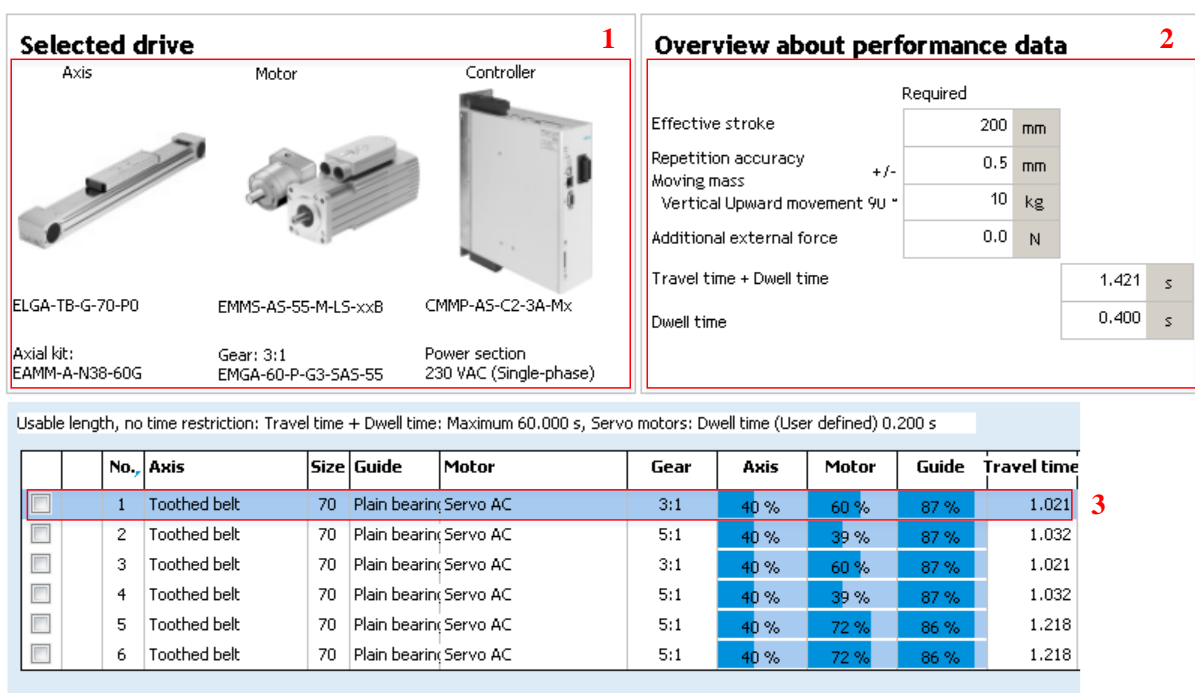
- Side 5 av PositioningDrive illustrer en mulig kalkulert bevegelse for lineærføring og motor. Punkt 1 viser en oppsummering av valgte spesifikasjoner gjennom de foregående sidene.
- Punkt 2 viser som nevnt den kjappeste bevegelsesprofil som føringstype med motor kan utføre. Som man kan se utføres en 200 millimeters bevegelse på $t=0.4$ sekunder, noe som er langt innenfor kravet til verktøyvekslerprosessen. Man kan videre se at lineær føringen kommer opp i en maks hastighet på 2,2 meter per sekund. For å få et perspektiv på hvor fort dette er kan hastigheten regnes om til kilometer i timen, dette gjøres enkelt ved å gange 2,2 m/s med faktoren 3,6. Dette

Design

gir oss en hastighet på 7,9 km/t, og denne hastigheten er langt innenfor kravet til hastigheten for verktøyveksleren.

- På punkt 3 kan bruker definere sin egen bevegelser profil. Prosjektgruppen har rådført seg med Festo om dette punktet, og svaret var at dette kun brukes i spesielle tilfeller hvor bruker må definere et mer konkret bevegelsermønster.

Kalkulasjonsresultat



Figur 39. PositioningDrive, side 6

- På punkt 1 kan man se PositioningDrive-s forslag til lineær føringssystem etter en kalkulasjon og simulasjon. Her anbefaler programmet et fullt kitt som består av lineær føring, motor, gir og driver. Som man kan se har noen av produktkodene x-er, og her må bruker inn å velge selv den siste delen av produktet. Til eksempel består x-en på driveren for om bruker vil ha mulighet til å sette i tilleggskort for nødstopp funksjoner og buss relaterte funksjoner.
 - Prosjektgruppen vil både ha nødstopp funksjoner og buss relaterte funksjoner på driveren, og derfor settes endekoden til M3, som beskriver hvor mange plasser man har til tilleggskort.

Design

- Kode xxB forteller at motoren har en resolver som posisjonssensor. Prosjektgruppen ønsker å benytte absolutt enkoder, og koden endres derfor til TM som er samme motortype med en absolutt enkoder.
 - Det legges til koden S1, som forteller at motoren er av beskyttelsesgrad IP65, noe som ønskes på z-asken med tanke på at den beveger seg over eroderingsbasseng.
2. Punkt 2 viser kun en oversikt over de satte kriteriene med tidsspesifikasjon for bevegelse av slide.
 3. Tabellen til punkt 3 viser hvilke sammenstillinger som PositioningDrive kalkulasjonen har funnet, og de rangeres etter pris hvor billigst starter fra toppen. Prosentoppdelingen viser bruker hvor mye hver av delen belastes, og som man kan se belastes ingen av delen 100%, noe som ikke er ønskelig. Prosjektgruppen velger derfor nummer 1 med de tilhørende spesifikasjonene.

Nærmere detaljer

Motor		EMMS-AS-55-M-LS-RRB		Controller		CMMP-AS-C2-3A-M3	
Rated speed (Voltage = 360 V)		6600	rpm	Supply voltage			
Rated torque		0.67	Nm	Logic section		24	VDC
Rated current		1.2	A	Power section		230	VAC
Rated voltage		360	V	Intermediate circuit voltage		380	VDC
Peak torque		2.70	Nm	Rated current		2.5	A
Peak current		5.0	A	Peak current		5.0	A
Mass moment of inertia		0.245	kgcm ²	Braking resistance, integrated		60	Ohm
Holding torque (Brake)		0.80	Nm	power		10.0	W
Gear		EMGA-60-P-G3-SAS-55					
Gear transmission ratio			3:1				
Efficiency factor		97	%				
Mass moment of inertia		0.135	kgcm ²				

Figur 40. PositioningDrive, side 7

Når produktkodene er satt kan man gå inn å se på spesifikke detaljer som:

- Maksimummoment på lineær føring.
- Gir ratio med virkningsgrad.

Design

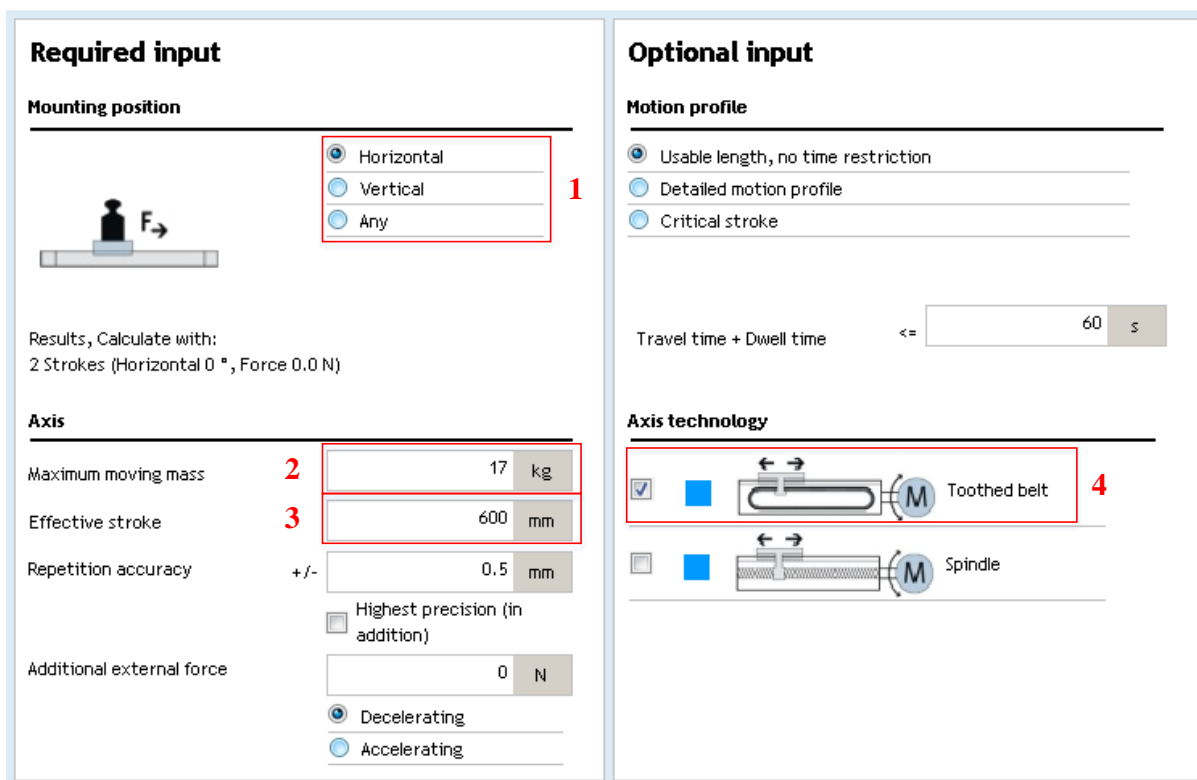
- Driver spenning, maksstrøm og effektforbruk. Dette må brukes videre når for eksempel tilførsel til verktøyvekslersystemet skal kalkuleres for sikringsstørrelse.

Gjennom PositioningDrive kan det eksporteres et prosjekt. Dette vil bli gjort og lagt ved som vedlegg til oppdragsgiver slik at all informasjon om valgt utstyr ligger tilstede.

PositioningDrive: X-akse

Gjennomgangen av oppsett for x-aksen i PositioningDrive vil være lik som for z-aksen, bortsett fra parametere som installasjonsretning, vekt og lengde. Ellers følger x-aksen samme oppsett med motorvalg etc.

Systemparameter oppsett



The screenshot shows the 'PositioningDrive' software interface with two main sections: 'Required input' and 'Optional input'.

Required input:

- Mounting position:** A diagram shows a vertical axis with a force vector F_z . A red box labeled '1' highlights the 'Horizontal' radio button in the selection list.
- Axis:**
 - Maximum moving mass:** A red box labeled '2' highlights the input field with the value '17 kg'.
 - Effective stroke:** A red box labeled '3' highlights the input field with the value '600 mm'.
 - Repetition accuracy:** The input field shows '+/- 0.5 mm'.
 - Additional external force:** The input field shows '0 N'.

Optional input:

- Motion profile:** Radio buttons for 'Usable length, no time restriction' (selected), 'Detailed motion profile', and 'Critical stroke'.
- Travel time + Dwell time:** A text input field with the value '60 s'.
- Axis technology:**
 - Toothed belt:** A red box labeled '4' highlights the selected option, which includes a diagram of a belt drive system.
 - Spindle:** An unselected option with a diagram of a spindle drive system.

Figur 41. PositioningDrive, side 1

1. X-aksen settes som horisontal retning siden z-aksen er vertikal, og det kan sees på punkt 1.
2. Vekten til x-aksen vil være selve z-aksen føringen, motor og gir samt utstyr som monterings brakett og støttehjul for momentavlastning. Se kapittel 11: *FEM-analyser med beregning* for mer informasjon. Den samlede vekten er hentet fra dette kapittelet og blir satt til 17kg.

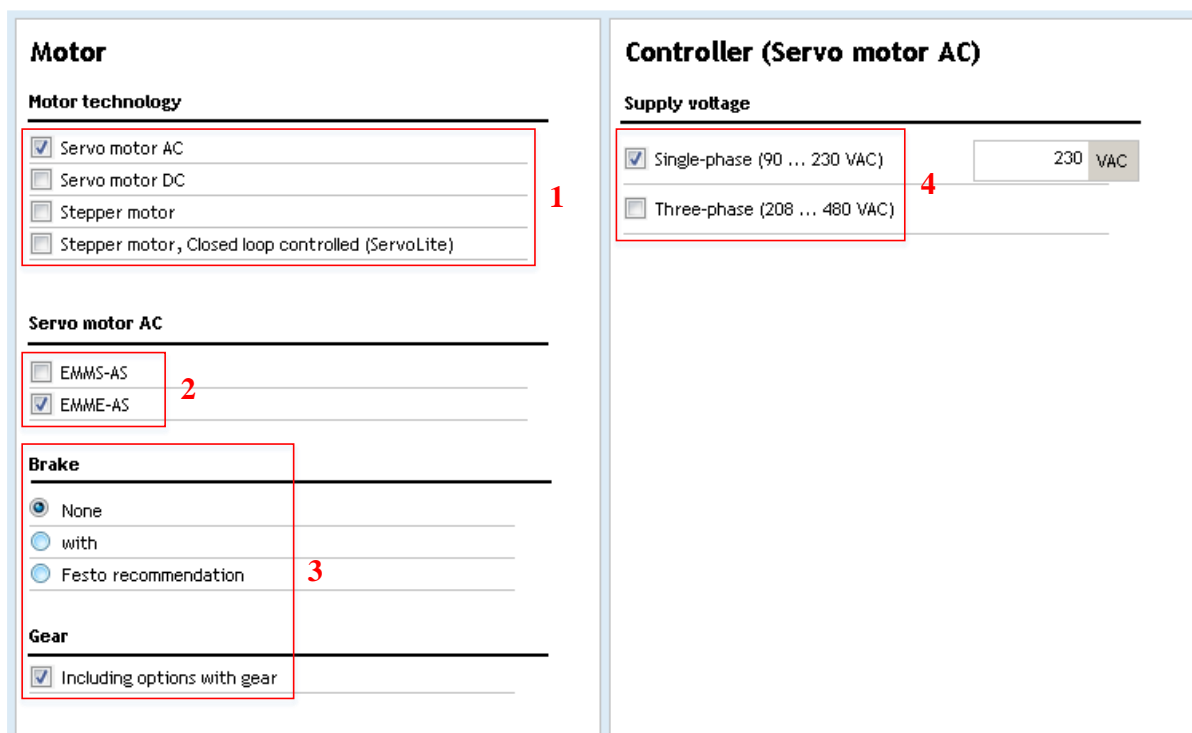
Design

3. Slaglengden til lineær føringen er 600 millimeter.
4. Fra kapittel 3.1.2 *Føringstyper* og tabell (tab. 9) kom prosjektgruppen frem til at reimdrift på lineær føringene er det beste valget.

Filter utvalg 1

Samme utvalg som for z-akse føringen, se figur (fig. 35)

Filter utvalg 2



The screenshot shows the 'PositioningDrive' configuration window, side 3. It is divided into two main panels: 'Motor' and 'Controller (Servo motor AC)'.

Motor Panel:

- Motor technology:** A list of four options. Option 1 (checked) is 'Servo motor AC'. Other options are 'Servo motor DC', 'Stepper motor', and 'Stepper motor, Closed loop controlled (ServoLite)'.
- Servo motor AC:** A list of two options. Option 2 (checked) is 'EMME-AS'. The other option is 'EMMS-AS'.
- Brake:** A section with three radio button options. Option 3 (selected) is 'Festo recommendation'. Other options are 'None' and 'with'.
- Gear:** A section with one checked option: 'Including options with gear'.

Controller (Servo motor AC) Panel:

- Supply voltage:** A section with two options. Option 4 (checked) is 'Single-phase (90 ... 230 VAC)'. The other option is 'Three-phase (208 ... 480 VAC)'. To the right of these options is a text box containing '230 VAC'.

Figur 42. PositioningDrive, side 3

1. Som i kalkulasjonen for z-aksen velges servo motor AC som motor, se kapittel 3.1.2 *Motorvalg* for mer informasjon.
2. På z-akse føringen valgte prosjektgruppen EMMS-AS motoren med tanke på vekt og størrelse, dette var også fordi den totale vekten som x-aksen skal bære ikke skal bli for stor. Siden det ikke er så kritisk for x-akse vekten, samt at det er bedre plass rundt motorplassen til x-aksen, velger prosjektgruppen EMME-AS som motortype for denne føringen. Hoved kriteriet for dette valget er prisforskjellen på motorene og det sees ikke på som noe problem å ha en større motor på den ikke-bevegelige x-aksen.

Design

- Som for z-aksen velges det å inkludere gir for å få ned motorstørrelse, og med tanke på at hastigheten er så sakte som det den er, velges «brake», altså implementasjon av brems bort.
- Det velges 230VAC på motortypen til x-aksen. Samme begrunnelse som for z-aksen.

Valgmuligheter og monteringsanordning

Axis technology

Details

Product families	Guide
DGE	Ball bearing guide
DGE	Ball bearing guide, extended
DGE	Roller guide
DGE	Roller guide, extended
DGE	Heavy duty guide
DMES	Ball bearing guide
DMES	Ball bearing guide, extended
DMES	Plain bearing guide
DMES	Plain-bearing guide, extended
EGC	Ball bearing guide
EGC	Ball bearing guide, extended
EGC	Heavy duty guide
EGSK	Ball bearing guide
EGSK	Ball bearing guide, short
EGSP	Ball bearing guide
EGSP	Ball bearing guide, short
ELGA	Roller guide
ELGA	Roller guide, extended
ELGA	Plain bearing guide

Simulation (Guide)

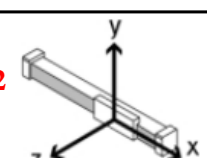
☒ with Guide

Load arrangement

Mounting position

☐ Up or down

☒ Sideways



Mass distance

Maximum moving mass	17.000	kg
X- Direction	0	mm
Y- Direction	0	mm
Z- Direction	0	mm

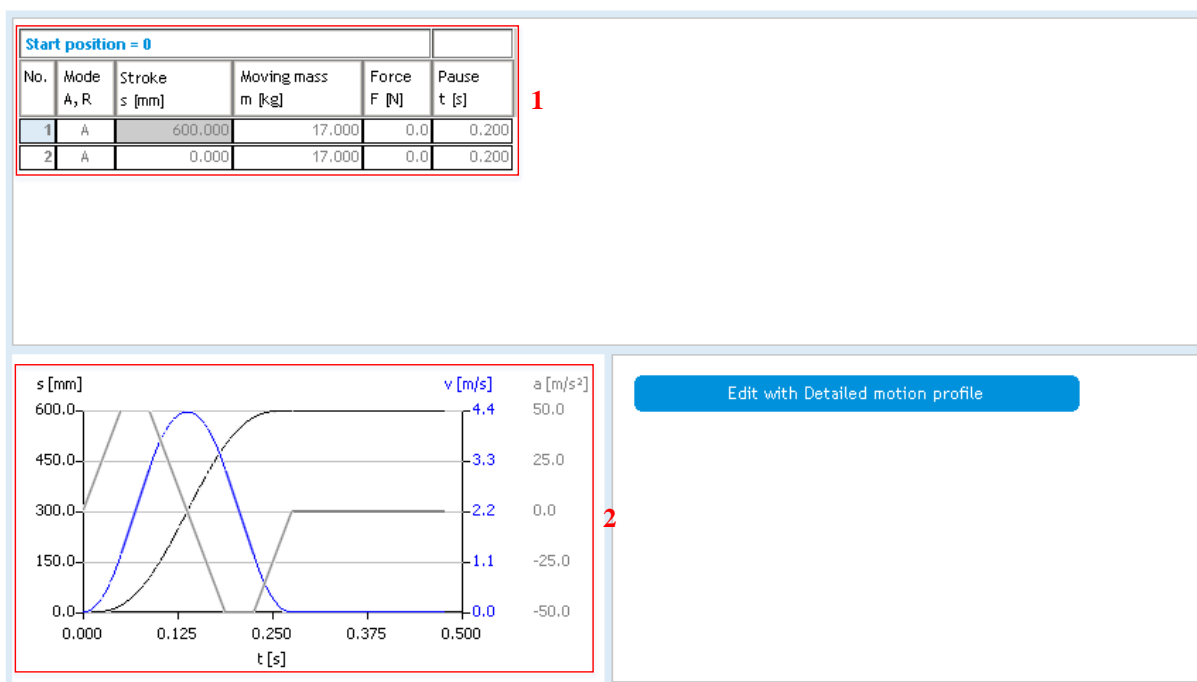
☒ 3

Figur 43. PositioningDrive, side 4

- Som for z-aksen viser PositioningDrive med mørkeblå farge hvilke lagerføringer som er egnet for verktøyvekslerprosessen.
- Punkt 2 bestemmes installasjonsposisjonen til lineær føringen, og for x-aksen skal den være horisontal.
- I punkt 3 kan man se maks vekt som lineær føringen skal løfte, samt masse senteret til denne vekten. Siden z-akse føringen monteres direkte på slideren til x-akse føringen er masse senteret i senter, og det velges derfor null millimeter på alle tre akser.

Design

Bevegelsesprofil

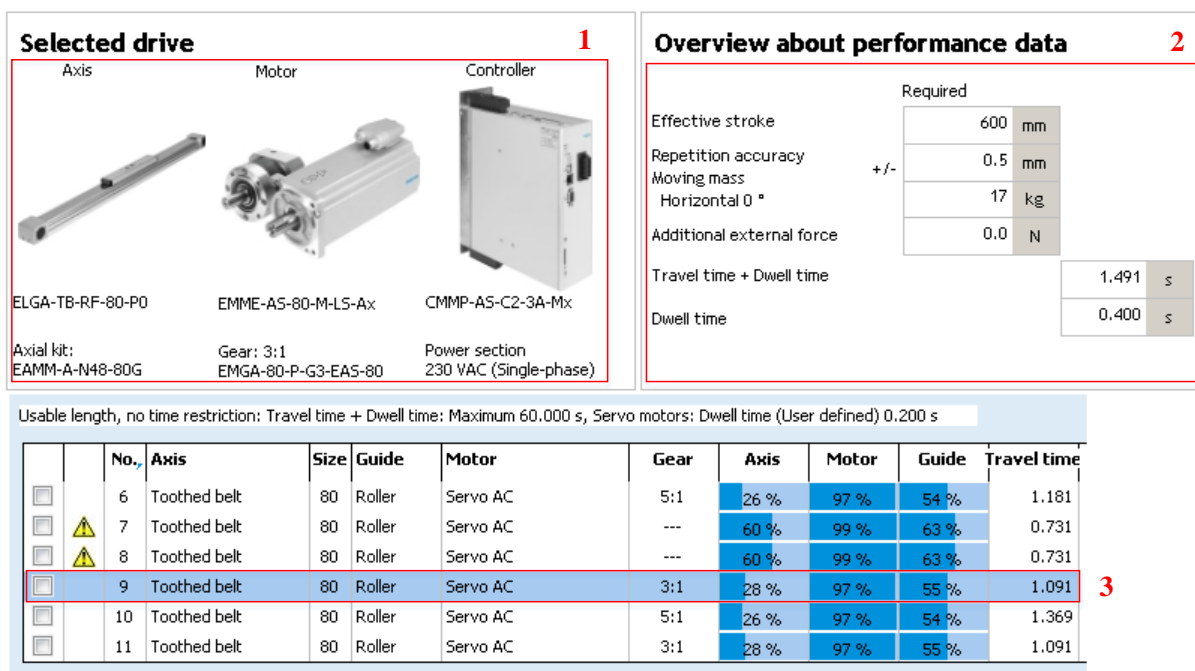


Figur 44. PositioningDrive, side 5

- Side 5 av PositioningDrive illustrer en mulig kalkulert bevegelse for lineærføring og motor. Punkt 1 viser en oppsummering av valgte spesifikasjoner gjennom de foregående sidene.
- Punkt 2 viser som nevnt den kjappeste bevegelsesprofil som føringstype med motor kan utføre. Som man kan se utføres en 600 millimeters bevegelse på $t=0.5$ sekunder, noe som er langt innenfor kravet til verktøyvekslerprosessen. Man kan videre se at lineær føringen kommer opp i en maks hastighet på 4,4 meter per sekund. For å få et perspektiv på hvor fort dette er kan det regnes om til kilometer i timen, dette gjøres enkelt ved å gange 4,4 m/s med faktoren 3,6. Dette gir oss en hastighet på 15,8 km/t, denne hastigheten er langt innenfor kravet til hastigheten for verktøyveksleren.

Design

Kalkulasjonsresultat



Figur 45. PositioningDrive, side 6

1. På punkt 1 kan man se positioningDrive-s forslag til lineær føringssystem etter en kalkulasjon og simulasjon. Her anbefaler programmet et fullt kitt som består av lineær føring, motor, gir og driver. Som man kan se har noen av produktkodene x-er, og her må bruker inn å velge selv den siste delen av produktet. Til eksempel består x-en på driveren for om bruker vil ha mulighet til å sette i tilleggskort for nødstopp funksjoner og buss relaterte funksjoner.
 - Prosjektgruppen vil både ha nødstopp funksjoner og buss relaterte funksjoner på driveren, og derfor settes endekoden til M3, som beskriver hvor mange plasser man har til tilleggskort.
 - Videre forteller Ax-en om motoren skal ha en «singel-turn» eller «multi-turn» enkoder som posisjonssensor. Her velger prosjektgruppen «multi-turn» enkoder for høyere posisjonsnøyaktighet.
2. Punkt 2 viser kun en oversikt over de satte kriteriene med tidsspesifikasjon for bevegelse av slide.
3. Tabellen til punkt 3 viser hvilke sammenstillinger som PositioningDrive kalkulasjonen har funnet, og de rangeres etter pris hvor billigst starter fra toppen. Prosentoppdelingen viser bruker hvor mye hver av delen belastes, og som man kan

Design

se belastes ingen av delen 100%, noe som ikke er ønskelig. Prosjektgruppen velger derfor nummer 1 med de tilhørende spesifikasjonene.

Nærmere detaljer

Motor		EMME-AS-80-M-LS-AM		Controller		CMMP-AS-C2-3A-M3	
Rated speed (Voltage = 360 V)		3000	rpm	Supply voltage			
Rated torque		3.20	Nm	Logic section		24	VDC
Rated current		3.7	A	Power section		230	VAC
Rated voltage		360	V	Intermediate circuit voltage		380	VDC
Peak torque		14.00	Nm	Rated current		2.5	A
Peak current		15.6	A	Peak current		5.0	A
Mass moment of inertia		1.930	kgcm ²	Braking resistance, integrated		60	Ohm
				power		10.0	W
Gear		EMGA-80-P-G3-EAS-80					
Gear transmission ratio			3:1				
Efficiency factor		97	%				
Mass moment of inertia		0.770	kgcm ²				

Figur 46. PositioningDrive, side 7

Når produktkodene er satt kan man gå inn å se på spesifikke detaljer som:

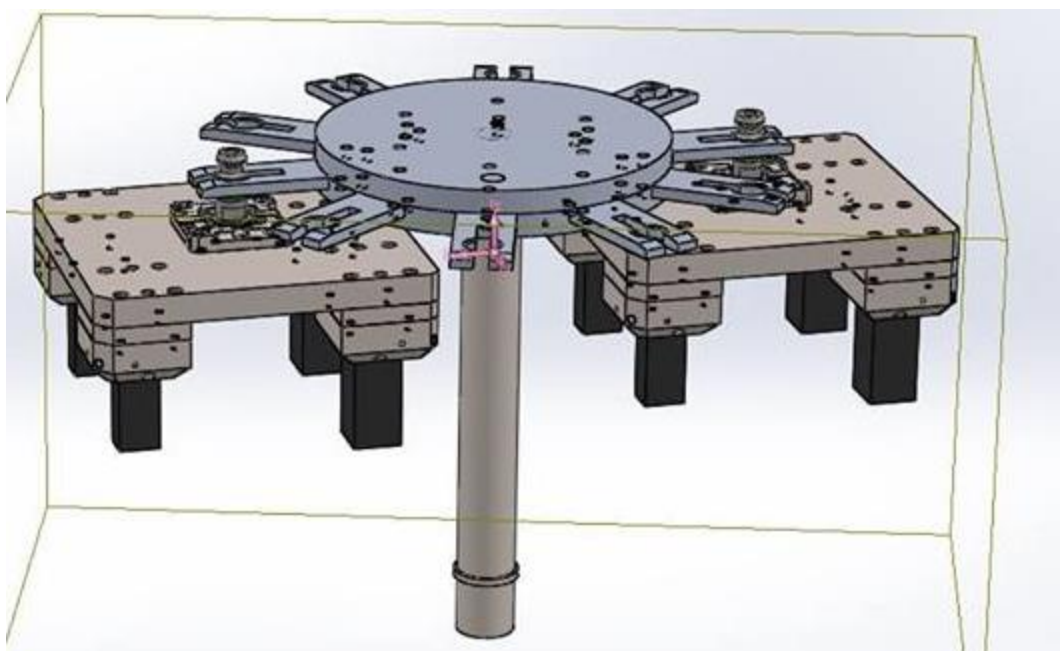
- Maksimummoment på lineær føring.
- Gir ratio med virkningsgrad.
- Driver spenning, maksstrøm og effektforbruk. Dette må brukes videre når for eksempel tilførsel til verktøyvekslersystemet skal kalkuleres for sikringsstørrelse.

Gjennom PositioningDrive kan det eksporteres et prosjekt. Dette vil bli gjort og lagt ved som vedlegg til oppdragsgiver slik at all informasjon om valgt utstyr ligger tilstede.

Design

7.2.3. Roterende aktuator, c-akse

Verktøyvekslersystemets roterende holder som holder elektrodeholderne må designes av prosjektgruppen, her må det ligge ved dokumentasjon som sikrer oppdragsgiver at utstyret tåler belastningen, miljøet og arbeidsoppgavene det er laget for. På figuren (fig. 47) under kan man se en tidlig skisse på hvordan den roterende aktuatoren kan se ut, og elektrostudentene må derfor se etter utstyr som motor og gir som kan tilpasses skissen.



Figur 47. Enkel skisse av elektrodeholder

På de lineære føringene har prosjektgruppen, sammen med representantene fra Festo kommet frem til at servo motorer er den beste løsningen. En av begrunnelsene for dette valget er at systemet må ha en absolutt enkoder for tilbakemelding av posisjon til føringene, og Festo leverer kun denne sensoren på servo motorene. Servo motoren takler også høyere momentbelastning ved høye hastigheter, og siden prosjektgruppen velger å implementere gir på lineær føringene, kan gir ratio-en være større enn ved stepper motor, og servo motorene kan derfor designes mindre. Noe som er en stor fordel for prosjektgruppen med tanke på plassmangel rundt og på EDM-maskinen. For den roterende holderen velger prosjektgruppen å se muligheten for bruk av en stepper motor, mer om dette kan leses i delkapittel 1.3.2 *Motorvalg*.

For at prosjektgruppens elektrostudenter skal kunne utrede det beste designet på den roterende holderen, må spesifikasjoner som bestemmer motormoment, vekt og

Design

treghetsmoment kalkuleres. Det finnes forskjellige metoder for å utføre dette, og to av dem som prosjektgruppen ser på som tilfredsstillende er å utføre beregninger for hånd, for så å bruke hjelpemidler som SolidWorks og PositioningDrive for å få en peke pinne på om verdiene stemmer.

Spesifikasjonsfaktorer

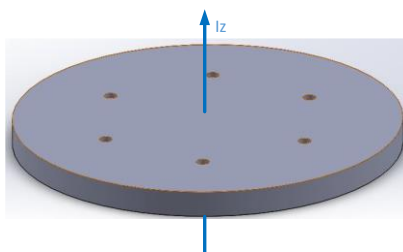
Treghetsmoment:

Treghetsmomentet til verktøyholderen, som er en kritisk spesifikasjon å vite når motor skal velges, er beregnet nedenfor. Denne verdien er viktig fordi man må forsikre seg om at motoren klarer å starte og stoppe den roterende massen. Hvis denne verdien feil kalkuleres kan motoren i verstefall ikke klare å starte rotasjonen, og dette vil medføre slik at stepper motoren hopper over et pol par, og dette vil medføre bortfall av riktig posisjon. Videre hvis stepper motoren klarer å starte rotasjonen, kan det samme skje når motoren skal stoppe rotasjonen, og det er med andre ord viktig å legge inn en stor sikkerhetsmargin i beregningene. Derfor vil treghetsmomentet brukes videre i dette kapittelet for å beregne spesifikasjoner til motoren, slik at elektrostudentene kan velge motor og tilhørende utstyr.

Når treghetsmoment for den roterende holderen skal beregnes, deles den opp i forskjellige deler slik at beregningen blir enklere. Når utregningen gjøres på denne metoden vil dette kun bli en estimasjon av treghetsmomentet, og beregnet verdi må tas i betraktning med andre faktorer.

1. Lokk, plate:

Lokket består av en hel plate med en hul sylinder under. Denne deles opp i en plate og en hul sylinder.



Figur 48. Treghetsmoment lokk, plate

Design

Radius [r] = 0,12 meter

Høyde [h] = 0,003 meter

Vekt [m] = 0,5 kg

$$I_{z1} = \frac{1}{2}mr^2 = \frac{1}{2} * 0,5 * 0,12^2 = 0,0036 \text{ kg} * \text{m}^2 \quad (1)$$

2. Lokk, hul sylinder:

Radius 1 [r₁] = 0,117 meter

Radius 2 [r₂] = 0,121 meter

Høyde [h] = 0,013 meter

Materiale tetthet [μ] = 2700 kg/m³

$$I_{z2} = \frac{1}{2}\pi\mu h(r_2^4 - r_1^4) = \frac{1}{2}\pi * 2700 * 0,013 * (0,12^4 - 0,117^4) = 0,001101 \text{ kg} * \text{m}^2 \quad (2)$$

3. Feste plate med gafler:

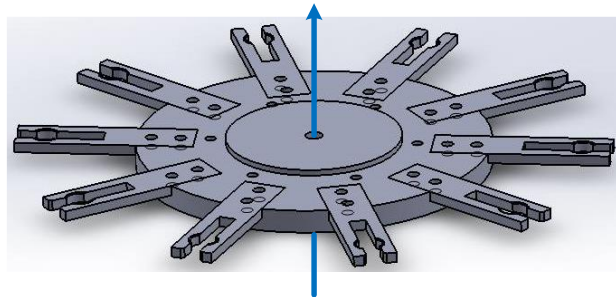
For å gjøre utregningen enklere legges vekten av gaflene til feste platen og tas med i formelen for utregningen av treghetsmoment av en disk.

Radius 1 [r₁] = 0,121 meter

Høyde [h] = 0,02 meter

Vekt, feste plate [m₁] = 1,85 kg

Vekt, en gaffel [m₂] = 0,06 kg



Figur 49. Treghetsmoment, disk

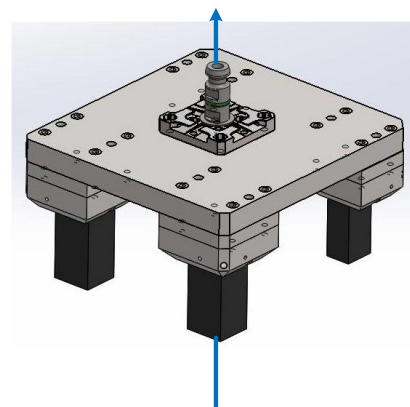
$$\text{Sammenlagt masse: } m_{\text{tot}} = m_1 + (10 * m_2) = 1,85 + (10 * 0,06) = 2,45 \approx 2,5\text{kg} \quad (3)$$

$$I_{z3} = \frac{1}{2}mr^2 = \frac{1}{2} * 2,5 * 0,121^2 = 0,0183\text{kg} * \text{m}^2 \quad (4)$$

Design

4. Elektrodeholderne:

Elektrodeholderne festes til gaflene på feste platen. Dette gjør at parallell akse teoremet må brukes for å finne riktig treghetsmoment. Så, først beregnes treghetsmoment for selve elektrodeholderne, for så å bruke parallell akse teoremet for å flytte elektrodeholderne ut til riktig radius. Når objekter med masse flyttes utover i en radius, vil det samlede treghetsmomentet øke, og det er derfor viktig å få med dette i beregningene slik at estimatet blir så nøyaktig så mulig.



Figur 50. Treghetsmoment elektrodeholder

- Vekt [m] = 7 kg
- Lengde [l] = 0,231 meter
- Bredde [b] = 0,217 meter

$$\begin{aligned}
 I_{\text{senter av masse (sm)}} &= \frac{1}{12} m(l^2 + b^2) \\
 &= \frac{1}{12} * 7 * (0,231^2 + 0,217^2) \\
 &= 0,058596 \text{ kg} * \text{m}^2 \quad (6)
 \end{aligned}$$

Nå som vi har treghetsmomentet for en elektrodeholder, kan vi bruke parallell akse teoremet for å trekke ut radiuspunktet fra senter på den roterende aktuatoren til gaffelplass. Siden vi har to plasser for denne type elektrodeholder, må $I_{p_{z5}}$ også multipliseres med to:

- Radius [r] = 0,183 meter

$$I_{p_{z4}} = 2 * (I_{sm} + md^2) = 2 * (0,058596 + (7 * 0,183)) = 0,02747 \text{ kg} * \text{m}^2 \quad (7)$$

Samlet treghetsmoment verdi bli nå:

$$I_{\text{tot}} = I_{z1} + I_{z2} + I_{z3} + I_{p_{z4}} = 0,05057 \text{ kg} * \text{m}^2 \quad (8)$$

I formel (for. 8) kan vi se det totale treghetsmoment, det er viktig å presisere at denne verdien kun er en estimasjon og må brukes med skjønn.

Design

Estimasjon verdien som kom frem av beregningen over, inneholder beregninger kun for de spesifikke delen som den roterende holderen inneholder. Med andre ord er ikke det indre treghetsmomentet for gir og motor lagt til, det er heller ikke lagt til en overdimensjonerings-faktor. Det legges derfor til en samlet faktor på 50%, som både skal fungere som en overdimensjoneringsmargin, sikkerhetsfaktor og treghetsmoment for motor og gir. Se formel (for. 9) for ny estimasjon verdi.

$$I_{\text{tot}} * 1,50 = 0,05057 * 1,5 = 0,0759 \text{kg} * \text{m}^2 * 100^2 = 759 \text{kg} * \text{cm}^2 \quad (9)$$

Denne verdien skal brukes videre i utregning av minimumsmoment og i kalkulasjons-programmet PositioningDrive.

Design

Motorvalg

Som det nevnes i innledningen til dette kapittelet, vil elektrostudentene se på muligheten for å bruke en stepper motor som pådragsorgan til den roterende aktuatoren. Bakgrunnen for dette er at selve stepper motoren og driveren til stepper motoren er billigere enn servo motoren, og hvis det lar seg gjøre å bruke en stepper motor til denne applikasjonen, vil det bli en kostnadsbesparelse. Som tidligere nevnt ble servo motoren valgt på lineær føringene på grunn av posisjonssensoren og etter anbefaling av Festo, mens i dette tilfellet har ikke Festo kommet med en spesifikk anbefaling. Som en også kan se på figur (fig. 30) side 14, har stepper motoren et høyt moment ved lave rotasjoner, som gjør at stepper motoren passer til applikasjonen på den roterende aktuatoren, med tanke på at denne skal rotere sakte.

Det velges derfor å se på implementasjon av en stepper motor i første omgang, og hvis dette lar seg gjøre, vil prosjektgruppen velge dette som pådragsorgan for den roterende aktuatoren.

Oppløsning:

For å kunne velge stepper motoren må det vites mer om rotasjonsoppløsningen til den roterende holderen, og hvor mange grader per steg motoren må ha for å treffe de ønskede posisjonene. Den første spesifikasjonsfaktoren som må settes, er hvor mange grader per steg motoren skal gå. En vanlig steppermotor standard på produktene fra Festo er; $\Theta_s = 1,8^\circ$ per steg. Det sjekkes så om denne spesifikasjonen kan brukes.

Den roterende aktuatoren har 10 plasser, og rotasjonen er på 360° , som videre gir oss:

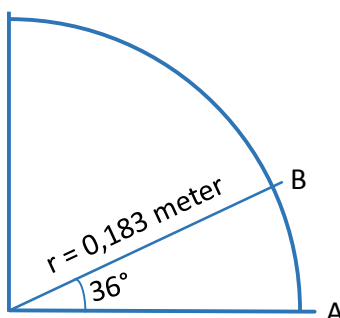
$$\text{Grader per plass: } \frac{360}{10} = 36^\circ \text{ per plass} \quad (10)$$

$$\text{Antall pulser for stepper: } \frac{36}{1,8} = 20 \text{ pulser} \quad (11)$$

En full rotasjon av den roterende holderen med radius 0,183 meter gir vandringslengde:

$$\text{Omkrets: } 2\pi r = 2\pi * 0,183 = 1,15 \text{ meter} \quad (12)$$

Design



Figur 51. AB lengde med radius og grad verdi

For å verifisere at gradene per plass stemmer med den faktiske avstanden som er mellom punkt A og B, regnes det ut en teoretisk avstand og denne verdien sammenliknes med SolidWorks design:

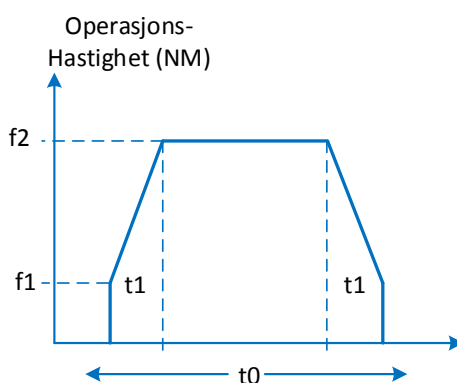
$$AB = \frac{\text{Grader per plass} * 2\pi r}{360} = \frac{36 * 2\pi * 0,183}{360} = 0,115 \text{ meter (13)}$$

Når AB verdien sammenliknes med avstanden på SolidWorks design, stemmer disse overens og det fortsettes med design av motor.

Design

Minimumsmoment:

For å vite minimumsmomentet til motoren, brukes treghetsmomentet. Første steg i utregningen er å finne den angulære hastigheten den roterende aktuatoren har, for videre å bestemme den angulære akselerasjonen. Når dette er gjort, kan man ved hjelp av treghetsmomentet og akselerasjonen, finne minimumsmomentet som kreves for å rotere den roterende aktuatoren i ønsket hastighet.



Figur 52. Bevegelsesprofil for motor

1. Angulær hastighet:

For at den roterende holderen skal gjøre en komplett runde, altså fra 360° , setter vi tiden $t_0 = 20$ sekunder. Dette vil si at den roterende aktuatoren vil bruke 20 sekunder på å gjennomføre en komplett rotasjon, og t_1 vil bli 2 sekunder fra plass til plass. Dette gir:

$$\omega = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{(2\pi - 0)}{(20 - 0)} = 0,314 \frac{\text{rad}}{\text{sek}} \quad (14)$$

ω : Angulær hastighet θ_2 : Avsluttende posisjon θ_1 : Startposisjon

2. Angulær akselerasjon:

$$\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} = \frac{0,314 - 0}{5 - 0} = 0,0628 \frac{\text{rad}}{\text{sek}^2} \quad (15)$$

α : Angulær akselerasjon

Design

3. Minimumsmoment:

$$\tau = I * \alpha = 0,0759 * 0,0628 = 0,0048\text{Nm} \approx 0,005\text{Nm} \quad (16)$$

τ : Moment, I: Tregghetsmomentet til roternde holder

Det kreves altså 0,005Nm fra motoren for å drive den roterende holderen. Dette kan skrives videre om til kraften:

$$F = \frac{\tau}{r} = \frac{0,005}{0,183} = 0,027\text{N} \quad (17)$$

F: Kraft r: Radius

Denne utregning vil videre brukes i PositioningDrive, samt kontroll av PositioningDrive motor valg gjennom datablader etc. til valgt motor.

Ønsket spesifikasjoner for stepper motor

C-akse	Motortype	Stepper motor (Lite)
	Motorspenning	48VDC
	Beskyttelsesgrad	IP44
	Grad per step	1,8°
	Min. tregghetsmoment	759kg*cm ²
	Min. moment	0,005Nm
	Min. tid, rotasjon	360°, 20sekunder

Tabell 11 Ønsket spesifikasjoner for stepper motor

Motorstyring – Driver

For generell informasjon og forklaring, se underkapittel 1.2.3 *Motorstyring – Drive*. For nærmere beskrivelse og oppkobling av de forskjellige driverne, se underkapittel 1.4.1

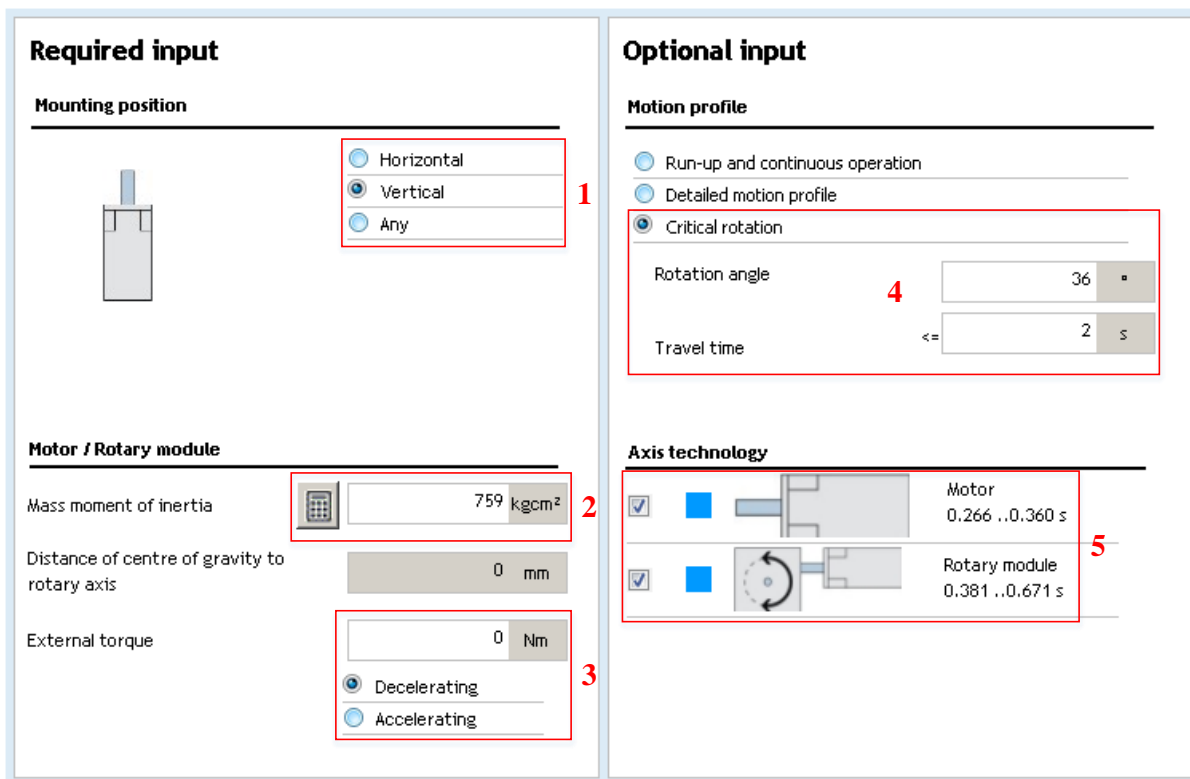
Motorstyringsenheter – Drivere.

Design

PositioningDrive, c-akse

I dette underkapittelet vil det som i underkapittel 1.2.4 *PositioningDrive*, gis en gjennomgang og forklaring på valget av stepper motor til den roterende aktuatoren.

System parameter oppsett



The screenshot shows the 'PositioningDrive' configuration interface, divided into 'Required input' and 'Optional input' sections.

Required input:

- Mounting position:** A diagram of a vertical actuator is shown. A red box labeled '1' highlights the 'Vertical' radio button.
- Motor / Rotary module:**
 - Mass moment of inertia:** A red box labeled '2' highlights the input field containing '759 kgcm²'.
 - Distance of centre of gravity to rotary axis:** The input field contains '0 mm'.
 - External torque:** The input field contains '0 Nm'. A red box labeled '3' highlights the 'Decelerating' radio button.

Optional input:

- Motion profile:**
 - The 'Critical rotation' radio button is selected. A red box labeled '4' highlights the 'Rotation angle' input field containing '36'.
 - The 'Travel time' input field contains '2 s'.
- Axis technology:**
 - Two options are listed: 'Motor' (0.266 .. 0.360 s) and 'Rotary module' (0.381 .. 0.671 s). A red box labeled '5' highlights the 'Rotary module' option.

Figur 53. PositioningDrive, side 1

1. Når en starter PositioningDrive får man valget om prosessoppgaven har en lineær- eller roterende bevegelse. C-aksen er en roterende bevegelse, og dette velges, (ikke illustrert på figur (fig. 53)).

Videre gir man positioningDrive informasjon om installasjonsposisjonen til motoren som skal brukes, og C-aksen til den roterende aktuatoren på verktøyveksleren står i vertikal posisjon.

2. På punkt 2 settes den viktigste spesifikasjonen for motorvalget inn, altså treghetsmomentet til den roterende aktuatoren. Gjennom beregningene i underkapittel 1.3.1 *Treghetsmoment*, hvor det totale treghetsmoment ble ganget med forskjellige faktorer, settes verdien inn i punkt 2. Videre settes massesenterets

Design

- avstand til null millimeter, dette er fordi sentret til treghetsmomentet er i senter på den roterende holderen.
- Punkt 3 ser på ytre påvirkninger som eksternt kraft som må tilføres, et eksempel på dette er hvis motoren skal stenge en treg ventil. Denne settes til null på grunn av at det er ingen ytre påvirkninger på den roterende holderen.
 - På punkt 4 bestemmes bevegelsesprofilen til motoren. PositioningDrive tilbyr tre forskjellige bevegelsesprofiler hvor «kritisk rotasjon» er den profilen som må brukes ved valg av stepper motoren. Rotasjonens vinkelen og rotasjonstiden ble funnet i underkapittel 1.3.2 *Motorvalg*, hvor rotasjonsvinkelen er 36° og rotasjonstiden på de 36° er 2 sekunder.
 - Punkt 5 hukes av slik at PositioningDrive tar med tilhørende motorutstyr og overføringsaksler som alternativer som gir overføringer.

Filter for utvalg

Motor	Controller (Servo motor AC)
Motor technology <input type="checkbox"/> Servo motor AC <input type="checkbox"/> Servo motor DC <input type="checkbox"/> Stepper motor <input checked="" type="checkbox"/> Stepper motor, Closed loop controlled (ServoLite) 1	Supply voltage
Servo motor AC 	Controller (Stepper motor) Product families <input type="checkbox"/> Eco - Controller CMMO-ST (24 VDC) <input checked="" type="checkbox"/> Standard Controller CMMS-ST 3
Brake <input checked="" type="radio"/> None <input type="radio"/> with 2	Supply voltage <input checked="" type="checkbox"/> 24 V <input checked="" type="checkbox"/> 48 V 4
Gear <input checked="" type="checkbox"/> Including options with gear	

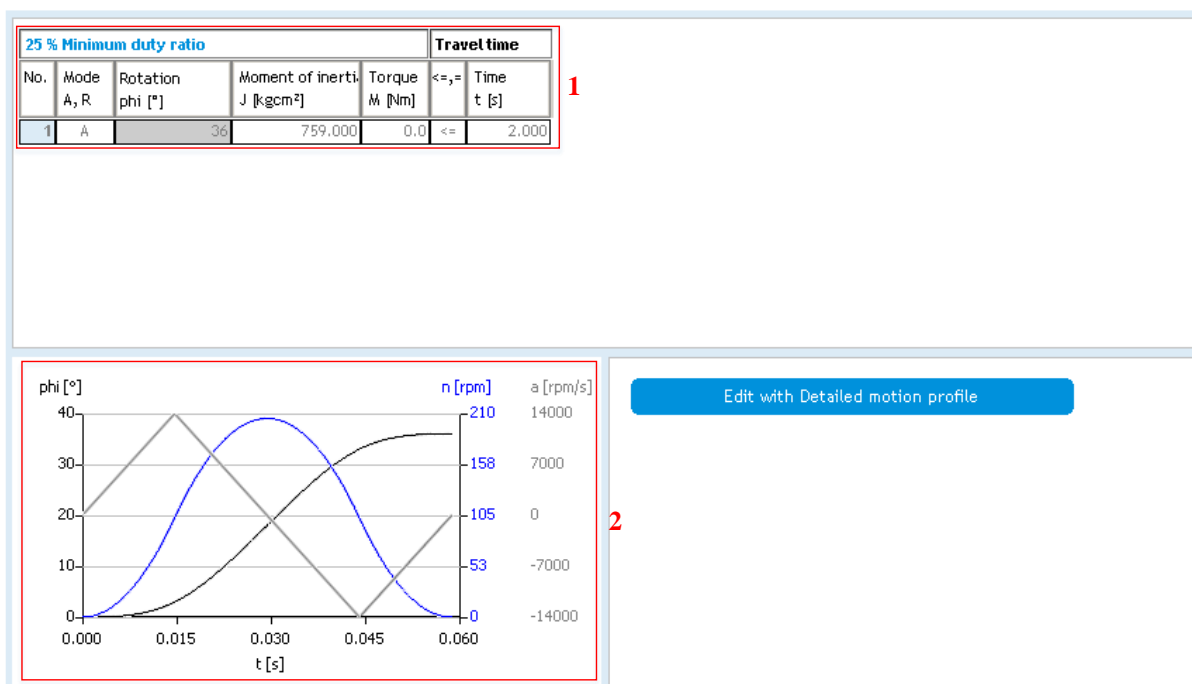
Figur 54. PositioningDrive, side 2

Design

1. Som nevnt i starten av dette kapittelet ser prosjektgruppen på muligheten for å bruke en stepper motor i stedet for en servo motor. I punkt 1 velges derfor stepper motor med «closed loop controlled» også kalt «feedback», og med dette menes at stepper motoren har en posisjonssensor som forteller motorstyringsenheten hvor motoren befinner seg i forhold til ønsket posisjon. Det skal nevnes at denne posisjonssensoren er en inkrementell enkoder og ved strømbrydd vil denne miste posisjonen. Dette må derfor tas med i vurderingen av motorvalget, og i dette tilfelle sees ikke det på som en kritisk faktor å kjøre motoren til sin «home» posisjon hvis dette trengs. Det kan også velges kun stepper motor uten tilbakekobling, men hvis motoren for eksempel hopper over pol par ved rotasjon, må systemet resets. Det sees derfor som nødvendig å ha en posisjonssensor for bedre presisjon og tilbakekobling til motorstyringsenheten.
2. Det velges i punkt 2 å ta med gir overføring for stepper motoren, mens bremsesystem utelukkes på grunn av lav vekt og hastighet på roterende holder.
3. Motorstyringsenheten, også kalt driveren velges til typen CMMS-ST. Dette er fordi det ønskes å bruke Profibus som kommunikasjon til styresystemet, og denne typen har integrert Profibus interface.
4. Det velges både 24VDC og 48VDC for tilførselsspenning på motorstyringsenhet. Ønskelig verdi å bruke er 24VDC med tanke på at det ikke trengs å kjøpes ekstra transformatorer til de forskjellige spenningstilførselen, og dette blir da en kostnadsbesparelse.

Design

Bevegelsesprofil



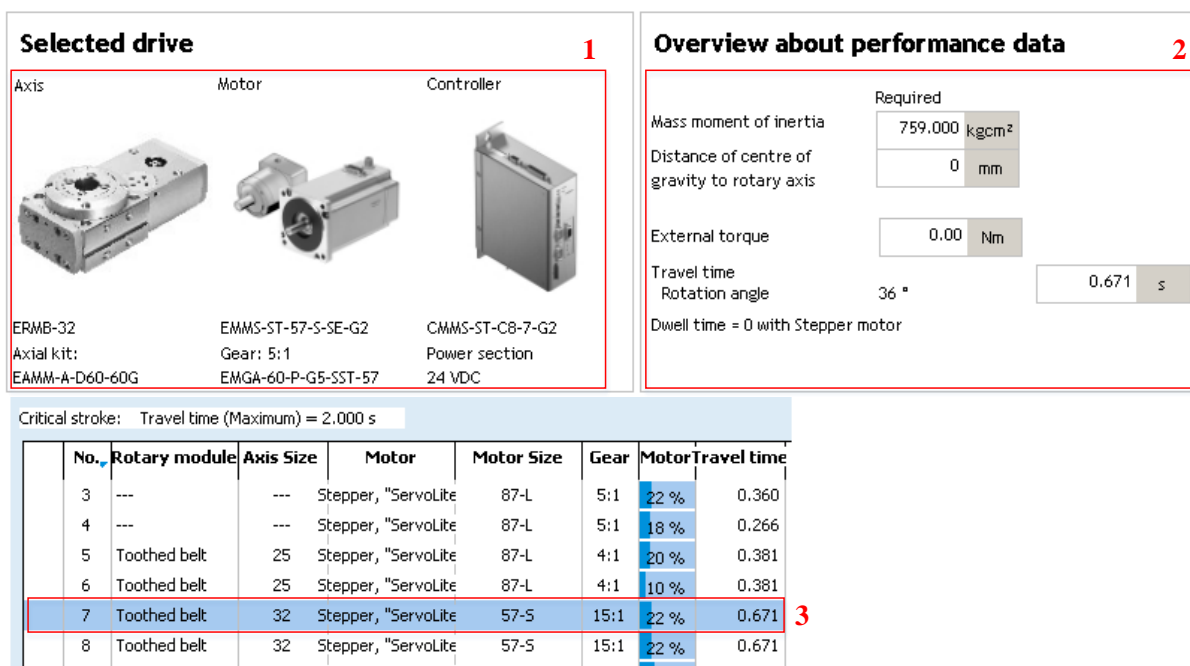
Figur 55. PositioningDrive, side 3

1. I punkt 1 kan vi se de valgte spesifikasjonen for beregningen til programmet.
2. Punkt 2 viser en mulig bevegelsesprofil hvor motoren roterer 36° på 0,06 sekunder. Noe som er langt innenfor kravet om at motoren skal rotere 36° på 2 sekunder. Man kan også se at motoren vil komme opp i 210 omdreininger per minutt over tidsperioden på 0,03 sekunder.

Bruker kan også modifisere sin egen bevegelsesprofil, men som nevnt tidligere er dette kun for spesielle applikasjoner.

Design

Kalkulasjonsresultater



Figur 56. PositioningDrive, side 4

1. På punkt 1 kan man se positioningDrive-s forslag til stepper motor, gir overføring, akseloverføringskitt og motorstyringsenhet.

Prosjektgruppen har etter denne kalkulasjonen av PositioningDrive vært i samtale med Festo, hvor prosjektgruppen og bedriften kom til konklusjon at valget er bra. Prosjektgruppen ønsker seg allikevel en endring med tanke på akseloverføringskittet, hvor plassmangel på EDM-maskinen gjør at dette ikke kan brukes. Det kom frem at Festo har gir overføringer lik som PositioningDrive valget i 15:1 ratio, i stedet for 5:1. Dette betyr at akseloverføringskittet kan velges bort og prosjektgruppen sitter med et kompakt system som kan monteres direkte på den roterende aktuatoren.

Motorstyringsenheten består av både nødstopp funksjoner og buss relaterte funksjoner, noe som må være implementert for å åpne sikkerhetskrav og valgt styringsmulighet.

2. Punkt 2 viser kun en oversikt over de satte spesifikasjonene. Her kan man se at den kalkulte verdien for bevegelsesprofil er 36° på 0,6 sekunder, noe som er langt innenfor 2 sekunders kravet til prosjektgruppen.

Design

3. Tabellen til punkt 3 viser hvilke sammenstillinger som PositioningDrive kalkulasjonen har funnet, og de rangeres etter pris hvor billigst starter fra toppen. Prosentoppdelingen viser hvor mye hver av delene belastes, og som man kan se belastes motoren 22%, noe som er svært tilfredsstillende med tanke på slitasje etc. Prosjektgruppen velger derfor nummer 7 med de tilhørende spesifikasjonene.

Nærmere detaljer

Motor		EMMS-ST-57-S-SE-G2		Controller		CMMS-ST-C8-7-G2	
Maximum motor revolution (Max. Voltage = 48 V)		2720	rpm	Supply voltage			
Holding torque		0.40	Nm	Logic section		24	VDC
Rated current		5.0	A	Power section (24 VDC)		24 ... 48	VDC
Rated voltage		48	V				
				Rated current		8.0	A
				Peak current		12.0	A
Mass moment of inertia		0.290	kgcm ²				
Gear		EMGA-60-P-G5-SST-57					
Gear transmission ratio			5:1				
Efficiency factor		97	%				
Mass moment of inertia		0.078	kgcm ²				

Figur 57. PositioningDrive, side 5

PositioningDrive ga direkte ut produktkodene til de forskjellige produktene, herfra kan man gå inn å se på spesifikke detaljer som:

- Gir ratio med virkningsgrad.
- Driver spenning, maksstrøm og effektforbruk. Dette må brukes videre når for eksempel tilførsel til verktøyvekslersystemet skal kalkuleres for sikringsstørrelse.

Som vi kan se er «holding torque», altså det momentet som motoren klarer å motstå 0,4Nm. Dette er langt innenfor spesifikasjonen som står i tabell (tab. 11) hvor de ønskede spesifikasjonene til motoren er beskrevet.

Gjennom PositioningDrive kan det eksporteres et prosjekt. Dette vil bli gjort og lagt ved som vedlegg til oppdragsgiver slik at all informasjon om valgt utstyr ligger tilstede.

Design

7.2.4. Utvidet informasjon på valgte produkter for verktøyveksler

For å få en bedre forståelse for de forskjellige produktene som har blitt valgt til verktøyveksleren, vil disse bli gått igjennom i dette kapittelet. Det skal sies at lineær føringene og motorene er standardprodukter med standard spesifikasjoner, mens valget av digitalt styrete eller Profibus styrete drivere må gås nærmere inn på.

Motorstyringsenheter – Drivere

I underkapittelet 7.2.3 *Motorstyringsenheter – Drivere*, er det gått igjennom en grunnleggende beskrivelse på hva en driver er og dens funksjon i systemet. I dette underkapittelet vil det bli sett nærmere på hvilke drivertype som burde velges med tanke på kostnader, og hvordan oppkoblingen er for hver av drivertypene. For dokumentasjon til oppdragsgiver vil det foreligge manualer på alle komponenter som driverne bruker på en CD eller minnepenn som følger med prosjektpermen, dette gjøres så det skal bli enklere for oppdragsgiver å finne de forskjellige brukermanualene på produktene, samt oppsett for posisjonering etc. Bedriften Festo har gitt et tilbud om å komme å hjelpe oppdragsgiver med oppsettet på driverne når verktøyveksleren er implementert på EDM-maskinen, med tanke på at det kan være komplisert å sette disse opp uten de rette forutsetningene.

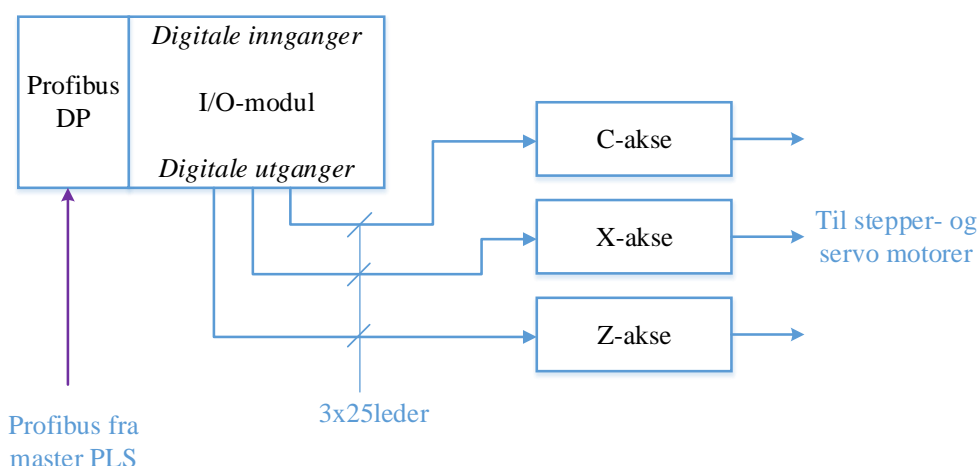
Med tanke på at verktøykontrollsystemet er kompatibelt med Profibus, velges det å se på Profibus løsninger for styresystemet. Festo har to forskjellige driver typer, som enten kan styres digitalt eller via Profibus. Det er derfor hensiktsmessig å se på disse to drivertypene.

Det gås derfor gjennom et overordnet oppsett av de to forskjellige driverne, samt en kostnadsvurdering på digitalt styrt driver mot Profibus basert driver.

Design

Digitale drivere

Figur (fig. 58) viser et overordnet oppsett for en digital driver hvor driverne styres via den digitale I/O-modulen til PLS-systemet. Hver av kablene til driverne må inneholde 25 ledere for å kunne styre de forskjellige applikasjoner som driverne inneholder. Noen av disse applikasjonene er innganger som start, stopp, enable, reset og utganger som bevegelse ferdig, pause, alarmer med mer.



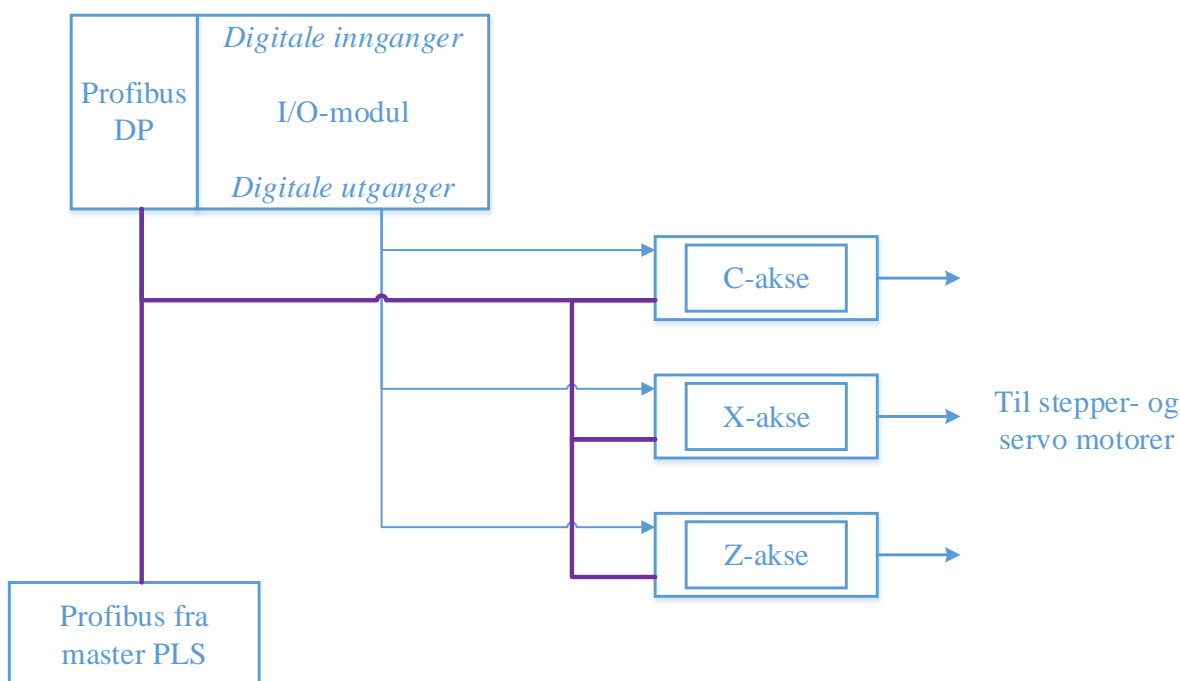
Figur 58. Representasjon av digital motorstyringsenhet - Driver

Noen av inn- og utgangene på driverne kan neglisjeres hvis ønskelig, men dette vil resultere i manglende applikasjoner, som kan hemme optimalisering eller liknende i fremtiden. Bakgrunn for å neglisjere noen av inn- og utgangene på driverne, er for å spare plasser på styresystemet, hvor det må implementeres $3 \times 25 = 75$ plasser for inn- og utganger.

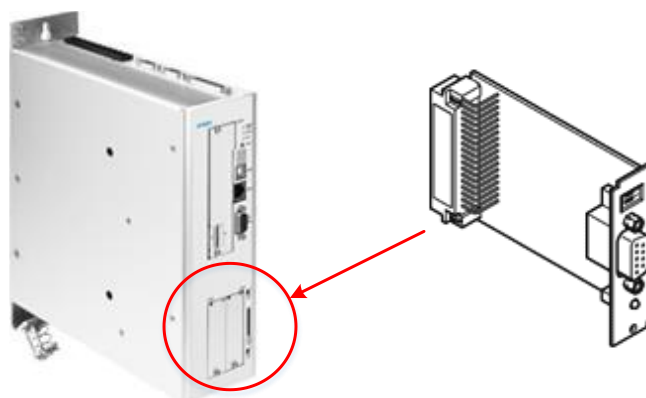
Profibus drivere

Figur (fig. 59) viser et oppsett for Profibus styrete drivere. Som man kan se kreves kun en digital utgang fra I/O-modulen, denne utgangen kobles sammen for alle tre drivere og brukes til å «enable» driverne, som kan sees på som en aktivering. Videre settes driverne opp via Profibus, og programmereren har tilgang til alle applikasjoner som driverne har over kun en kabel. Som nevnt i underkapittelet om digitalt styre drivere, er Profibus driverne noe dyrere, og dette er fordi det må kjøpes en Profibus modul, som monteres i en slott på driverne, se figur (fig. 60) for illustrasjon av slott og Profibus modul.

Design



Figur 59. Representasjon av motorstyringsenhet - Driver med Profibus



Figur 60. Illustrasjon av driver med slot på høyre, og Profibus kort på venstre

Kostander

Hvis verktøykontrollsystemet ikke skulle blitt implementert inn i prosjektet, hadde mest sannsynlig digital styring av driverne vært mest lønnsomt. Men siden prosjektet må implementere Profibus for kommunikasjon mellom verktøyvekslerens styresystem og verktøykontrollsystemet, vil det være både hensiktsmessig og lønnsomt å bruke Profibus. Prisforskjellen på digital- og Profibus basert driver ligger på rundt 1500 kroner per driver, og dette betyr at den totale summen er neglisjerbar. Videre sparer oppdragsgiver seg for mange installasjonskabler og termineringer i skapet, fordi Profibus kun er en enkel kabel. For oppkobling av driver, se teknisk tegningsunderlag for verktøyveksler i *Konstruksjon*.

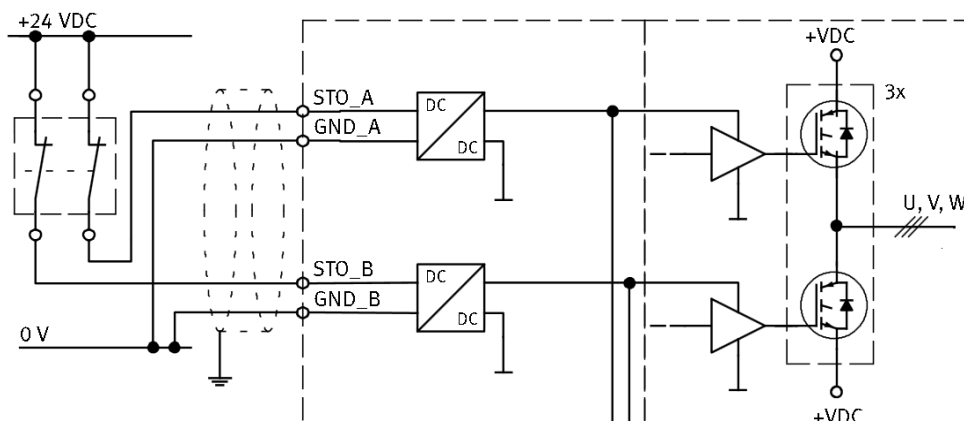
Design

Etter at prosjektgruppen kom frem til at Profibus baserte drivere er den beste løsningen for dette prosjektet, kontaktet prosjektgruppen KTT for å få en tredjeparts mening.

Konklusjonen fra dette er at Profibus anbefales på det sterkeste fra KTT med tanke på tilgjengelighet, funksjonalitet og pris.

Sikkerhetsløsning for drivere

Det er som nevnt stort fokus på sikkerhet, og prosjektgruppen har sett på ulike sikkerhetsmetoder for å stoppe lineær føringene ved eventuelle hendelser. Driverne som prosjektgruppen har valgt har to tilgjengelige slotts, en til Profibus og en til andre typer applikasjoner. Dette betyr at det kan implementeres en sikkerhets modul som kalles STO, som står for «Safety Torque Off». STO-en brukes altså for utkobling av driverne ved farlige situasjoner eller hendelser, og må kobles opp mot driverne ved hjelp av releer. På figur (fig.x10) kan man se en oppkobling av STO-funksjonen og dens funksjon. For å bruke STO-funksjonen må man tilføre 24VDC inn på inngangen til modulen. Så lenge modulen er høy, altså får 24VDC fra nødstopps sløyfen, vil driverne fungere normalt. Men med en gang nødstoppen trykkes inn og sløyfen brytes, mister STO-modulen høy signalet sitt, og H-bruen som styrer servo/stepper motorene stopper. H-bru signalet til motorene skal brytes i løpet av 10ms, og med tanke på at ingen av komponentene til verktøyveksler har hurtige bevegelser, sees dette på som tilfredsstillende.



Figur 61. Representasjon av STO oppkobling og funksjon

For oppkobling av STO-modulen mot nødstopps sløyfen, se *Konstruksjon*.

Design

7.2.5. Sensorer

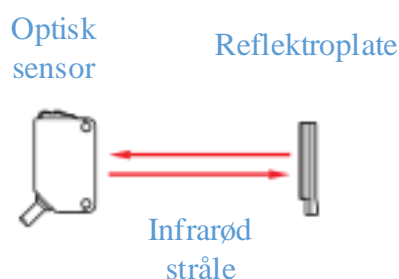
Det må installeres flere sensorer på EDM-maskinen som tilhører verktøyvekslersystemet. Disse sensorene relateres både til styring av verktøyvekslerprosessen, men også til sikkerhet.

Tårnposisjon

Det vil bli implementert en sensor for tårnposisjon som skal overvåke posisjonen til EDM-maskinens tårn. Tårnposisjonen er avgjørende for at styresystemet til verktøyveksleren skal vite hvilke prosess EDM-maskinen befinner seg i, og her finnes det to muligheter; enten pågår eroderingsprosessen, ellers står EDM-maskin klar for verktøyvekslerbytte.

Posisjonssensoren vil derfor fortelle styresystemet til verktøyveksleren om hvilke posisjon tårnet har, og derfra kan styresystemet følge opp med programmerte instruksjoner.

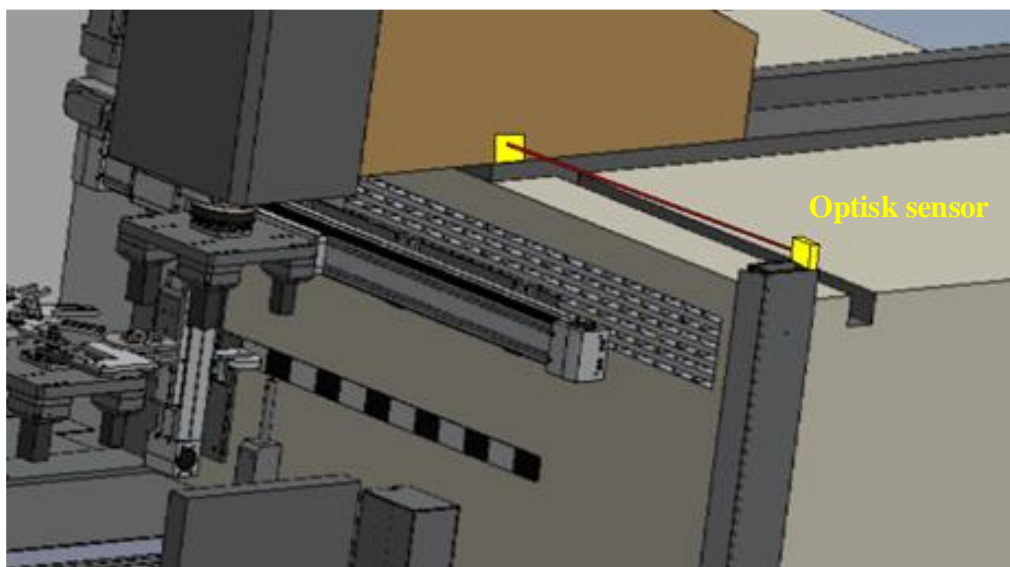
Det er mange ulike måter å måle denne posisjonen på, og prosjektgruppen har sett på flere muligheter. Den muligheten som skiller seg mest ut er bruk av en optisk sensor med retroreflektiv plate, også kalt reflektor. Det kunne vært benyttet en vanlig endrebryter som posisjonssensor, men med denne er det et par negative aspekter. Hvis tårnposisjon må endres i fremtiden og det benyttes en endrebryter, må denne fysisk flyttes og det må lages nye monteringshull etc. Med den optiske sensoren er det kun reflektorplaten som må flyttes, og denne kan enkelt festes med en bolt eller en borrelås anordning. Se figur (fig. 62) for illustrasjon av sensor og reflektorplate.



Figur 62. Illustrasjon av fotosensor med reflektor

Den optiske sensoren monteres på beskyttelsesbarrierens ramme og reflektorplaten monteres på en spesifikk posisjon som stemmer overens med tårnposisjon når systemet er klart for verktøyveksling. For illustrasjon av montasje, se figur (fig. 63).

Design

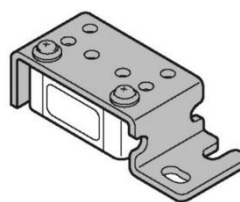


Figur 63. Illustrasjon av monteringsplass for den optiske sensoren og reflektorplate

Se figurene (fig. 64) og (fig. 65) for illustrasjon av sensor og monterings-brakett.

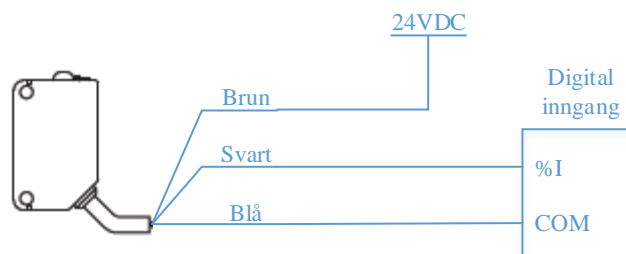


Figur 64. Sensor med reflektor



Figur 65. Monteringsbrakett

På figur (fig. 66) kan man se en oppkobling av den optiske sensoren mot Siemens PLS-ens inngangsmodul. Oppkoblingen er «Sink» koblet, og dette er fordi sensoren har PNP elektronikk som også kan sees på som positiv logikk. Videre betyr dette at når sensoren blir logisk høy, sendes det inn 24VDC inn på PLS-en.



Figur 66. Illustrasjon for oppkobling av optisk sensor

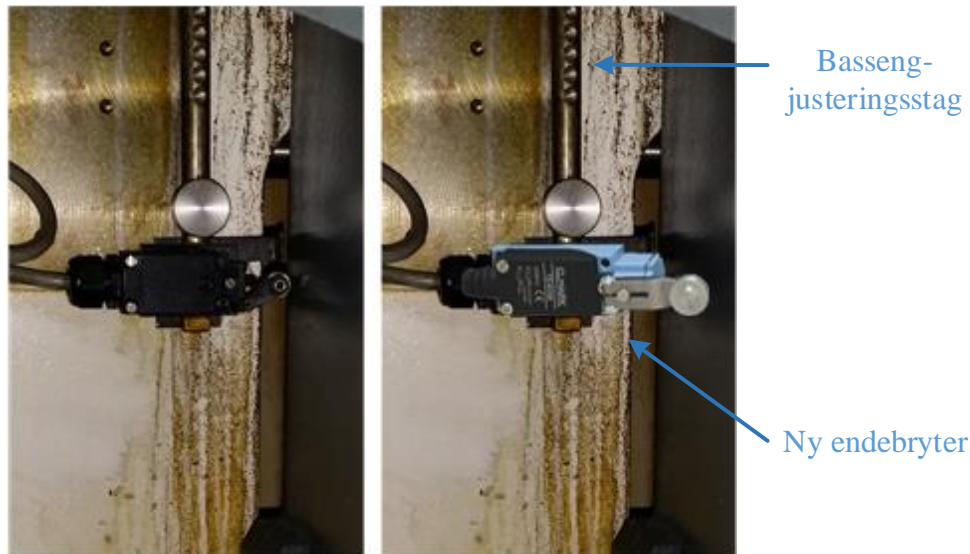
Design

Bassengposisjon

Det vil bli implementert en sensor for posisjon til eroderingsbasseng. Denne sensoren vil sammen med tårnposisjonssensoren bli brukt som en sikkerhetsbarrierer for styresystemet, hvor det vil være to sensorer som forteller styresystemet at EDM-maskinen er klar for verktøyvekslingsprosessen.

Videre kan denne sensoren bli brukt til en sekvensinstruks som forteller styresystemet at når eroderingsprosessen er ferdig, altså basseng i lav posisjon, samt når tårnposisjon er i riktig posisjon for verktøyveksling, kan verktøyvekslerprosess skje utenom at operatør må aktivere sekvensen.

Det finnes i dag endebrytere som forteller EDM-maskinens styresystem om bassenget er i høy eller lav posisjon. Disse benytter signalformen 24VAC, noe som ikke er kompatibelt med styresystemet til verktøyveksleren. Det må derfor implementeres en ny endebryter for bassengposisjonen, men denne kan monteres på samme plass som eksisterende endebryter. Se figur (fig. 67) for plassering av endebryter.



Figur 67. Montering av endebryter

Som en kan se på figur (fig. 67) vil endebryteren bli montert på utsiden av den eksisterende endebryteren, noe som vil gi lik tilbakemelding som den eksisterende endebryteren.

Oppkoblingen av endebryteren kan sees i dokumentasjonen for elektrotekniske tegninger i *Konstruksjon*.

Design

8. Beskyttelsesbarriere

I kapittel 7: *Verktøyveksler* ble det forklart hvordan prosjektgruppen har valgt å designe verktøyveksleren. Før verktøyveksler kan tas i bruk må det noen sikringsanordninger på plass. Krav BSVV_01 spesifiserer at beskyttelsesbarrieren skal beskytte operatøren under drift av EDM-maskin. I tillegg spesifiserer krav SK_01A at beskyttelsesbarrieren skal være 180 cm over gulv-plan når EDM-maskinen er i drift.

Det er allerede nevnt i dokumentet, se *Konsept*, at det finnes en beskyttelsesbarriere for dagens EDM 5129 maskin. Det er også nevnt at dagens sikkerhetssystem er utkoblet siden beskyttelsesbarrieren er utslitt. Derfor har prosjektgruppen designet en ny beskyttelsesbarriere.

8.1. Maskinteknisk

Dette delkapittelet tar for seg hvordan prosjektgruppens maskinstudenter har designet en ny løsning for beskyttelsesbarrieren.

8.2. Modell

Modellen er utarbeidet etter samtaler med AluFlex System AS, Festo Norge og Sandnes Glassindustri & speilfabrikk EFTF ANS.

Prosjektgruppen har benyttet seg av AluFlex sitt FlexFit skinnesystem slik at beskyttelsesbarrieren kan bevege seg i vertikale retning. Siden skinnesystemet kan bestilles direkte fra AluFlex så var ikke prosjektgruppen avhengig av å tegne komponenten inn i SolidWorks. Det finnes CAD-filer åpent på nettsidene deres[5].

Videre har prosjektgruppen sett på ulike løsninger for heisemekanisme for beskyttelsesbarrieren. Krav BEVV_02 spesifiserer at beskyttelsesbarrieren skal ha en stabil opp- og nedkjøring, og systemkravet SK_16 spesifiserer at det skal skje innen 5 sekunder. Heisemekanismen for beskyttelsesbarrieren krever derfor en automatisk løsning. Etter et bedriftsmøte i Oslo hos Festo mandag 27.04.2015, så fikk prosjektgruppen råd om å benytte seg av deres DGC-K system. Ved hjelp av pneumatikk så vil beskyttelsesbarrieren bli hevet eller senket automatisk. Det er tidligere nevnt i underkapittel 7.1.2: *Lineær føring*, *xz-akse* at prosjektgruppen fikk utdelt en egen brukerkonto til deres nettsider for å nedlaste CAD-filer[4].

Design

Som nevnt over spesifiserer krav BSVV_01 at beskyttelsesbarrieren skal beskytte operatøren under drift av EDM-maskin. Prosjektgruppen tok kontakt med bedriften Sandnes Glassindustri & speilfabrikk for å få veiledning ved bruk av pleksiglass som beskyttelsesbarriere.

Odd Arild Seljeskog som er prosjektgruppens kontaktperson anbefalte å bruke polykarbonat Lexan safir. Det tåler sterke væsker og Lexan safir har mer slitesterke overflater.

Beskyttelsesbarrieren som er konstruert er delt inn i to hoveddeler for EDM-maskin 5129. Disse delene er:

- En fast del som skal beskytte operatøren fra den roterende elektrodeholderen. Det er her en innlastingsluke slik at operatøren kan laste inn og hente ut elektrodeholdere.
- En stillbar del som kan heves og senkes for tilgjengelighet i EDM-maskinen. Dette er nødvendig da operatøren skal beskyttes fra damp, sprut eller lignende mens eroderingen er i gang, men må også laste inn og ut vanes fra fiksturet.

For enklere å kunne forklare litt om disse delene blir de delt i to forskjellige underkapitler.

Fast beskyttelsesbarriere

Den faste delen av beskyttelsesbarrieren skal som nevnt være barrieren mellom operatør og roterende verktøyholder. For å unngå klemskader eller lignende skal denne barrieren dekke hele konstruksjonen, samt tilfredsstille kravet SK_01B som sier at høyden på den faste delen av beskyttelsesbarrieren skal være 180 cm fra gulv. Konstruksjonen består av to deler og festemateriell:

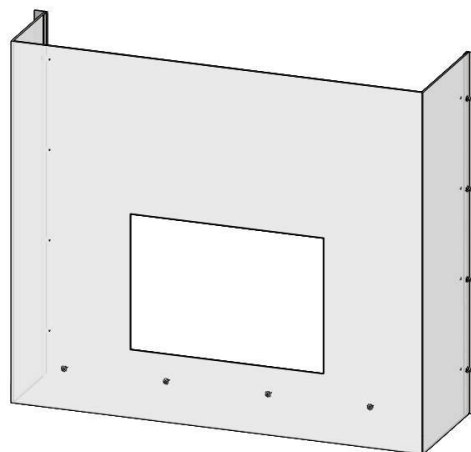
- Fast pleksiglass med en tykkelse på 4 mm. Materialet er valgt til polykarbonat lexan på oppfordring fra Odd Arild Seljeskog
- To vinkler som er bøyd til (2 mm stålplate)
- Festemateriell bestående av nedsenkede skruer for festing av barrieren og vinkler, og unbrako skruer for å feste barrieren til rammeverket. Det brukes også låsemuttere på barrieren da denne ikke skal demonteres

Design

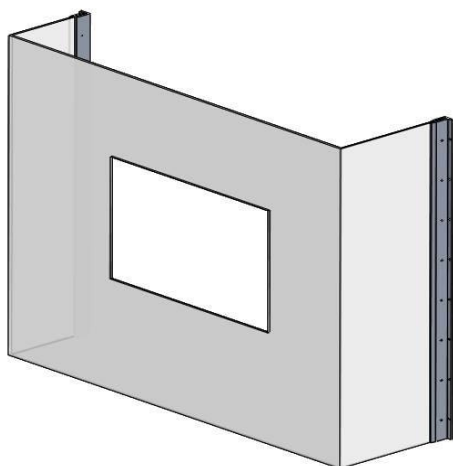
Fra leverandør sammenføres tre individuelle deler av polykarbonat lexan med lim før hull kan måles opp og borres. Videre så festes vinkelen til barrieren med nedsenkede skruer og låsemuttere. Denne metoden benyttes da det ikke vil være behov for å demontere disse delene senere. Avslutningsvis monteres hele barrieren til rammeverket. Via fire skruer på hver side festes barrieren til rammeverket for lineærføringene og rammeverket til den roterende elektrodeholderen.

Som en ekstra festing for å oppnå god stivhet i barrieren skal den også skrues fast i utbyggingen (bordet) via fire nedsenkede skruer. Den faste delen av barrieren er vist på figuren (fig. 68).

På samme måte som den stillbare barrieren ble det utviklet flere designløsninger for den faste barrieren. Prosjektgruppen begynte med å se på aluminiumsprofiler som var tilpasset en barriere med en tykkelse på 8 mm. På grunn av prisen på polykarbonat lexan, samt kostnadene knyttet til ekstrudering av aluminiumsprofiler valgte prosjektgruppen å gå bort fra denne løsningen til fordel for den endelige løsningen. Det første utkastet er vist i figur (fig. 69).



Figur 68. Fast barriere



Figur 69. Fast barriere - utkast

Design

Bevegelig beskyttelsesbarriere

Den bevegelige delen av beskyttelsesbarrieren er konstruert med komponenter fra eksterne leverandører og deler som prosjektgruppen selv har designet. Komponentene som inngår i bevegelig beskyttelsesbarriere er:

- Komponenter fra ekstern leverandør
 - Pneumatisk stempel (DGC-K – 25-800GK)
 - Festeskinne til pneumatisk føring (MUP-18_25), 4 stk.
 - Vogn (Slider-FCC1529C3SS-AluFlex), 4 stk.
 - Skinne (Rail-FFR1529SS1700-50_50-AluFlex), 2 stk.
 - Festemateriell
- Komponenter fra prosjektgruppen
 - Sammenstilling_Stillbar_Barriere
 - Sammenstilling_Ramme_Barriere
 - Sammenstilling_Rammeverk_For_Pneumatisk_Sylinder
 - Beskyttelsesdeksel_Rammeverk_Barriere
 - Beskyttelsesdeksel_Rammeverk_Verktoyholder
 - Sammenstilling_Beskyttelse_Pneumatisk_Foring

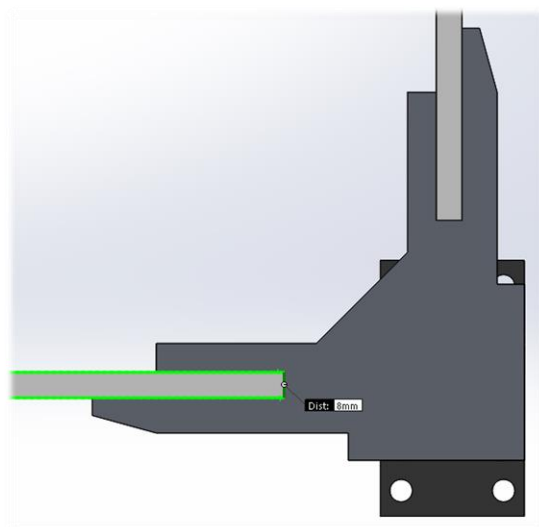
Alle komponenter som er listet opp her kan finnes i dokumentet, se *Konstruksjon*, da som sammenstillinger og del-filer. Det ligger også ved en monteringsveiledning for hjelp, se *Monteringsanvisning*.

Selve beskyttelsesbarrieren er pneumatisk styrt, og guides via et skinneresystem. Dette skinneresystemet er levert av AluFlex, og består av skinner som er montert på rammeverket, og vogner som er montert på barrierens stålprofiler. Siden det er flere krav som går på sikkerheten rund EDM-maskinen, er det flere krav som prosjektgruppen har hatt som utgangspunkt når barrieren ble konstruert. Det er blant annet konstruert beskyttelsesdeksler for å hindre at fingre kommer i klem under kjøring av barrieren, noe som bidrar til å tilfredsstille kravet BSVV_03/SK_03. Barrieren skal også kjøres opp til en høyde på 180 cm til overkant barriere for å tilfredsstille kravet SK_01A, noe prosjektgruppen har tatt høyde for når barrieren ble designet.

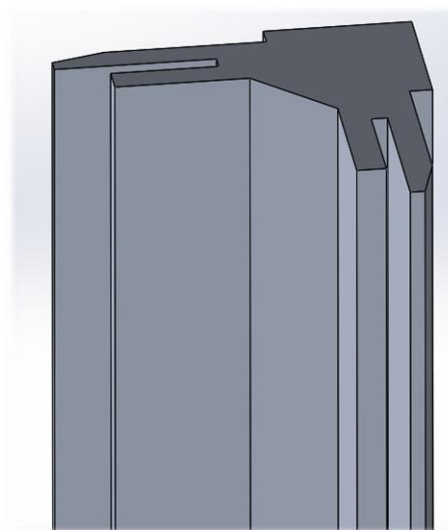
Design

Begge pleksiglassene som blir benyttet i konstruksjonen er av materialet polykarbonat lexan safir. Dette ble valgt etter samme anbefaling som for den faste barrieren.

Det første utkastet som ble utarbeidet for den stillbare beskyttelsesbarrieren ble forkastet da designet av komponenter gjorde produksjonen kostbar. Valget av å bruke 8 mm tykt pleksiglass bidro til at aluminiumsprofilene som pleksiglasset skulle monteres i ble store og tunge, noe som ville resultert i en stor kostnad da profilene måtte ekstruderes. I tillegg til dette ble det også valgt ut et pneumatisk stempel for heving og senkning av barrieren. Dette stampelet var ikke egnet til prosjektgruppen bruk da det viste seg avstivningen av selve stampelet ville bli problematisk, samt at barrieren, slik den var montert, kunne kollidere med stampelet under senkning av barrieren. Det første utkastet av barrieren er vist på figurene (fig. 70 og fig. 71) under:



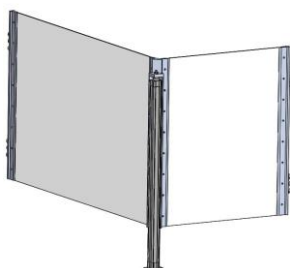
Figur 70. Bevegelig barriere - utkast 1



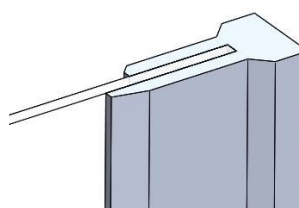
Figur 71. Bevegelig barriere - utkast 1(2)

Design

Etter dette utkastet fikk prosjektgruppen anbefalt å bruke en tynnere beskyttelsesbarriere da det ikke var nødvendig å ha en 8 mm tykk barriere. Modellen som prosjektgruppen arbeidet med videre baserte seg også på det å bruke aluminiumprofiler, men på samme måte konkluderte prosjektgruppen med at dette ville føre til høye produksjonskostnader. Det ble også besluttet å bruke en annen pneumatisk føringer etter møte med Festo 27.04.2015. Under er det illustrert hvordan sammenstillingen for det andre utkastet så ut, samt et hjørneprofil, se figurene (fig. 72 og fig. 73).

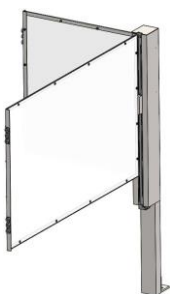


Figur 72. Bevegelig barriere - utkast 2



Figur 73. Bevegelig barriere - utkast 2(2)

Det endelige resultatet av den stillbare barrieren er vist på figuren (fig. 74) under. Her blir det som nevnt brukt vinkelstål i en ytre ramme for å holde pleksiglasset. Pleksi og vinkelstål er skrudd sammen med M6 nedsenkede bolter og M6 låsemuttere. Dette gjøres da barrieren ikke skal demonteres. Videre så skal de festes på fire vogner (Slider-FCC1529C3SS-AluFlex) på vinklene i hjørnet. Disse festes med M5 x 16 knapphode skruer og M5 låsemuttere for å forsikre at de ikke løsner. Som en siste del skal det brukes en festekloss mot sylindren. Denne klossen maskineres ut via produksjonstegninger, se *Konstruksjon*. Videre sammenstilling av den stillbare barrieren er beskrevet i *Konstruksjon* med tilhørende *Monteringsanvisning*.



Figur 74. Stillbar barriere

Design

Rammeverk

En viktig del av beskyttelsesbarrieren er rammeverket. Foruten å holde de større konstruksjonene som den roterende elektrodeholderen og sammenstillingen av de lineære føringene, skal barrierens komponenter også festes i rammeverket. I dette underkapittelet velger prosjektgruppen å ikke spesifisere mye rundt rammeverket for føringene eller den roterende elektrodeholderen da disse blir forklart i kapittel 7.1.2: *Lineær føring, xz-akse* og kapittel 7.1.3: *Roterende elektrodeholder, c-akse* i underkapittel: *Rammeverk*. Det eneste som skal nevnes er at den stillbare barrierens skinnesystem skal festes via 11 nedsenkede skruer til rammeverket som holder den roterende elektrodeholderen, og rammeverket som er tiltenkt selve barrieren.

Som et ekstra rammeverk har prosjektgruppen valgt å feste den pneumatiske føringen i et rektangulært stålrør for god stivhet.

Beskyttelse

For å sikre operatør fra å få fingre i klem har prosjektgruppen designet beskyttelsesdeksler som skal monteres på rammen. Dette gjelder for:

- Ramme for verktøyholder
- Ramme for barriere
- Ramme for pneumatisk sylinder

Beskyttelsesdekselet er laget av 2 mm tykke stålplater som er bøyd til etter mål fra 2D tegninger. Beskyttelsen til den pneumatiske føringen skal sveises sammen før den kan festes på rammeverket. Alle beskyttelsesdeksler er forboret med 2 mm hull som skal fungere som guide for selv-borende skruer når dekslene festes til rammeverket.

Design

8.3. Elektroteknisk

8.3.1. Påvirkning av krav

Beskyttelsesbarrieren er som nevnt designet for å beskytte operatøren mot eroderingsprosessen, men også mot bevegelige deler på EDM-maskinen. Med tanke på at prosjektgruppen implementerer et nytt utstyr med flere bevegelige deler, sees beskyttelsesbarrieren på som en kritisk del av konstruksjonen. Prosjektgruppen har som ved de andre systemene, egne sikkerhets- og brukerkrav som må tilfredsstilles for at maskinen skal bli VE-godkjent, men også for å tilfredsstillе oppdragsgiver.

Overordnet brukerkrav

For at verktøyvekslersystemet som prosjektgruppen designer skal bli CE-godkjent, overordnet brukerkrav **OB_02**, må det foreligge sikkerhetsbarrierer som beskytter mennesker. Ved å bygge om til en automatisk beskyttelsebarriere, vil personer som jobber på og rundt EDM-maskinen være beskyttet til enhver tid, noe som er tilfredsstillende for CE-kravene. Denne forklaringen er kun tilfredsstillende hvis beskyttelsesbarrieren brukes riktig, altså i høy stilling under erodering- og verktøyvekslerprosess.

Sikkerhetskrav

Sikkerhetskravet **BSVV_01** beskriver kravet til hvordan beskyttelsesbarrieren skal benyttes, og som nevnt tidligere, skal den stå i høy stilling under erodering- og verktøyvekslerprosess. Bakgrunnen for dette er generelle sikkerhetskrav hos oppdragsgiver, men også for å få en komplett CE-godkjenning av EDM-maskinen. Hvis beskyttelsesbarrieren av en eller annen grunn står i senket stilling under en av prosessene nevnt ovenfor, beskriver sikkerhetskravet **BSVV_05** at verktøyvekslerprosessen skal gå med redusert hastighet, den spesifikke hastigheten er vanskelig å definere uten å se på det fysiske systemet. Prosjektgruppen har derfor gjennom systemkravet **SK_05** beskrevet at vekslerprosessen skal ha en redusert hastighet på minimum 50% av normal drift hastighet. Det er allikevel anbefalt fra prosjektgruppens side å aldri kjøre nevnte prosesser med beskyttelsebarriere i senket stilling på grunn av gasser, sprut og bevegelige deler.

Design

Elektrokrav for beskyttelsebarriere

For at mennesker og maskin skal være sikret mot bevegelige deler, sier kravet **BEVV_02** at barrieren skal ha en stabil opp- og nedkjøring. Dette er så operatør eller objekter ikke skal skades eller skremmes av deler med høye akselerasjoner. Det vil derfor også bli implementert sikkerhetsanordninger som sikrer posisjon til barriere hvis systemene mister tilførsel av pneumatikk eller strømtilførsel. Mer om dette i senere kapittel.

Videre skal beskyttelsesbarrieren, gjennom kravet **BSVV_03**, gi styresystemet tilbakemeldingen om den er i heiset eller senket stilling. Dette skal implementeres slik at styresystemet vet at for eksempel verktøyveksler-prosessen skal gå i redusert hastighet etter systemkravet **SK_05**. Det er et ønske fra oppdragsgiver å implementere styringen av beskyttelsesbarrieren inn i EDM-maskinens styresystem, men på grunn av kompleksitet og at dette kravet har en prioritet C, blir dette sett bort ifra. Det er videre ønskelig fra oppdragsgiver å kunne styre beskyttelsesbarrieren manuelt fra operatørstasjonen. Dette er noe som vil bli implementert i styresystemet, og det vil ikke bli sett på løsninger for overkjøring av styresystem signaler med pneumatikk.

8.3.1. Komponentvalg og dimensjonering

For valg av komponenten som skal heise og senke beskyttelsesbarrieren, må prosjektgruppen først bestemme seg for hvordan utstyret skal styres, og med dette menes om det skal brukes pneumatikk eller elektroutstyr. Med tanke på kostnader og at det er et pneumatisk uttak med 6,5Bars trykk tilgjengelige ved EDM-maskinen, velges det en pneumatisk løsning. En pneumatisk løsning er en billig, driftssikker og enkel løsning som vil tilfredsstille oppdragsgivers ønsker. Det er også enklere å implementere sikkerhetsanordninger på pneumatikk, hvor enn kan «låse av» luft slik at systemet står med trykk selv om lufttilførsel har forsvunnet. Mer om dette i senere kapittel. Det vil først bli gått igjennom to forskjellige pneumatikk komponenter og dimensjonering.

Aktuator

Det finnes forskjellige type pneumatiske aktuatorer som kan brukes til denne type prosess. Men de to hovedtypene som prosjektgruppen har kikket på er en pneumatisk sylinder og en pneumatisk føring, den pneumatiske føringen likner på lineær føringene som blir brukt til verktøyvekslerprosessen. Det kan velges mellom enveisstyrt sylinder med fjær som tilbakeslag, eller man kan velge en toveisstyrt, hvor enn bruker luft for å styre aktuatoren i

Design

begge retninger. Prosjektgruppen velger toveisstyrt, selv om dette er noe dyrere, fordi dette vil gi mer kontroll over heise-senke hastighet.

Pneumatisk sylinder

En pneumatisk sylinder bruker en sylinder, et stempel, to inngangsporter og et stag for å gjøre om pneumatisk trykk til mekanisk bevegelse. Figur (fig. 75) illustrerer en pneumatisk sylinder fra Festo. Denne styres ved hjelp av en solenoid ventil for å bestemme hvilke inngangsport luften skal sendes til, mer om solenoid ventilen senere i kapitlet. Hvis luften sendes til inngang 1 vil staget bevege seg utover, og hvis luften sendes til inngang 2 vil staget bevege seg tilbake til utgangsposisjon. Forseglingen er montert slik at trykket inne i sylindern ikke skal lekke ut, som vil forårsake feil posisjon på staget.



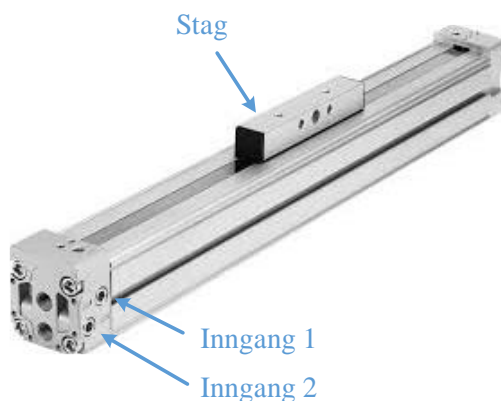
Figur 75. Pneumatisk sylinder

Prosjektgruppen startet med å se på denne type aktuator som en løsning for heise-senke mekanisme til beskyttelsesbarrieren. Etter noen runder med design i SolidWorks og samtaler med Festo, fant prosjektgruppen ut at det burde velges enn annen løsning på grunn av ustabilitet i opp- og nedkjøring.

Design

Pneumatisk føring

Den pneumatiske føringens innmat er bygd opp på samme måte som den pneumatiske sylindren, men selve stag anordningen er noe forskjellig, se figur (fig. 76).

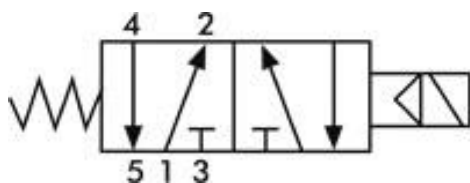


Figur 76. Pneumatisk føring

Som man kan se på figur (fig. 76) vil denne type aktuator tåle høyere momentbelastning enn sylindren. Dette er fordi den pneumatiske føringen går på lagerføringer som fungerer som guider, og dette har ikke den pneumatiske sylindren. Det velges derfor å se videre på føringen.

Solenoid ventil – Magnet ventil

Solenoid ventilen, også kalt magnet ventil, er en ventil som styres av en solenoid. Sylindren har en tvinnet spole rundt seg, og når spolen blir introdusert for en strøm genereres et magnetfelt rundt spolen, sylindren vil dermed forflytte seg ut av spolens område på grunn av magnetfeltet. Når strømmen forsvinner fra spolen, vil en fjær presse sylindren tilbake til utgangsposisjon. Sylindren som forflytter seg, er montert i en ventilblokk, hvor det er frest ut baner som luften kan strømme gjennom. Sylindrestaven har også utfreste spor som gjør at banene enten er «åpne» eller lukket, se figur (fig. 77) og (fig. 78) for illustrasjon.



Figur 77. Teknisk illustrasjon av 5/2 ventil



Figur 78. Illustrasjon av valgt ventil

Oppkobling av 5/2 ventilen, se elektroteknisk dokumentasjon i dokumentet *Konstruksjon*.

Design

Dimensjonering

Det er viktig å dimensjonere den pneumatiske føringen slik at den tåler belastningen den utsettes for, samt at den faktisk klarer å løfte beskyttelsesbarrieren. Beskyttelsesbarrieren veier i dag 13kg. Det velges og legges på 2kg for en sikkerhetsmargin, og denne verdien må brukes videre for å forsikre at dimensjoneringen blir korrekt.

- Når man skal dimensjonere en pneumatisk sylinder/føring, skiller vi mellom statisk og dynamisk belastning. Statisk last er når sylindren står stille under arbeidsprosessen, for eksempel ved fastspenning av et arbeidsstykke eller ved liming.
- Dynamisk last er hvis sylindren er i bevegelse når den utfører arbeidet, for eksempel ved skyvning eller heising.

Når man dimensjonerer en sylinder under dynamisk last er det viktig å tenke på at luftstrømmen inn og ut av sylindren gir trykktap sammen med friksjonstapet. Det vil dermed bli et trykktap over selve aktuatoren, samt i slanger og koblinger. Jo større gjennomstrømning vi har, jo større trykkfall vil vi få over aktuator og tilkoblinger. Dermed må dimensjoneringen av slanger og koblinger også tilpasses systemet.

Gjennom forslag fra Festo og personlige anbefalinger, dimensjoneres slanger og tilkoblinger til 6mm. Med tanke på at beskyttelsesbarrieren ikke skal bevege seg hurtig, samt at belastningen på føringen ikke er stort, sees denne størrelsen på som tilfredsstillende.

Det er viktig å huske på å overdimensjonere systemer slik at den langvarige belastningen ikke skader utstyret. Samt når pneumatisk utstyr skal bevege seg sakte, er det nødvendig med en overdimensjonering. Det velges derfor å legge til 20% på minimumsdimensjoneringen.

Arbeidstrykket hos oppdragsgiver er 6,5Bar.

Design

Minimumsstørrelse

1. Vekt på beskyttelsebarriere:

Vekten settes til 15kg, dette regnes videre om til Newton og blir en belastning på 148N.

2. Beregning av minimumsareal på stempel:

$$F = A * p \quad , A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

F: Kraft [N], A: Areal [m²], p: Trykk [Pa]

$$A = \frac{F}{p} = \frac{148N}{650000Pa} = 0,0002277m^2$$

$$d = \sqrt{A * \left(\frac{4}{\pi}\right)} = \sqrt{0,0002277 * \left(\frac{4}{\pi}\right)} = 0,017m \approx 17mm$$

3. For å overkomme vekten til en beskyttelsebarriere på 15kg med 6,5Bar lufttrykk, må diameteren på det pneumatiske stemplet være minimum 17mm.

4. 20% dimensjonering:

$$17mm * 20\% = 20,4mm$$

Ny minimums diameter på stempel: 20,4mm, 6Bar.

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * 0,0204^2}{4} = 0,000327m^2 \approx 3,27cm^2$$

$$F = p * A * 10 = 6,5Bar * 3,27 * 10 = 208N$$

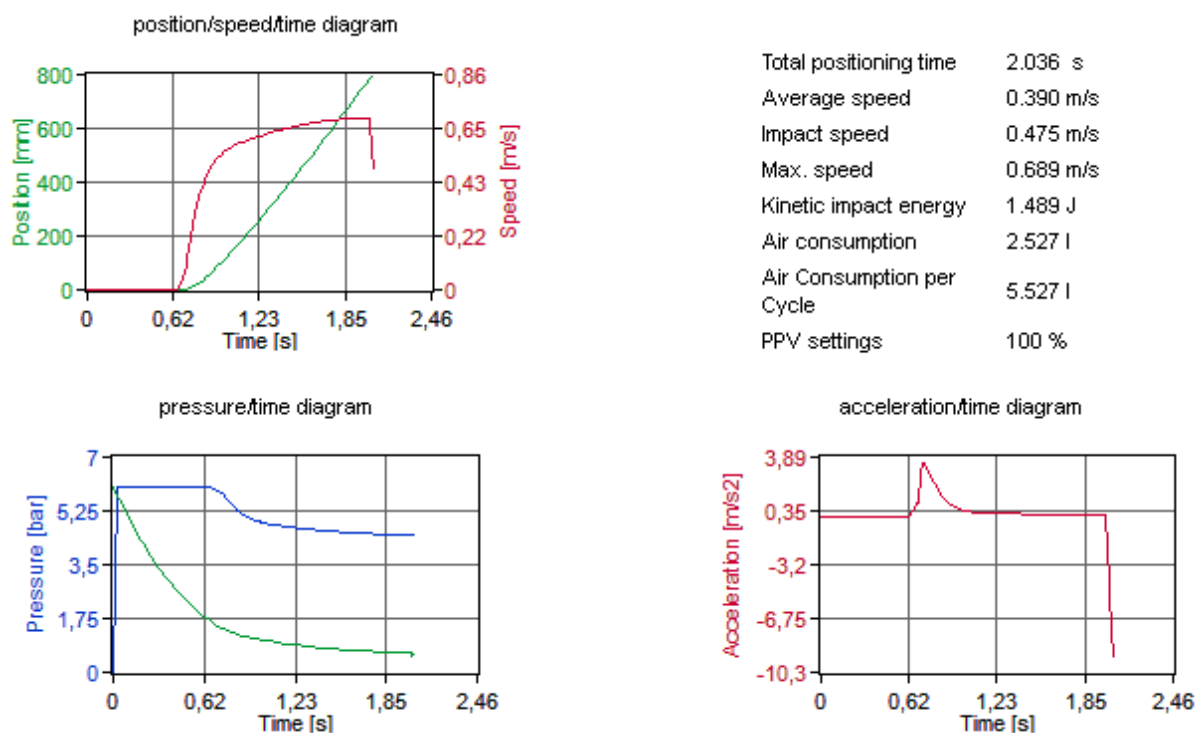
20% dimensjonering gir at sylindere takler en vekt tilsvarende 208N eller 21,2kg.

Design

Konklusjon

Som enn kan se på utregningene over er den pneumatiske føringen med 20% overdimensjonering godt innenfor kravet med tanke på belastning. Det velges derfor føringstype DGC-K-25-800-PPV-A-GK.

Videre har Festo har et kalkulasjonsprogram som viser data for føringens posisjon, posisjonstid og mer. Dette bygger under konklusjonen for valg av riktig komponent for prosjektgruppen. Et eksempel på dette er den totale posisjonstiden, som er ønsket til 5 sekunder, og som simulasjonen viser bruker den pneumatiske føringen minimum 2 sekunder fra senket til hevet posisjon.



Figur 79. Kalkulasjonsprogram for pneumatisk føring

Design**8.4. Spesifikasjoner**

- Automatisk styrt ved hjelp av en pneumatisk lineær føring (DGC-K)
- Justerbar hastighet
- 2 stk. FlexFit skinne m/vogn1529
- 4 mm Polykarbonat – Lexan safir
- Maks høyde: 180 cm
- Utskåret hull i fast sikkerhetsbarriere for inn/utlasting av elektroder

Design

9. Styresystem

For å få et funksjonelt og brukervennlig styresystem for ingeniørene hos oppdragsgiver, må det legges vekt på hva som ønskes fra prosjektets interessenter. Disse ønskene som er omformet til bruker- og systemkrav, slik at prosjektgruppen enklere skal kunne følge oppdragsgivers- og brukers ønsker, kan leses mer om i dokumentet *Kravspesifikasjon*. Videre i dette dokumentet vil det kunne nevnes kravspesifikasjonskoder og utdrag fra forskjellige krav. For at kravene fra oppdragsgiver skal kunne tolkes riktig, starter dette kapittelet med å se på hva som definerer et styresystem og hvilke komponenter som brukes.

Hva er et styresystem?

Et styresystem innenfor automasjonsindustrien er et begrep som brukes når et fenomen gjøres automatisk, slik at det i større- eller mindre grad styrer seg selv. For å kunne gjøre dette må forskjellige faktorer tilfredsstilles, og noen av disse faktorene kan være å:

- påvirke fenomenet,
- definere hva som er ønskelig atferd eller tilstand for fenomenet.

Fenomenet som skal automatiseres kalles ofte en prosess, og påvirkningen av prosessen gjøres med pådragsorganer som motorer, ventiler eller annet utstyr.

Det finnes mange forskjellige styresystem prinsipper og noen av disse er databasert styresystem, mikrokontroller basert styresystem eller PLS basert styresystem.

Siden oppdragsgiver har spesifisert i det overordnede brukerkravet **OB_09** at en PLS ønskes som styresystem til prosjektets oppgradering, kommer dokumentet ikke til å gå nærmere inn på forskjellige styresystemtyper som finnes på markedet, og hvilke av de som egner seg best til dette prosjektet.

Design

9.1. Påvirkning av krav for styresystem

For at styresystemet skal tilpasses oppdragsgivers- og brukers ønske, er det viktig å relatere krav til de design avgjørelsene som blir tatt i dette dokumentet. I dette kapittelet vil de relaterte bruker- og systemkravene bli nevnt, samt hvordan de vil påvirke styresystemets design.

Det skal nevnes at oppdragsgiver har gitt prosjektgruppen frie tøyler på den elektrotekniske delen av prosjektoppgaven, og det er derfor ikke spesifisert mange bruker- og systemkrav på dette område. Bakgrunnen for at det ikke har blitt spesifisert mange krav på den elektrotekniske delen av oppgaven, er fordi prosjektgruppen ikke skal avgrense designmulighetene rundt oppgradering av EDM-maskinen. Dette var noe oppdragsgiver også påpekte når prosjektgruppen startet prosjektet.

9.1.1. Overordnede brukerkrav

Gjennom kravet **OB_01** stiller oppdragsgiver krav til at oppgraderingen av EDM-maskinen skal tilpasses til senere utvikling eller oppgradering av produksjonslinjen. Dette er et meget utfordrende krav med tanke på valg av styresystemet. Det finnes mange løsninger innenfor dette emnet som vil tilfredsstille oppdragsgivers ønske om tilpassing til senere utvikling eller oppgradering, men som vil stride mot det overordnede brukerkravet **OB_08**, som sier at prosjektet må være lønnsomt, samt å må kunne nedbetales i løpet av et år. Det overordnede brukerkravet **OB_09** sier at KTT, bedriften som utfører vedlikehold på maskiner og systemer hos oppdragsgiver, ønsker seg et bestemt styresystem. Leverandøren for dette styresystemet er Siemens, og den spesifikke PLS-typen som ønskes er Siemens Simatic S7-1500. Dette overordnede brukerkravet låser prosjektgruppen på valget av styresystem, og reduserer muligheten for å se på kostnadsbesparelser mot andre type styresystemer. Det er viktig å ta med i kostnadsberegninger at KTT kan programmeringsspråket til dette styresystemet, og hvis prosjektgruppen hadde valgt et annet type styresystem som bruker et annet programmerings-språk, kan det komme tilleggskostnader som kursing etc.

For at et styresystem skal passe oppgradering av produksjonslinjen i senere tid, vil prisen på det helhetlige systemet bli høyere enn hvis styresystemet designes for den lokale maskinen. Men igjen, hvis oppdragsgiver bestemmer seg for å utvide dette prosjektets produkt-optimalisering til flere maskiner, kan andre maskiners styresystem implementeres

Design

på det helhetlige styresystemet. Det er derfor viktig å gi gode begrunnelser for valg av styresystem i dette prosjektet, og senere i dette dokumentet vil det komme forskjellige valg til styresystemer, og en begrunnelse for hvorfor det ene systemet velges foran det andre. Prosjektgruppen velger å se på to forskjellige løsninger som tilfredsstiller **OB_01** og **OB_08** på hver sin måte. Det vil komme anbefalinger fra prosjektgruppen, men beslutningen om hvilket av styresystemene som burde velges, må gjøres i samarbeid med oppdragsgiver og KTT.

Det overordnede brukerkravet **OB_02** stiller krav til at verktøyvekslersystemet skal være CE-godkjent, dette kan leses mer om i kapittel 3: *CE-merking*. Samtidig krever det overordnede brukerkravet **OB_03** at produkter som designes eller som brukes i designet, skal være mulig å bestille, samt implementere. Med tanke på at elektro kjøper produkter fra store og kjente leverandører som FESTO, ELFA og Siemens, vil produkter være på markedet, samt være CE-godkjent. En utfordring kan være å vite om produkter fra forskjellige leverandører vil bli CE-godkjent sammen, denne problemstillingen kommer mer under den mekaniske delen av prosjektet.

9.1.2. Sikkerhetskrav for styresystem

Sikkerheten på verktøyvekslersystemet og EDM-maskinen kan deles opp i to kategorier, direkte sikkerhet og indirekte sikkerhet. Direkte sikkerhet vil omhandle krav som beskriver fysisk bruk av verktøyvekslersystemet og EDM-maskinen. De indirekte sikkerhetskravene er virtuelle- eller tekniske funksjoner som skal hindre at bruker blir skadet ved bruk av verktøyvekslersystem og EDM-maskin. Et eksempel på et direkte sikkerhetskrav er **BSVV_01**, som beskriver at beskyttelsesbarrieren skal beskytte bruker når EDM-maskinen er i drift. Et eksempel på et indirekte sikkerhetskrav er **BSVV_04**, hvor oppdragsgiver krever at PLS-systemet har et innebygd sikkerhetssystem. Med dette menes at PLS-systemet må ha en sikkerhetsanordning som bryter inn hvis uønskede hendelser skjer, enten i selve programmet eller hvis bruker ønsker å avbryte verktøyvekslerprosessen grunnet for eksempel feil inntasting av elektrodedata, eller stoppe verktøyvekslerprosessen hvis en nødsituasjon inntreffer. Det er klare regler og forskrifter om nødstoppp oppkobling og rutiner rundt automatiserte prosesser.

Videre sier sikkerhetskravet **BSVV_05** at verktøyveksler prosessen skal gå i redusert hastighet hvis beskyttelsesbarriere er i senket stilling. I tillegg har BSVV_05 systemkravet

Design

SK_05 linket opp mot seg som direkte forteller hvor fort prosessen skal gå ved senket beskyttelse-barriere. Med tanke på at prosjektgruppen ikke har utstyr og produkter tilgjengelig er det vanskelig å definere en eksakt hastighet, det sies derfor at verktøyveksler prosessen skal gå i minimum 50% av normalhastighet når beskyttelsesbarrieren er senket. Hastigheten ved normaldrift, altså heiset beskyttelsesbarrieren er også vanskelig å definere med tanke på at når utstyr er montert, kan denne hastigheten optimaliseres for høyest mulig verktøyveksling uten å sette utstyr eller mennesker i fare. Systemkrav om 50% av hastigheten er hentet ut fra eksisterende maskin hos oppdragsgiver, som også har en redusert hastighet ved senket beskyttelsesbarriere.

Sikkerhetskravet **BSVV_04** forteller oss om det innebygde sikkerhetssystemet, videre sier **BSVV_06** at verktøyveksler maskinen skal være utstyr med en nødstopp. Systemkravet **SK_06** som er linket opp mot **BSVV_06** sier at denne nødstopp bryteren skal stå maksimum 50cm fra innlastningspunktet til verktøyveksler systemet. Dette er et krav fra oppdragsgiver, men er også et krav som kommer under **OB_02**, som inneholder CE-godkjenning. Som nevnt tidligere er det strenge regler og forskrifter om hvordan nødstopp skal implementeres inn i en prosess, og dette er et komplisert tema å forholde seg til. De viktigste punktene for implementering av nødstopp til en prosess er at det monteres det antallet nødstopp brytere som kreves for å tilfredsstille systemkrav **SK_06**, samt at feil på PLS eller programstyring i PLS ikke skal forhindre en eventuell nødstopp. Derfor er det viktig å designe styresystemet slik at en nødstopp bryter aktuelle signaler eller tilførsler slik at utstyr stopper.

9.1.3. Ergonomi og arbeidsplass

Det er viktig at styresystem og styring, som knapper og skjermer til styresystemet designes og bygges slik at det er enkelt å operere. Både forskriftene rundt CE-godkjenning og oppdragsgiver legger vekt på designet av de forskjellige systemene skal være ergonomiske. Ergonomikrav **BEA_01** sier at verktøyveksler systemet skal tilpasses brukere, og operasjonsheter som brytere og skjermer må derfor plasseres og monteres i standardhøyde.

Videre sier ergonomikravet **BEA_02** at det skal være mulig å bevege seg rundt EDM-maskinen, slik at aktiviteter som vedlikehold enkelt kan utføres. Systemkravet **SK_12** som

Design

er linket opp mot **BEA_02**, sier at det skal være minimum 80cm plass rundt maskinen. Dette må tas i betraktning når styre skap og operatørpanel til verktøyveksler designes.

9.1.4. Elektrokrav for styresystem

Det er ønskelig fra oppdragsgiver at verktøyveksler- og verktøykontrollsystemet skal kommuniserer med hverandre, dette er spesifisert i elektrokrav **BEVV_01**, samt i systemkrav **SK_15**. Dette kravet, som har en B prioritet avgjør hvilke type kommunikasjon som skal velges på verktøyvekslerens styresystem. På dette punktet vil de overordnede brukerkravene **OB_01** og **OB_08** komme inn, hvor oppdragsgiver spesifiserer ønske om videreutvikling av styresystem, men samt setter krav til lønnsomhet i prosjektet. Med tanke på faktorene i teksten over er det derfor viktig å begrunne valg av kommunikasjon til styresystemet, slik at oppdragsgiver ser at det er tatt høyde for i kostnadsberegningene.

Videre spesifiserer elektrokravet **BEVV_03**, med tanke på sikkerhet, at styresystemet skal ha tilbakemelding på hvilke posisjon beskyttelsesbarrieren har når EDM-maskin er i drift. Systemkravet **SK_17** spesifiserer at beskyttelsesbarrieren skal være i heiset stilling før eroderingsprosess starter, og dette er også en anbefaling fra oppdragsgiver. Beskyttelsesbarrieren skal kun senkes manuelt, men som sikkerhetskravet **BSVV_05** med tilhørende systemkrav **SK_05** sier, skal hastigheten reduseres med 50% hvis beskyttelsesbarrieren senkes under erodering. Beskyttelsesbarrieren skal med andre ord ikke senkes under erodering hvis ikke en kritisk situasjon tilsier at den må senkes. Deteksjon av posisjonen til beskyttelsesbarrieren vil bli gjennomført med posisjonssensorer, som vil fortelle styresystemet posisjonen, samt vise bruker en advarsel på at beskyttelsesbarrieren er senket.

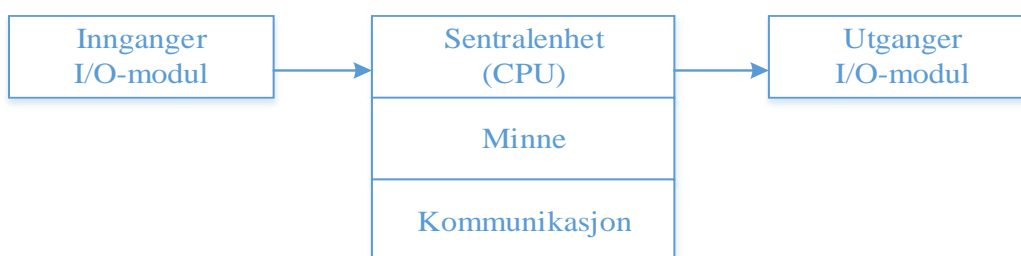
Som nevnt i avsnitt over skal beskyttelsesbarrieren kunne styres manuelt fra operatørstasjon, og dette spesifiseres i elektrokrav **BEVV_05**, samt i systemkrav **SK_19**. Dette er for å kunne komme til eroderingsprosess hvis det er ønsket fra operatør, men som nevnt tidligere frarådes dette. Elektrokrav **BEVV_04** spesifiserer at oppdragsgiver ønsker å implementere styringen av beskyttelsesbarrieren i det eksisterende EDM-maskin systemet. Dette kravet har en prioritet C, og prosjektgruppen har bestemt å avvike fra dette kravet, og heller implementere styringen inn i verktøyvekslerens styresystem. Det skal sies at systemkravet **SK_18** til elektrokravet **BEVV_04** spesifiserer at styringen kan implementeres i verktøyvekslerens styresystem.

Design

9.2. Valg av styresystem

9.2.1. PLS-basert styresystem

I dette underkapittelet vil det komme en kort funksjonsbeskrivelse som beskriver hvordan PLS system brukes og hvordan det implementeres for å styre prosesser. PLS står for Programmerbar Logisk Styring, og dersom det gjøres en forenkling av styresystemet, kan det representeres på følgende måte, se figur (fig. 80) og beskrivelse av blokkene på neste side.



Figur 80 Blokkskjematisk fremstilling av en PLS

Hoveddelene består altså av en sentral prosesseringsenhet, minne, kommunikasjonsenhet og kretsmoduler for å motta og sende ut data. Videre kan det tilføyes skjermenheter for Maskin-Menneske-Grensesnitt og styringsmoduler som knapper og LED-lys som viser tilstanden til selve PLS systemet og prosessen.

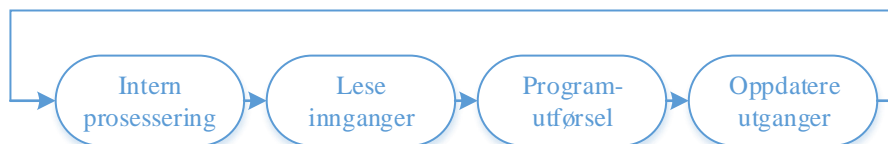
Hovedenheten er knyttet sammen med ledninger og kretskort baner som kalles busser. All kommunikasjon mellom hovedenheten i PLS-en foregår via disse bussene. PLS-ens buss system kan typisk deles opp i fire busstyper: Adressebuss, databuss, kontrollbuss og systembuss.

- Databussen brukes for overføring av data mellom CPU, minne og I/O-moduler.
- Adressebussen brukes for å overføre adressene til hvor i minnet data skal hentes eller sendes. En adresse kan angi for eksempel plasseringen til et ord i et bestemt register. En adressebuss på 16 linjer kan overføre $2^{16} = 65536$ ulike adresser.
- Kontrollbussen brukes til synkronisering og styring av trafikkretningen.
- Systembussen brukes til I/O-kommunikasjon.

Dette underkapittelet kunne gått dypere på hvordan selve styringen og funksjonen til PLS fungerer, men siden dette er avanserte systemer, holdes forklaringen på et overordnet plan.

Design

Videre forklares kjapt en standard operasjon for et PLS system. Figur (fig. 81) viser oppbygningen av en operasjon når PLS systemet står i RUN modus.



Figur 81 Operasjon som utføres i RUN

Intern prosessering: En PLS sjekker alltid sin egen tilstand før den utfører brukerrelaterte operasjoner. Ved manglende respons fra hardware som I/O- eller kommunikasjonsmoduler, gir PLS-en beskjed om dette ved å sette et eller flere flagg, som kan sees på som en feilkode slik at bruker vet hvor feilen ligger i systemet. Ved alvorlige feil, avsluttes normalt prosess operasjoner og systemet går over i en feiltilstand. Et eksempel på en feil kan være at systemet registrer null strøm på en inngang.

Lese innganger: I denne operasjonene kopieres inngangenens status over til minnet, og lagres der for at prosessoren skal kunne sammenlikne prosessverdiene med ønsket verdier fra brukeren.

Programutførsel: Programutførsel av programkoden som er skrevet av bruker, skjer som regel i den rekkefølgen som bruker har spesifisert det. Mindre programmer kan skrives i en sammenhengende kode ved hjelp av blokker eller tekst, mens større applikasjoner krever struktur på koden. Standarden IEC61131-3 definerer retningslinjer for angivelse av prioritet på kode og funksjoner. Et eksempel på dette er aktivering av nødstop, som er en hendelse som bør forårsake avbrudd fra utførsel av hovedprogram. I løpet av programutførselen oppdateres interne variabler og utgangsadresser i minnet. Endringer av utgangsverdier på utgangsmoduler endres som regel ikke før den interne prosessen har lest gjennom programstruktur. Oppdateringen av utganger skjer med andre ord så fort etter den interne prosessen har lest igjen koden, og kalkulert nye utgangsverdier.

Design

9.2.2. Hovedstruktur til design av styresystem

Ved å ta alle bruker- og systemkravene i betraktning fra kapittel 3.2 *Tilfredsstillelse av krav for styresystem*, har prosjektgruppen kommet frem til at løsningen som skal designes må være utvidbar. Dette er fordi kravet om at systemet må kunne følge utviklingen av produksjons-linjen skiller seg mest ut, og med tanke på at hvis prosjektet holder seg innenfor lønnsomhetsrammen, vil flere maskiner oppgraderes, noe som medfører at styresystemet kan designes for flere maskiner. Styresystemet kan deles opp til tre alternativer, hvor kun en av dem er tilfredsstillende. Se tekst og figurer.

Den første muligheten bygger på et tradisjonelt PLS-system. Systemet kan sees på som et lokalt system som vil bli integrert direkte på EDM-maskinen, og har ikke muligheter for å utvides til flere maskiner om ikke de respektive maskinene står i umiddelbar nærhet. På figuren (fig. 82) kan det sees en representasjon av det lokale styresystemet, som på fagspråket kalles et «stand-alone» system. Her vil som figur (fig. 82) viser, styreskapet være lokalt på maskinen og PLS-systemet vil kun bli benyttet for EDM-maskin 5129.

Som nevnt tidligere i dokumentet, har prosjektgruppen valgt å gå for en Profibus basert løsning på grunn av kommunikasjon med verktøykontrollsystemet. Og som nevnt tidligere, vil det være mest lønnsomt å velge Profibus baserte drivere, og derfor vil dette kapittelet vektlegge informasjon og komponentvalg for Profibus basert utstyr. Men for å ha et basisgrunnlag for dette valget, velges det å ta med en utstyrsoversikt med kostnader for et «stand-alone» system og Profibus basert digitalstyrt system, før designrelaterte kapitler på Profibus systemet kommer.

Kostandstabellene vil kun vise en grov oversikt over prisforskjellen på de forskjellige alternativene, og gir ikke et komplett bilde over den komplette elektrotekniske kostnadsoversikten. Mer informasjon står i delkapittel 13.3.2: *Budsjett elektro*.

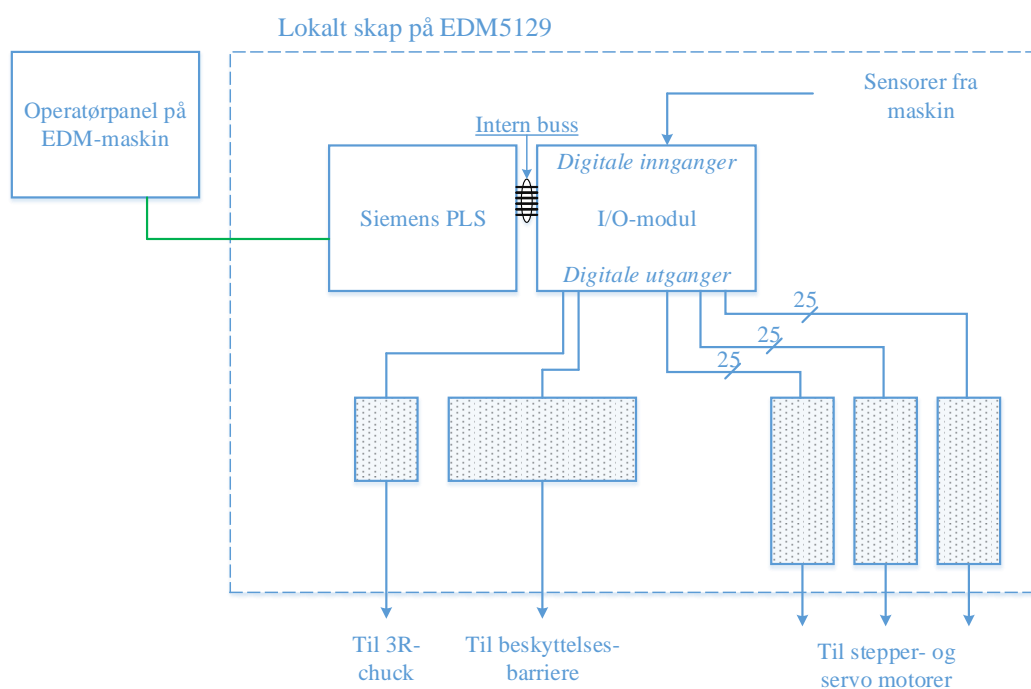
«Stand-alone» system

Som nevnt tidligere har ikke dette systemet implementert Profibus. Kostnadmessig vil dermed dette systemet trenge Profibus modulen, som koster 7400 kroner alene.

Operatørpanelet til verktøyvekslerens styresystem vil kommunisere over Profinet, som S7-1500 CPU-en har integrert.

Design

Det er liten tvil om at dette systemet er det billigste komponentmessing, av de tre alternativene som blir representert. Men hvis man tar i betraktning av systemet skal installeres og kobles opp, med tanke på at det er 75 inn- og utganger som kreves for å kjøre motorstyringsenhetene, vil installasjonskostnaden til dette alternativet være mye høyere enn for det rene Profibus baserte styresystemet. Det er også viktig å tenke på at dette systemet er mer komplekst å programmere, med tanke på at man har 75 inn- og utganger som skal programmeres.



Figur 82. Lokalbasert styresystem

Utstyr	Antall	Kommentar	Pris
Siemens S7-1500	1	CPU, PWR, integrert I/O	8820
S7-1500 I/O-modul	4	Digital utgangs modul	6800
C-akse, driver	1	Digitalt styrt	2178
Z-akse, driver	1	Digitalt styrt	7624
X-akse, driver	1	Digitalt styrt	7624
I/O-kabel	3		705
Sum			43021

Tabell 12. Utstyr- og kostnadsbasert oversikt for "stand-alone" system

Design

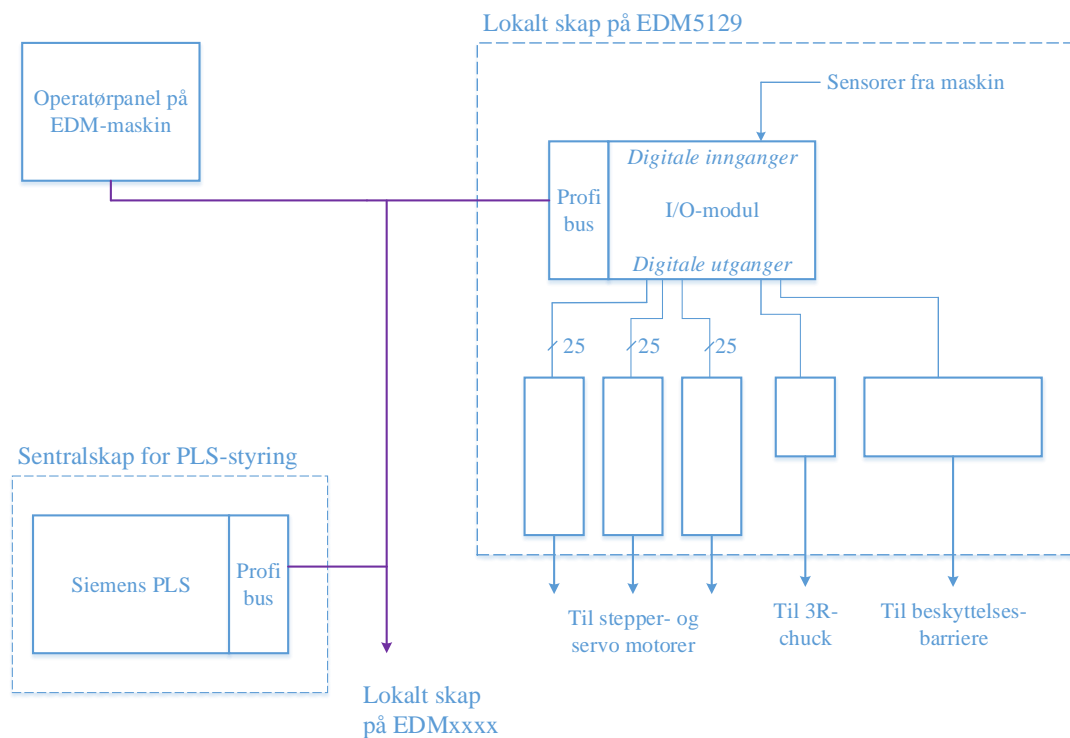
Tabell (tab. 13) viser en utstyr- og kostnadsoversikt for lokalbasert styresystem.

Konklusjonen for dette styresystemet er at det hadde vært en god løsning hvis ikke KTT og oppdragsgiver ønsket seg et spesifikk system, samt hvis kun en maskin skulle oppgraderes.

Profibus med digitale drivere

Som nevnt tidligere foreligger det et krav om et bestemt styresystem. Figur (fig. 83) illustrerer oppsettet for Profibus basert system med digitale drivere. Det som skiller dette systemet fra «stand-alone» systemet, er Profibus teknologien. Denne teknologien gjør at man kan ha et helhetlig nettverk med en master PLS, hvor denne styrer andre slave PLS-er og I/O-moduler plassert rundt i fabrikkområdet. Dette gjør det svært enkelt for ingeniører eller annet teknisk personell, og gjøre endringer på forskjellige enheter fra en stasjon, i stedet for å måtte koble seg til en og en PLS-stasjon.

Konklusjonen for at dette systemet ikke velges, er fordi det bygger på samme problemstilling som med «stand-alone» systemet. Hvor det kreves veldig mange inn- og utganger for å kunne kjøre motorstyringsenhetene. Som vi kan se i tabell (tab. 14) er dette system alternativet noe dyrere enn «stand-alone».

Design


Figur 83. Profibus basert system med digitale drivere

Utstyr	Antall	Kommentar	Pris
Siemens S7-1500	1	CPU 1511-1PN	5470
Siemens PWR	1	Power supply	1370
Profibus modul	1	Til CPU 1511-1PN (Sentralskap)	7400
ET200 Base enhet	4		1632
ET200 Profibus interface	1		2340
ET200 Digital ut	1		498
ET200 Digital ut	5	5 stk gir DQ:80x24VDC	3825
ET200 Digital inn	1		365
Profibus kabel			
C-akse, driver	1	Digitalt styrt	2178
Z-akse, driver	1	Digitalt styrt	7624
X-akse, driver	1	Digitalt styrt	7624
X-akse, I/O-kabel	3		750
Sum			50346

Tabell 13. Utstyr- og kostnadsbasert oversikt for Profibus basert system med digitale drivere

Design

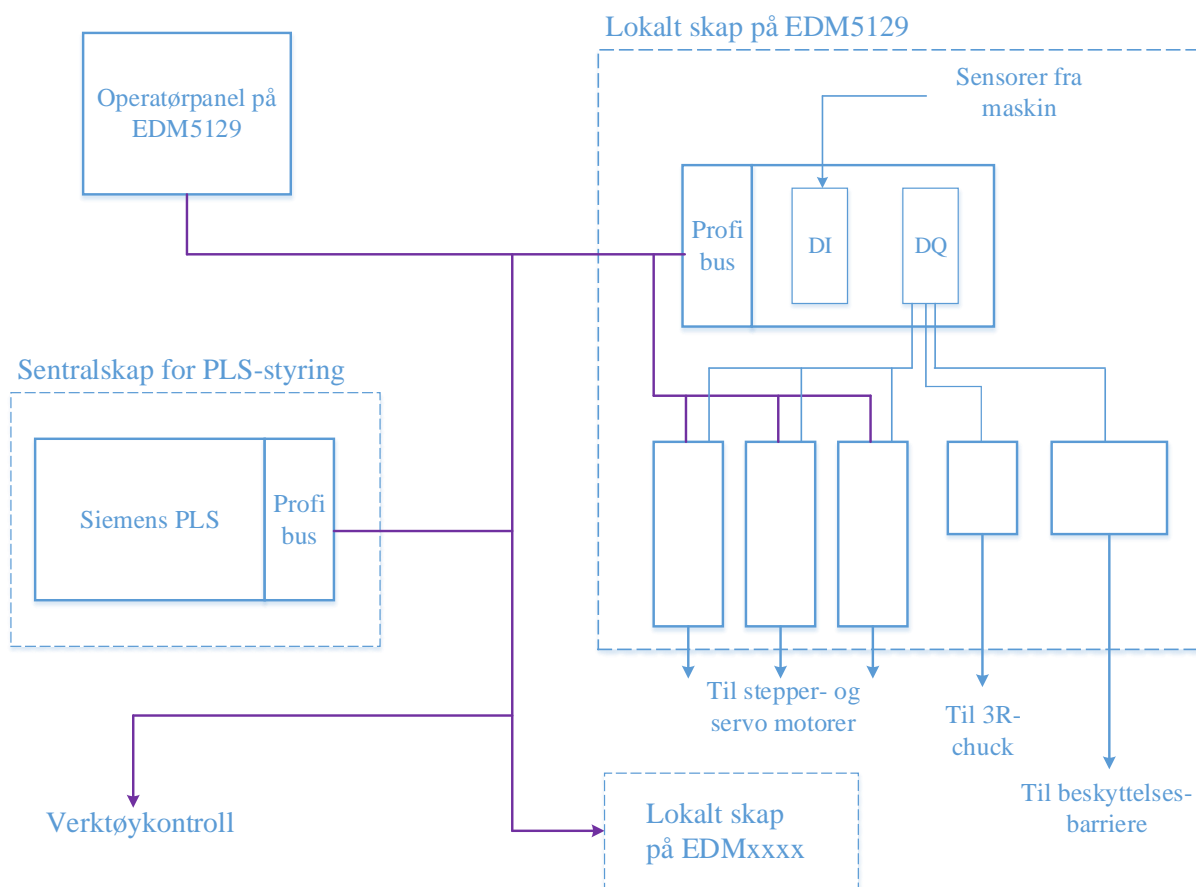
Komplett Profibus system

Med det komplette Profibus systemet, vil alle komponenter så langt det lar seg gjøre, integreres med en Profibus løsning. Dette betyr at komponenter som I/O-moduler, motorstyringsenheter og verktøykontroll systemet, integreres med Profibus grensesnitt. Som man kan se fra tabell (tab. 15), vil dette øke kostnaden noe. Men som nevnt i avsnittet om «stand-alone» systemet, trenger man svært få koblingspunkter for dette systemet. Og de koblingspunktene som må utføres, er ved hjelp av et RS485 koblingsstykke, se figur (fig. 84).



Figur 84. Profibus kobling RS485 med kabel

Dette gjør det veldig enkelt å koble et større system sammen, slik at ingeniører kan gjøre endringer fra en basestasjon, i dette prosjektets tilfelle vil basestasjon bli sentral skapet. På figur (fig. 85), kan man se en illustrasjon av det komplette Profibus systemet.

Design


Figur 85. Illustrasjon av komplett Profibus system

Som man kan se kan altså flere enheter kobles på dette systemet. Motorstyringsenhetene må fortsatt, ved hjelp av en digital utgang, bryter på operatørpanel eller direkte koblet opp mot strømforsyning, fores med et signal for «enable». Og med dette menes at motorstyrings-enheten må settes høye med et elektrosignal, for at de skal være i aktivt modus. I dette tilfelle velges det å bruke en digital utgang for dette signalet.

Som tabell (tab. 15) viser, er dette systemet noe dyrere enn de to andre alternativene som er nevnt. Men det er viktig å tenke på installasjonskostnader for systemene, og her kommer faktorer som tidsbruk, kompleksitet og funksjonalitet inn som faktorer. Og det komplette Profibus systemet tilfredsstiller alle disse faktorene.

Design

Utstyr	Antall	Kommentar	Pris
Siemens S7-1500	1	CPU 1511-1PN	5470
Siemens PWR	1	Strømforsyning	970
Profibus modul	1	Til CPU 1511-1PN (Sentralskap)	7400
ET200 Base enhet	2		408
ET200 Profibus interface	1		2340
ET200 Digital ut	1		498
ET200 Digital inn	1		365
Profibus kabel			5000
C-akse, driver	1	Profibus	4800
Z-akse, driver	1	Profibus	10300
X-akse, driver	1	Profibus	10300
Sum			57121

Tabell 14. Utstyr- og kostnadsbasert oversikt for komplett Profibus basert system

Konklusjon

Prosjektgruppen kan med beskrivelsen over, og ut ifra samtaler og ønsker fra KTT, velge det komplette Profibus systemet som styresystem.

Design

9.3. Design av styresystem

For å kunne designe styresystemet til dette prosjektet med Profibus basert teknologi, er det viktig å få en oversikt over hvordan Profibus systemet fungerer, hva som trengs av komponenter og hvordan de forskjellige komponentene skal brukes. Det vil derfor bli gått igjennom en grunnleggende forståelse, slik at komponenter og tilhørende utstyr kan velges.

9.3.1. Profibus

Profibus er en kommunikasjonsprotokoll, som er åpen for alle leverandører som har styresystemer som produkter. Gjennom tiden har Profibus blitt kvalifisert som en del av den internasjonale standarden IEC 61158. Kommunikasjonen som Profibus benytter seg av, er en av en rekke busstyper som bygger på Fieldbuss teknologi, derav navnet Process Field Bus. Buss systemet er delt opp i to kategorier, DP (Decentralised Pheripherals) og PA (Process Automation). I dette prosjektet skal det benyttes Profibus DP, og dokumentet vil derfor ikke gå nærmere inn på Profibus PA. Profibus PLS-ene er delt opp i tre forskjellige utvidelser, som vær har spesifiserte funksjoner.

- DPV0 inneholder basisfunksjonene til Profibus, hvor master PLS-en kan konfigurere, parametrisering, lese og skrive til utganger i gitte sykluser og lese diagnosedata fra slaver.
- DPV1 inneholder ytterligere funksjoner som ikke-isokron styring av inn- og utganger, samt alarmdata behandling. V1 er til eksempel beregnet for Profibus PA kommunikasjon.
- DPV2 inneholder ytterligere funksjoner som bygger på DPV1. DPV2 tillater slaver å kunne kommunisere direkte med hverandre utenom master PLS.

Siemens PLS-en S7-1500, som KTT vil at prosjektgruppen skal bruke, har to forskjellige Profibus moduler som støttes, og disse er CM1542-5 eller CP1542-5. Hovedforskjellen på disse to modulene er antall slaver som kan kobles på en sløyfe, hvor CM-modulen takler 125 enheter og CP-modulen takler 32 enheter. Når det er sagt er det også en prisforskjell, hvor CM-modulen koster 7400 kroner og CP-modulen koster 4600 kroner. Begge Profibus modulene har funksjonaliteten DPV1, som gjør at de er kompatible med Festo sine motorstyringsenheter.

Design

Med tanke på at kun EDM-maskinen 5129 tar opp 4 plasser for styring, og minimum tre prosessorer for verktøykontrollsystemet, som gir en total sum på 7 plasser. Samt at oppdragsgiver må ha mulighet for å integrere de to andre EDM-maskinene som er lik som EDM5129 på samme system. Samt at det skal være en mulighet for at systemet skal følge annen fremtidig utvikling av produksjonslinjen, velger prosjektgruppen Profibus modulen CM1542-5, selv om denne er dyrere.

Profibus nettverk

Som nevnt tidligere inneholder Profibus DP nettverket to hovedenheter, master- og slaveenheter. Profibus bruker toveiskommunikasjon hvor masterenheten sender forespørsler til slaveenheter tilkoblet Profibus sløyfen, og slaveenhetene svarer på forespørselen. Med andre ord er det en enhet som holder kontroll over kommunikasjonen i hele buss sløyfen.

Når masterenheten sender ut forespørsel, får som sagt alle slaveenhetene respons, og derfor må en eller annen form for adresse foreligge for hver slaveenhet. Adressene spesifiseres ved hjelp av enten roterende brytere, som spesifiserer desimal eller hexadesimal adresse, eller DIP-brytere. Til eksempel bruker Profibus modulen til motorstyringsenhetene DIP-brytere for adresseoppsett. En Profibus protokoll støtter 0 til 127 adresser, hvorav adresse 126 og 127 er avsatt til master PLS-en og relaterte driftsoppgaver. Videre pleier adresse 0 å bli satt til konfigurasjons-oppgaver. Dette betyr at oppdragsgiver har adresse 0 til 125 tilgjengelig for enheter.

Adresseoppsett for prosjektet kan sees i den elektrotekniske dokumentasjonen. Det anbefales allikevel til oppdragsgiver å sette opp adresser på en slik måte at systemet blir oversiktlig, og adressesettingen i dette prosjektets dokumentasjon er nødvendigvis ikke det beste oppsettet.

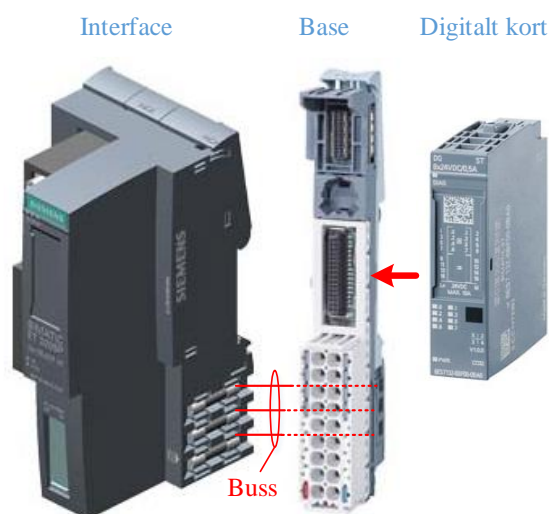
Master

Master PLS-en som vil bli montert i sentral skapet, som nevnt tidligere, er av systemtype S7-1500. CPU modellen som velges er CPU1511-1PN, som er den billigste varianten av Siemens sine avanserte PLS-moduler. Etter samtale med Siemens over mail, ble denne modellen foreslått med tanke på hvilke applikasjoner den skal brukes til.

Design

Slave

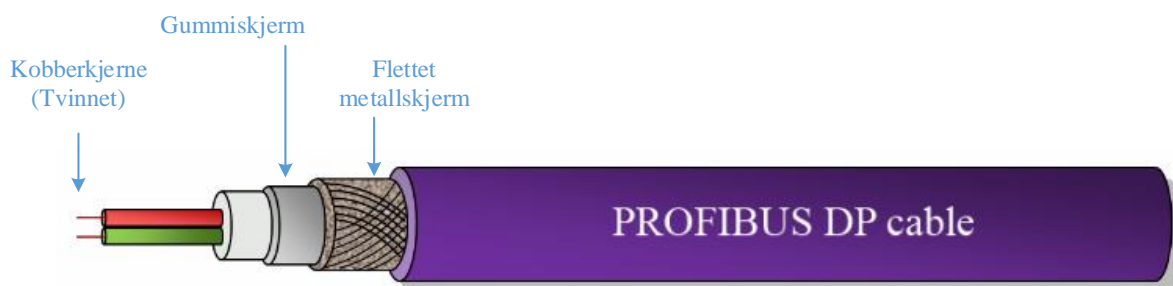
I dette prosjektets systemsløyfe finnes det så langt, 4 slaveenheter, hvor prosessorer for verktøykontrollsystemet er utelukket. Disse slavene er som nevnt I/O-modulen og tre motorstyringsenheter. Slaveenheten som tilhører Siemens komponentene er Profibus interface modulen fra Simatic ET200SP familien, som er en stasjon for digitale inn- og utgangsmoduler, samt analoge moduler. For at disse modulene skal kunne kobles til interface modulen, må det installeres baseenheter. Se figur (fig. 86) for moduler og oppsett.



Figur 86. Simatic ET200SP

9.3.2. Kabel, kabellengder og oppkobling

Profibus kablen som man kan se avbildet på figur (fig. 84) og (fig. 87), er en spesifikk kabel som er designet for bruk på buss systemet. Og det kan derfor ikke monteres andre type kabler.



Figur 87. Illustrasjon av Profibus kabel

Design

Når det gjelder overføringshastighetene til Profibus kabelen, bestemmes denne kun av lengden mellom master PLS-en og siste slaveenhet i sløyfen. For selve masterenheten vil kabellengden kunne strekke seg over lange avstander, selv om produksjonslinjen til bedriften ikke er stor. Overføringsraten i forhold til kabellengde er som følger

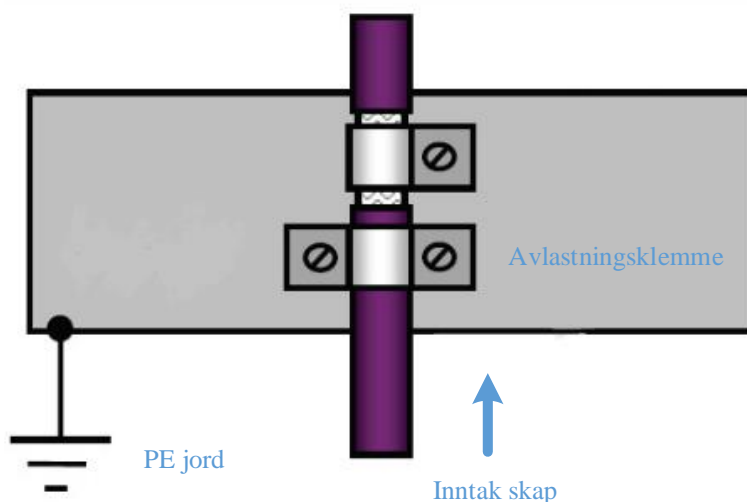
- 12Mbit/s ved 100 meter,
- 1.5Mbit/s ved 200 meter,
- 500Kbit/s ved 400 meter.

Master PLS-en som er montert i sentral skapet er som nevnt tidligere designet slik at styresystemet kan brukes til flere maskinenheter, noe som betyr at kabellengden kan bli lang. Det er derfor vanskelig for prosjektgruppen å tallfeste kabellengden, og dette er noe oppdragsgiver og programmeringsingeniører fra KTT må vurdere underveis i utviklingsprosessen. Men det skal sies at dagens kabellengde vil ikke komme over 100 meter på grunn av lokaliserte skap.

For oppkobling av Profibus kabelen se elektroteknisk dokumentasjon.

Jording av Profibus system

Det er veldig viktig å jorde Profibus kabler og utstyr på en ordentlig måte, slik at potensialforskjeller og liknende ikke oppstår. Et eksempel på dette er når Profibus kabelen kommer inn i de forskjellige styreskapene, skal skjermen til kabelen kobles til skapets hoved jord, se figur (fig. 88) for illustrasjon.



Figur 88. Illustrasjon av jord for inntak på skap

Design

9.3.3. Sikkerhetsrelaterte funksjoner for styresystem

Når det gjelder sikkerhetsrelaterte funksjoner og implementering av nødstoppp på styresystemer, sier maskindirektivet at designer selv velger hvordan dette skal implementeres. Ved å kun legge inn nødstoppp signaler til PLS, vil eventuelle feil på programvare hindre nødstoppp funksjonen i å fungere. Sannsynligheten for at programvare eller hardware vil feile er lav, men hvis det feiler kan det ha katastrofale følger.

Det velges derfor å implementere sikkerhetsreleer, som vil bli koblet i serie med de komponentene som sees på som kritisk å stoppe hvis en farlig situasjon skal inntreffe. Komponentene er motorstyringsenheten, magnetventil til beskyttelsesbarriere og magnet ventil til 0-punktsystemet. Motorstyringsenheten har som nevnt tidligere, allerede implementerte STO-moduler, som vil stoppe lineær føringenes bevegelse momentant. Avhengig av hvordan KTT ønsker å sette opp driverne, kan utfallet av deaktivering av nødstoppp føre til direkte aktivering av bevegelsene til lineær føringene, og dette er ikke ønskelig. Det anbefales derfor å programmere driverne slik at de må resets etter aktivering av STO-modulen.

Som et alternativ har prosjektgruppen designet systemet slik at sikkerhetsreleer er koblet opp mot nødstoppbryterne, og for å resetting av systemet, må sikkerhetsreleene resettes. Videre er varslingsutgangen, til for eksempel lamper, koblet opp mot innganger på PLS-systemet. Slik at styresystemet også får med seg at en nødstoppbryter er aktivert, og videre kan operatør panelet programmeres slik at denne feilen kommer opp på skjermen. Resetting av sikkerhetsreleene kan skje enten ved hjelp av operatør panel, eller ved resett knapp på lokal panelet. (Dette er ikke tatt med i dette designet, og oppdragsgiver får derfor valget om PLS-basert resetting eller mekanisk resetting er best.)

For plassering og oppkobling av sikkerhetsreleer, se elektroteknisk dokumentasjon.

Design

10. Dimensjoner av strømforsyning til anlegg

Det er viktig at anlegget dimensjoneres slik at det ikke er fare for liv og helse. Forskrift for elektriske lavspennings anlegg §18 forteller hvordan fordelingsystemet skal planlegges og utføres. Og dette med tanke på kritiske faktorer som høy strømgjennomgang og høy strømføringstemperatur. For å sikre seg mot disse kritiske faktorene, må prosjektgruppen følge prosedyrer som er utarbeidet for beregning og koordinering mellom kabel og vern, og dokumentere beskyttelse i henhold til NEK 400:2010 § 433.1.

Etter anbefaling fra KTT vil tilførselen til verktøyvekslersystemet bli hentet ut ifra det gamle styresystemet på EDM-maskinen. Dette gjøres slik at anlegget ikke blir påvirket av potensialforskjeller som kan skade mennesker og elektrisk utstyr. Det er i dag et ut på EDM-maskin på 16A som ikke brukes, og prosjektgruppen velger derfor å reservere dette uttaket til prosjektet.

Overbelastningsvern

Overbelastningsvern benyttes i elektriske installasjoner, hvor de normalt plasseres i sikring- eller styre skap på anleggsområdet. Installasjonens overbelastningsvern skal dimensjoneres slik at det tåler den belastningen som normalt omsettes i anlegget. I en installasjon blir ikke alle kursene maksimalt belastet til enhver tid og hvor stor del av den totale kapasiteten som til enhver tid benyttes, uttrykkes i en samtidighetsfaktor. I kjemiske- og produksjonsanlegg kan samtidighetsfaktoren settes til 0,5-0,7. Utløserkarakteristikken til overbelastningsvernet sier noe om hvor fort vernet løser ut ved overbelastning. På anlegget til verktøyvekslersystemet er det komponenter som kan ha store startstrømmer, og dette er noe som må tas hensyn til. Karakteristikken går fra A-E hvor A er det vernet som løser fortest ut ved overbelastning. Med tanke på at motorer kan ha store startstrømmer, velges det en utløserkarakteristikk C på lokal skapet, mens sentral skapet har vanlig elektrokomponenter, og det velges derfor utløserkarakteristikk B for dette skapet. Valget av utløserkarakteristikk er gjort med en tommelfingerregel, og dette kan gjøres fordi to av gruppemedlemmene er sertifiserte fagfolk innenfor elektro og automasjon.

For å få en korrekt dimensjonering av vern og kabel finner prosjektgruppen først den totale belastningen til skapene, for så å dokumentere beskyttelsen i henhold til NEK 400:2010 § 433.1.

Design

10.1. Totalbelastning for skap

10.1.1. Sentral skap

Sentralskapet inneholder kun master PLS-en, Profibus modulen og en strømforsyning til disse. På tabellen (tab. 16) kan man se en oversikt over forbruket til hvert utstyr, og belastningsverdiene på de forskjellige komponentene er hentet fra aktuelle datablader.

Utstyr	Spesifikasjon	Belastning (Ampeer)
Siemens S7-1500 PLS	CPU1511-1PN	0,7
Profibus modul		0,2
Siemens PWR	Strømforsyning	3
Total belastning		3,9

Tabell 15 Belastningsoversikt for 24VDC, sentralskap.

Som man kan se er den totale belastningen til sentralskapet på 3,9A. Videre kan man se at det er strømforsyningen som har høyest strømbelastning, men siden det kun er CPU-en og Profibus modulen som installeres i dette skapet vil belastningen i teorien ikke overstige 1A, men det velges uansett å overdimensjonere dette skapet med tanke på at oppdragsgiver har en mulighet for utviding av utstyr i fremtiden.

10.1.2. Lokal skap

Lokal skapet inneholder utstyret som motorstyringsenheter og I/O-modulen til master PLS-en. Her vil belastningen være høyere enn i sentral skapet, men prosjektgruppen vil benytte seg av samtidighetsfaktoren med tanke på at utstyr som lineær føring ikke vil kjøres samtidig, noe som gjør at belastningen til anlegget vil være lavere enn den totale belastningen. Det finnes tabeller som forteller hvilke samtidighetsfaktor som skal brukes for spesifikke anlegg, og denne tabellen henter prosjektgruppen fra hjemmesidene til den elektrosertifiserte bedriften Trainor AS.

Design

Utstyr	Spesifikasjon	Belastning (Ampeer)
24VDC		
Profibus interface	ET200 interface	0,25
Digitalt utgangskort	ET200 DQ (8x0.5A = 4A)	4
Digitalt inngangskort	ET200 DI	0,07
Sensor beskyttelsesbarriere	Proximity	0,1
Sensor beskyttelsesbarriere	Proximity	0,1
Sensor tårnposisjon	Optisk	0,02
Sensor bassengposisjon	Endebryter	0,01
Touch skjerm	HMI display	0,32
48VDC		
Driver, c-akse	Motorstyringsenhet	8
Total belastning		12,87

Tabell 16 Belastningsoversikt for 24VDC, lokalt skap.

Som man kan se fra tabell (tab.17) er den totale DC belastningen 12,87 Ampere. Strømforsyningene som prosjektgruppen har tilgjengelig fra Festo har en merket maksimalbelastning på 10 Ampere. Dette betyr at utstyret i tabell (tab. 18) må fordels over to strømforsyninger både på grunn av forskjellig DC spenning og på grunn av for høy belastningsverdi. Oppdeling blir en strømforsyning til driveren for c-asken på 48VDC, og en strømforsyningen til resterende systemkomponenter på 24VDC.

Merkestrøm for valgt strømforsyning 24VDC/10A er 230VAC/3A og 48VDC/10A er 230VAC/5A, disse verdiene er hentet ut ifra datablad.

230VAC		Ampeer
Strømforsyning 1	Motorstyringsenhet, c-akse	5
Strømforsyning 2	Resterende systemkomp.	3
Driver, x-akse	Motorstyringsenhet	2,5
Driver, z-akse	Motorstyringsenhet	2,5
Total belastning		13

Tabell 17 Total belastningsverdi for 230VAC, lokal skap.

Design

Som man kan se på tabell (tab. 18) er den samlede belastningen for det lokale skapet 13A. Som nevnt tidligere vil ikke lineærføringene kjøres samtidig, og vi kan se på en reduisering av belastningen ved hjelp av samtidigighetsfaktoren. Belastningen for de tre motorstyringsenheten er 10A. Det benytte samtidigighetsfaktoren 0,5 og dette medfører til at denne belastningen kan endres fra 10A til:

$$\text{Ny belastning} = 10A * 0,5 = 5A \quad (17)$$

Den ny belastningen for motorstyringsenhetene er nå 5A, og hvis denne legges sammen med de resterende systemkomponentene. Dette gir en ny total belastning på:

$$\text{Ny total belastning} = 5A + 3A = 8A \quad (18)$$

Den nye totale belastningsverdien vil bli brukt videre i dimensjoneringen av vern og kabler.

Design

10.2. Dimensjonering av vern og kabler

I dette kapittelet vil det bli gått igjennom steg for steg dimensjoneringen av kabler for de forskjellige skapene. Kabler til motorer er kjøpt fra leverandøren Festo, hvor de har designet motorpakker som gjør at kabler etc. er riktig dimensjonert i forhold strømføringssevne.

Sammenhengen mellom det rent sikkerhetsmessige for et elektrisk anlegg og dimensjoneringen, er at kabelens praktiske strømføringssevne er større enn eller lik den strømmen som det valgte vernet slipper igjen. Tabellene 52-A i NEK400 viser en oversikt over normer for kablers strømføringssevne ved forskjellige tverrsnitt og forlegningsmetode.

Som en tommelfingerregel ved dimensjonering for styre skap på automasjonsanlegg kan man si:

- 16A vern kombineres med en $2,5\text{mm}^2\text{Cu}$ PVC, hvor Cu står for kobber.
- 10A og 6A vern kombineres med en $1,5\text{mm}^2\text{Cu}$ PVC.

Hvis man sammenlikner disse tommelfingerreglene med den totale belastningsverdien fra tabell (tab.x10), viser dette at kabel tverrsnittet inne i sentral skapet kan være $1,5\text{mm}^2\text{Cu}$, mens lokal skapet kan ha en blanding av $1,5\text{mm}^2\text{Cu}$ og $2,5\text{mm}^2\text{Cu}$.

10.2.1. Dimensjonering

Sentral skapet: $I_{\text{belastning}} = 3,9\text{A}$ Lokal skap: $I_{\text{belastning}} = 8\text{A}$

Den totale belastningen for verktøyvekslersystemet er 11,9A. Herfra skal vi velge vern for de forskjellige skapene og tverrsnitt på kabel fra EDM-maskin til de forskjellige skapene. Teorien som brukes for å velge vern og kabler er som nevnt tidligere i kapittelet tatt ut ifra NEK400, og det vil ikke gås nærmere inn på teorien i dette dokumentet. Det er to krav som skal tilfredsstilles når en dimensjonerer vern og kabler til elektriske anlegg, og disse er:

Krav 1: $I_b \leq I_n \leq I_z$,

Krav 2: $I_2 \leq (1,45 \cdot I_z)$,

Hvor I_b er belastningen til anlegget, I_n er vernet størrelse, I_z er kabelens strømdøringssevne og I_2 sikrer utkobling av vern etter en viss tid, (1,45 for valgt vern).

Design

Dimensjonering av kabel fra EDM-maskin til skap

- Vern for avholdt kurs har størrelse 16A.
- Verktøyvekslersystemet har en totalbelastning på 11,9A.
- Det velges et kabelverrsnitt på 2,5mm²Cu med forlegningsmetode C.
forretningsmetode C sier at kabel skal ligge åpent på eller rundt vegg og gir kabelen en strømføringssevne på 27A ved 30°C. (Hentet fra NEK400.Tabell-52-A4).

Dette gir videre:

$$\text{Krav 1: } I_b \leq I_n \leq I_z \quad \rightarrow \quad 11,9 \leq 16 \leq 27 \quad \text{OK!}$$

$$\text{Krav 2: } I_2 \leq I_z, \quad \rightarrow \quad 18,85 \leq (1,45 \cdot 27) \quad \text{OK!}$$

Som man kan se fra beregningene over kan det brukes en 2,5mm²Cu kabel som tilførsel på dette anlegget.

Dimensjonering av vern for skap

Som man kan se fra beregningene over og fra tommelfingerregelen, kan vernenes størrelse for sentral- og lokal skapet bestemmes uten problemer. Det velges et vern på 4A for sentral skapet og et vern på 13A for lokal skapet. For kabelstørrelse i skapene brukes tommelfingerregelen beskrevet i underkapittelet 10.1.2: *Dimensjonering av vern og kabler*.

Jordfeilvern

Det er som hovedprinsipp et krav i henhold til NEK400 at et elektrisk anlegg skal ha beskyttelse mot jordfeil ved hjelp av et eller flere jordfeilvern. Oppgaven til jordfeilvernet er å sørge for en automatisk utkobling hvis det skjer en strømgjennomgang mellom fase og jord. Strømgjennomgangen kan skje ved for eksempel brudd på isolerte ledere, noe som kan forårsake farlige situasjoner for mennesker eller utstyr. Med andre ord vil implementasjon av jordfeilvern forbedre personsikkerheten til anlegget. Direkte krav om implementasjon og bruk av jordfeilvern kan sees i NEK400§411.3.3.

Med tanke på at styresystemet til EDM-maskinen og installasjonen hos oppdragsgiver er gammelt, kan sannsynligheten for at det er installert jordfeilvern være liten. Det er dessverre vanskelig i dag å undersøke om det er installert jordfeilvern på anlegget, på grunn av uoversiktlige tegninger. Det vil derfor være en anbefaling til oppdragsgiver å bytte ut dagens vern på 16A, med et vern som har integrert jordfeilbryter. Vernet vil ha

Design

identisk verdi som dagens. Et eksempel på et vern som kan brukes i dag kan være dette fra ELFA:

- Automatsikring/jordfeilbryter DCP VIGI, 16A-C.

Spenningsfall

Det velges og ikke beregne spenningsfall til dette anlegget på grunn av korte avstander.

Selektivitet

Dimensjonering og dokumentering av selektiviteten til anlegget kan være problematisk i dette prosjektet. Med selektivitet forbygger man ved kortslutning eller liknende at hoved vern går i stedet for den aktuelle kursen. For å oppnå en bra selektivitet er det lurt å kjøpe vern fra samme leverandør, slik at utløserkarakteristikker og oppbygningen av vernene er identisk.

NEK400 inneholder ingen konkrete krav angående selektivitet, og emnet kan være meget utfordrende å kalkulere eller regne ut.

Det velges derfor å se bort ifra selektivitetsberegninger.

Jording av skap

Når det gjelder krav til dimensjonering av beskyttelsesleder og utjevningsforbindelse, tilsier normen i NEK400-tabell 54.3 at hovedregelen for ledertverrsnitt mindre enn 16mm^2 , så skal jordleder være i samme dimensjon som faseleder. I selve skapet til jordskinnen og utjevning av dør skap, er det vanlig å bruke noe grovere tverrsnitt.

Design

11. FEM-analyser med beregninger

Produktet som skal leveres av prosjektgruppen til GAN er en sammenstilling av deler fra leverandører og deler som prosjektgruppen selv har designet. Da produktet skal brukes i EDM-maskinen, så prosjektgruppen det som nødvendig å analysere deler av sammenstillingen for å kartlegge eventuelle svakheter eller feil i konstruksjonen. Ved hjelp av SolidWorks sitt analyse program (SolidWorks Simulations) ble det utført analyser på komponentene:

- Sammenstilling_Rammeverk_Lineæraktuator
- Sammenstilling_Rammeverk_Verktoyholder
- Sammenstilling_Verktoyholder_Øvre_Del
- Sammenstilling_Vinklet_Elektrodeholder

Denne analysemetoden kalles Finite Element Analysis (FEA), og det blir i hovedsak statiske beregninger som utføres. Dette er først og fremst for å finne nedbøying av rammeverk og byttbare holdegafler som skal lastes med en spesifisert kraft.

Prosjektgruppen konkluderer hvordan resultatet vil påvirke systemet, og om nedbøyingen er akseptabel eller ikke. Viser analysen en ikke akseptabelt verdi, vil dette kreve at designet må forandres/forbedres.

I tillegg til dette vil det også gjøres enkle utregninger med tanke på belastning av komponenter/systemer som skal kjøpes inn av eksterne leverandører. Dette gjelder i all hovedsak:

- Lineærføring i x-akse
- Lineærføring i z-akse

Dette gjøres for å forsikre om at produktene som har blitt valgt ut fra eksterne leverandører vil fungere slik de er tiltenkt i systemet. Informasjonen som brukes blir hentet ut fra produktblader på Festo sin hjemmeside[4].

Design

11.1. Finite Element Analysis (FEA)

Analyseringen vil basere seg på tre hovedpunkter:

- Hva analyseres og hvorfor analyseres denne komponenten
- Selve analysen
- Resultater og konklusjon

Under hvert punkt vil det bli kort forklart hva som analyseres, og hvorfor prosjektgruppen ser det som nødvendig å analysere dette. Analysens gjennomføring blir forklart, da spesielt hvordan konstruksjonene bli lastet og låst. Det vil også legges ved et bilde av konstruksjonen som skal analyseres der laster og låsinger er definert og synlige.

Avslutningsvis vil prosjektgruppen se på resultatene av analysen. Det vil her også legges ved bilder som viser aktuelle situasjoner som prosjektgruppen evaluerer. Det vil også være en konklusjon fra prosjektgruppen som forklarer om konstruksjonen tåler belastningen, og om nedbøyningen blir for stor eller lignende.

Resultater og bilder kan man finne i Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyse*.

Sammenstilling_Verktoyholder_Øvre_Del

Sammenstillingen som analyseres er den øvre delen av den roterende elektrodeholderen (c-akse) som skal lastes med elektrodeholdere. Konstruksjonen består av et holdehjul som skal skrues fast i akseloverføringen, samt ti stk. holdegafler til plassering av elektrodeholdere. Prosjektgruppen har valgt å analysere denne komponenten for å finne nøyaktigheten på nedbøyningen da holdegaflene (to stk.) skal lastes med elektrodeholdere på 7kg, som også skal kunne hentes ut av armen montert på de lineære føringene. Dette blir nærmere forklart i konklusjonen til slutt.

For å analysere verktøyholderens øvre del blir det lagt til krefter tilsvarende elektrodeholderen pluss 20% sikkerhetsmargin på to av holdegaflene.

$$Kraft = 7kg \times 9,81 \frac{m}{s^2} = 68,67 \approx 70N$$

$$Sikkerhetsmargin = 70N \times 0,2 = 14N$$

$$Kraft = 70N + 14N = 84N$$

Design

I tillegg til dette vil konstruksjonen også få en kraft som tilsvarer gravitasjonskreftene som påvirker systemet. Det vil også bli satt en låsing (bestemt geometri) som tilsier at konstruksjonen ikke kan bevege seg i noen retninger i gjennomføringen til skruen som fester øvre og nedre del av verktøyveksleren.

Siden konstruksjonen består av flere deler blir det også satt av et *contact set* mellom holdegaflene og holderhjulet som spesifiserer at det ikke er penetrering mellom delene.

Før analysen kjøres vil det også bli lagt til en fint mesh (maskenett) som bidrar til at resultatet blir så nøyaktig som mulig. Den øvre delen av verktøyveksleren før analyse er vist i Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyser, Bilde 1*.

Resultater og konklusjon

Resultatene fra analysen blir delt opp i to kategorier:

1. Spenningen som konstruksjonen blir utsatt for. Materialet som er valgt til den øvre delen er 6061 aluminiumslegering med en flytegrense på 55,1 MPA. Fra Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyser, Bilde 2* som er hentet ut fra SolidWorks kan prosjektgruppen se at den største spenningen som konstruksjonen blir utsatt for er 35,3 MPA, noe som er innenfor den gitte flytegrensen for materialet.
2. Videre analyseres maksimal nedbøyning av konstruksjonen. Da elektrodeholderne som henger i konstruksjonen skal hentes ut av armen montert på de lineære føringene, kan ikke nedbøyningen være for stor. Fra målinger på trekktapp og holdegaflene blir maks nedbøyning satt til 2mm. Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyse, Bilde 3* viser den største nedbøyningen som opptrer på konstruksjonen. Den blir spesifisert til 0,33mm.

Konklusjon

Fra analysen kan prosjektgruppen konkludere med at konstruksjonen vil tåle belastningen, samt at den maksimale nedbøyningen av konstruksjonen ikke vil bli for stor. Det vil her ikke være nødvendig å gjøre forandringer på design.

Design

Sammenstilling_Rammeverk_Verktoyholder

Rammeverket som skal holde den roterende elektrodeholderen (c-akse), vil bli belastet med vekten av selve konstruksjonen, samt to stk. elektrodeholdere. Denne vekten blir kalkulert ut ved å summere vekten av alle komponentene som inngår i den roterende elektrodeholderen.

Vektene er:

- Verktøyveksler_Nedre
 - Bunnplate Vekt: 0,3 kg
 - Hus Vekt: 2,0 kg
 - Topplate Vekt: 0,1 kg
 - Aksel_Kilespor Vekt: 0,4 kg
 - Motor Vekt: 3,7 kg
 - Gir Vekt: 2,0 kg
- Verktøyveksler_Øvre
 - Holdehjul Vekt: 1,7 kg
 - Byttbar holder (10 stk.) Vekt: 0,6 kg
 - Elektrodeholdere (2 stk.) Vekt: 14 kg
 - Festemateriell Vekt: 0,5 kg

Den totale belastningen vil da bli på 25,3 kg.

Dette gjøres om til en kraft, der det legges til en sikkerhetsmargin på 20%.

$$Kraft = 25,3 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 248,2 \approx 250N$$

$$Kraft = 250 \times 0,2 = 50N$$

$$Maks kraft = 250N + 50N = 300N$$

For å analyse rammeverket vil kraften bli lagt til der den roterende elektrodeholderen er montert. Det vil også legges til en kraft som tilsvarer gravitasjonskreftene som påvirker konstruksjonen. Videre vil konstruksjonen låses på to individuelle steder. Dette gjøres da konstruksjonen skal montere i guly, men også i selve EDM-maskinen. Avslutningsvis vil det defineres et *contact set* der komponenter skal monteres sammen. Dette blir spesifisert slik at komponentene ikke kan penetrere hverandre.

Design

I Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyse, Bilde 4* kan man se konstruksjonen før analysen.

For rammeverket vil vi se på forskyvningen i vertikal- (z-akse) og horisontal (y-akse) akse. Dette er fordi at det i tillegg til å være montert en roterende elektrodeholder, er montert en skinne der beskyttelsesbarrieren skal kunne kjøres i. Denne skinnen er montert på stålsøylen som er montert i gulvet. Det vil også bli analysert om konstruksjonen tåler påkjenningen av lasten med en tilhørende sikkerhetsfaktor.

Resultater og konklusjon

1. Første del av analysen kartlegger hvilke spenninger konstruksjonen blir utsatt for. Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyse, Bilde 5* viser at spenningen maksimalt blir på 37MPa. Siden konstruksjonen består av to typer stål, er det forskjellige flytspenninger som det må tas hensyn til. Disse er:
 - S235JR – 360 MPA
 - S355JR – 450 MPA

Videre utredning og sikkerhetsfaktor kommer i konklusjonen.

2. I del to av analysen ser prosjektgruppen på forflytningen. Vi deler det opp i to forskjellige bevegelser, y- og z-akse.

Forflytning i y-akse

Dette er forflytningen som skjer ved at kraften trykker ned på konstruksjonen, og som dermed sørger for at stålsøylen vil bøye seg. Siden beskyttelsesbarrieren skal kjøres i en skinne montert på denne stålsøylen, kan ikke denne forflytningen være for stor. Fra analysen Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyse, Bilde 6* finner prosjektgruppen at denne forflytningen vil være på maksimalt 0,37 mm.

Forflytning i z-akse

Denne forflytningen påvirker nøyaktigheten i den roterende elektrodeholderen. Fra analysen Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyse, Bilde 7* kan prosjektgruppen se at nedbøyningen vil være på 0,76 mm. Da nedbøyningen er i z-akse, kan nøyaktigheten ved inn- og utlasting av elektrodeholdere fra de lineære aktuatorene være problematisk.

Design

Konklusjon

Resultatene fra analysen viser at kraften som konstruksjonen utsettes for, ikke vil påvirke den da spenningen som oppstår er godt innenfor flytspenningen til materialet. Analysen gir også prosjektgruppen en sikkerhetsfaktor på 7.4. Denne faktoren vil si at konstruksjonen er dimensjonert mye sterkere enn den trenger å være. Men siden forflytningen av konstruksjonen ikke skal bli for stor, har prosjektgruppen valgt å lage rammeverket såpass sterkt.

Videre så blir forflytning i y-akse lik 0,37mm, noe som prosjektgruppen velger å se på som optimalt da den ikke vil påvirke rammeverket eller kjøringen av beskyttelsesbarrieren nevneverdig siden forflytningen er over en stor distanse.

Forflytningen i z-akse vil bli på 0,76mm, men denne må legges sammen med forflytningen fra analysen av Sammenstilling_Verkøyholder_Øvre_Del som er på 0,33 mm, se Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyse, Bilde 3*. Dette gjøres for å finne den totale nedbøyningen av elektrodeholderne som skal lastes inn i den roterende elektrodeholderen for å sikre at armen kan hente ut elektrodeholderen. Den totale nedbøyen blir da $0,76 \text{ mm} + 0,33 \text{ mm} = 1,09 \text{ mm}$.

Prosjektgruppen velger å se bort i fra andre nedbøyninger på andre komponenter da disse vil være tilnærmet, eller lik null.

Siden de lineære føringene kan programmeres til å hente ut elektrodeholderen i ønsket høyde, og siden maks nedbøyning har blitt satt til 2 mm fra kontrollmåling mellom trekktaff og holdegaffel, ser prosjektgruppen den totale nedbøyningen som uproblematisk.

Design

Sammenstilling_Vinklet_Elektrodeholder_Lineærføring

Den vinklede elektrodeholderen for lineærføringene skal monteres rett på guiden til lineære føringen som beveger seg i z-akse. Sammenstillingen består av følgende tre deler:

- Lang_Vinkel
- Vinklet_Arm
- Byttbar_Holder
- I tillegg kommer festemateriell

Formålet med å analysere denne sammenstillingen er å evaluere hvordan kraften vil påvirke konstruksjonen, samt nedbøyningen i vertikal (z-akse). Den vinklede elektrodeholderen skal hente ut elektrodeholderen fra den roterende elektrodeholderen, for så å levere den til innspenningssystemet som er montert på EDM-maskinens tårn. Denne kjøringen skal kjøres i begge retninger, da elektrodeholderen også skal kjøres tilbake når den skal freses opp på nytt. Det er derfor prosjektgruppen velger å se på hvordan den vinklede elektrodeholderen vil oppføre seg når den er lastet.

Da konstruksjonen av lineærføringer som den vinklede elektrodeholderen er montert i er avstivet, velger prosjektgruppen å se bort i andre bevegelsesretninger da disse blir minimale. Fra Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyse, Bilde 8* kan man se at bevegelsen i y-akse er så liten at den ikke vil påvirke systemet nevneverdig.

For å analysere den vinklede elektrodeholderen har prosjektgruppen lagt på en kraft tilsvarende elektrodeholderen som finnes i dag, pluss en 20% sikkerhetsmargin. Den totale kraften som vil virke inn på systemet fra elektrodeholderen vil da bli:

$$Kraft = 7kg \times 9,81 \frac{m}{s^2} = 68,67 \approx 70N$$

$$Sikkerhetsmargin = 70N \times 0,2 = 14N$$

$$Kraft = 70N + 14N = 84N$$

Denne kraften blir lagt til der elektrodeholderen skal hvile i konstruksjonen. I tillegg blir det også lagt til en kraft som tilsvarer gravitasjonskreftene som påvirker den vinklede elektrodeholderen. Låsingen (fiksert geometri) blir lagt til der konstruksjonen vil hvile mot vertikal lineærføring (z-akse), der den vinklede elektrodeholderen vil skrues fast med tre

Design

stk. M5 skruer. Siden komponentene i sammenstillingen skal skrues sammen blir de satt til "bundet" for å ha en sammenkobling. Den vinklede elektrodeholderen før analysen vises i Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyse, Bilde 9*

Resultater og konklusjon

Etter endt analyse kunne prosjektgruppen se på hvordan kraften ville påvirke konstruksjonen, og hvordan denne kraften ville påvirke nedbøyningen. Som det er illustrert i Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyse, Bilde 10*, kan prosjektgruppen konkludere med at kraften ikke vil bli for stor for konstruksjonen. Da den største opptredende spenningen vil være på 63 MPA, og konstruksjonen tåler opp til 235 MPA der denne spenningen opptrer før den får varig deformasjon. Dette gir en sikkerhetsfaktor på 1,89 som er illustrert i Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyse, Bilde 11*. Det skal også nevnes at holdegaffelen er designet av aluminium og har en flytspenning på ca. 55 MPA. Fra Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyse, Bilde 10* kan man se at spenningen ikke vil bli større en ca. 21-37 MPA på holdegaffelen. Dette er også kontrollert via SolidWorks sitt *probe* verktøy.

I og med at den vinklede elektrodeholderen blir utsatt for en kraft, er det også interessant og se på nedbøyningen i z-aksen. Fra Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyse, Bilde 12* kan prosjektgruppen se at den største nedbøyningen vil være på 0,638 mm. Dette er en liten verdi, men siden dette kun er en del av en konstruksjon som er festet i et rammeverk, vil det bli en større nedbøyning på det totale systemet. Dette er grunnen til at det er fordelaktig med så lite nedbøyning som mulig, og noe som resulterer i en overdimensjonering av den vinklede elektrodeholderen.

Prosjektgruppen konkluderer med at en nedbøyning på ca. 0,64 mm er såpass liten at det ikke vil være nødvendig å utføre forandringer på den vinklede elektrodeholderen når det kommer til designløsningen. Videre så vil denne analysen brukes sammen med analysen av Sammenstilling_Rammeverk_Lineæraktuator, se underkapittel:

Sammenstilling_Rammeverk_Lineæraktuator.

Design

Sammenstilling_Rammeverk_Lineæraktuator

Denne delen av rammeverket er bæringen for selve systemet som skal levere elektrodeholdere til og fra EDM-maskinens tårn og den roterende elektrodeholderen. Rammeverket består av fem hovedkomponenter som skal festes sammen for å få et fullstendig rammeverk. Disse delene sveises og skrues sammen, så de er å regne som sammenføyede under analysen. Prosjektgruppen velger å analysere dette rammeverket, da konstruksjonen tilsier at det kan forekomme utfordringer med tanke på nedbøying. Videre vil prosjektgruppen også se på hvor stor kraft som påvirker konstruksjonen, samt hvordan konstruksjonen vil tåle denne belastningen.

På lik linje som analysen for Sammenstilling_Rammeverk_Verktoyholder, se delkapittel X: *Sammenstilling_Rammeverk_Verrktoyholder*, vil kraften som virker inn på konstruksjonen kun være i vertikal (z-akse). Dette er fordi systemet for levering av elektrodeholdere er avstivet via en avlastingskonstruksjon montert på den vertikale føringen. Prosjektgruppen velger derfor å se bort ifra momentet som ellers ville virket inn på rammen. Kraften som vil virke inn på konstruksjonen er i all hovedsak vekten av komponentene som er montert videre ut fra rammeverket. Disse vektene er:

- Vekten fra komponentene montert ut fra x-askens føring er allerede beregnet, se delkapittel X: *Analysering og beregning av eksterne bedrifters komponenter og systemer.* Vekt: 16,7 kg
- Lineærføring i x-akse Vekt: 11,4 kg
- Motor Vekt: 4,1 kg
- Gir Vekt: 2,9 kg
- Aksel-kitt Vekt: 1,1 kg
- Monteringsklosser (4 stk.) Vekt: 0,5 kg
- Festemateriell Vekt: 0,5 kg

Den totale belastningen som rammeverket må holde blir da 37,2 kg. Denne belastningen blir gjort om til en kraft, samt at det legges til en sikkerhetsmargin på 20% før prosjektgruppen bruker kraften i analysen av rammeverket.

Design

$$Kraft = 37,2 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 364,93 \approx 365 \text{ N}$$

$$Kraft = 365 \times 0,2 = 73 \text{ N}$$

$$Maks \text{ kraft} = 365 \text{ N} + 73 \text{ N} = 438 \text{ N}$$

Kraften som har blitt regnet ut vil bli lagt til på rammeverket slik at det virker inn på tverrbjelken der føringen i x-akse blir montert, da i vertikal retning. I Vedlegg O:

Resultater av FEM-analyse, Bilde 13 vil man se hvordan kraften har blitt plassert på rammeverket. På samme måte som andre analyser har det også blitt lagt til en kraft som tilsvarer gravitasjonskreftene som virker inn på konstruksjonen.

Videre så vil rammeverket få to låsinger. Den første blir der rammen er montert i gulvet, og den andre blir der rammeverket er montert i EDM-maskinen. Disse låsingene blir spesifisert som fiksert geometri, og det betyr at rammeverket ikke har mulighet til å bevege seg i festepunktene. Som nevnt vil alle komponentene som skal monteres sammen regnes som sammenføyde under analysen. Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyse, Bilde 14* viser rammeverket før analysen.

Resultater og konklusjon:

Fra Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyse, Bilde 15* kan prosjektgruppen evaluere hvor den største spenningen opptrer på rammekonstruksjonen. Siden tverrbjelken strekker seg ut langs EDM-maskinen vil største spenning opptre i punktet der tverrbjelken og bjelken som går ned til innfestingen på EDM-maskinen er sammenføyet. Denne spenningen vil være på 36,8 MPA, noe som er langt under den maksimale spenningen som materialet tåler. Denne spenningen er på 275 MPA.

Siden prosjektgruppen har valgt å lage en rammeverk som ikke blir avstivet i enden, vil rammen bli konstruert for å ha en liten nedbøyning i z-akse, og det er derfor rammeverket tåler en mye høyere belastning enn det den blir utsatt for.

Nedbøyningen som vil opptre vises i Vedlegg O: *Resultater av FEM-analyse, Bilde 16*, og er beregnet til 0,55mm i vertikal akse (z-akse). Denne nedbøyningen må legges sammen med nedbøyningen for den vinklede elektrodeholderen for å finne den totale nedbøyningen som systemet blir utsatt for. Dette gjøres for å evaluere om systemet kan levere og hente elektrodeholdere til og fra EDM-maskinens tårn, og den roterende elektrodeholderen.

Design

Dens totale nedbøyningen blir:

$$\text{Total nedbøyning} = 0,55\text{mm} + 0,64\text{mm} = 1,19\text{mm}$$

Prosjektgruppen kan nå konkludere med at nedbøyningen ikke vil være så stor at det er nødvendig med forandringer på rammekonstruksjonen. Dette er hovedsakelig på grunn av trekk tappens mulighet til å lastes inn i den roterende elektrodeholderen. Fra målinger har prosjektgruppen funnet ut at maksimal nedbøyning for denne innlastingen er 2 mm, noe konstruksjonen er godt innenfor. Videre er låsing av trekk tapp i EDM-maskinens chuck basert på et avrundet spor, som igjen betyr at chucken vil gripe om trekk tapp, og låse den i riktig posisjon selv om nedbøyningen er på 1,19 mm.

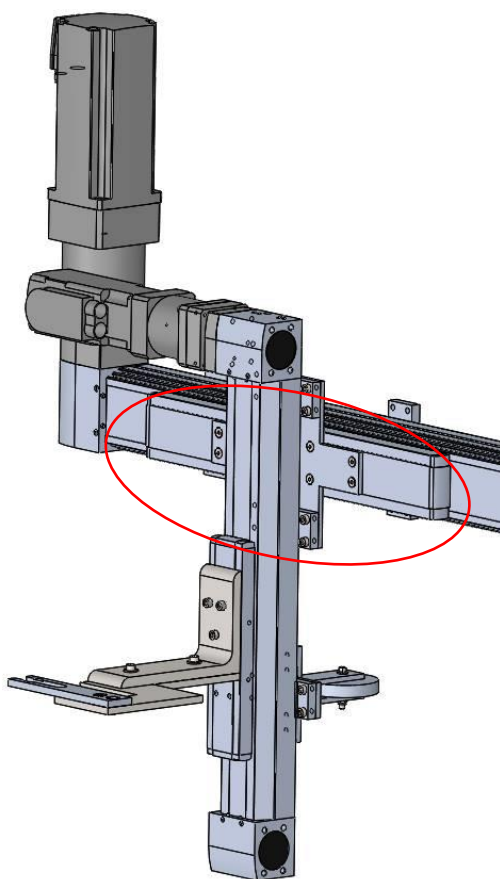
Konklusjonen er at denne nedbøyningen ikke er så stor at prosjektgruppen må arbeide videre med designløsninger på rammekonstruksjonen eller den vinklede elektrodeholderen som skal monteres på lineærføringen som har bevegelse i z-akse.

Design

11.2. Analysering og beregning av eksterne bedrifters komponenter og systemer

Lineærføring i x-akse

Dette er føringen som går i horisontal akse. Den får en belastning på ”guiden” som tilsvarer vekten av alle komponenter som er montert videre ut fra føringen. Dette vises i figuren (fig. 89) under. Siden konstruksjonen er stivet av med en avlastningskonstruksjon (hjul), vil den kun få belastning i vertikal retning (z-akse). Via Festo sine produktblader[4] har prosjektgruppen funnet ut at maks belastning på lineærføringens guide er oppgitt til 800N i vertikal retning. Andre belastninger og momenter velger prosjektgruppen å se bort i fra, da kreftene som opptrer blir såpass små at de ikke vil påvirke lineærføringens guide.



Figur 89. Lineærføring i x-akse

Design

Vekt belastning

For å finne vekten som opptrer i vertikal akse har prosjektgruppen gått igjennom alle komponenter som er montert videre fra lineær aktuator i x-akse. Under finnes en liste av komponentene og deres vekter:

- | | |
|-----------------------------------|--------------|
| • 70 x 200 lineær føring (z-akse) | Vekt: 3,6 kg |
| • Aksel-Kitt (z-akse føring) | Vekt: 0,5 kg |
| • Motor (z-akse føring) | Vekt: 1,6 kg |
| • Gir (z-akse føring) | Vekt: 0,9 kg |
| • Arm | Vekt: 1,9 kg |
| • Byttbar holder for lineærføring | Vekt: 0,2 kg |
| • Festeanordning mellom føringer | Vekt: 0,5 kg |
| ○ Brakett | |
| • Skruer og festemateriell | Vekt: 0,5 kg |
| • Elektrodeholder | Vekt: 7,0 kg |

Dette gir en totalvekt på 16,7kg. Videre så finnes belastningen i Newton nøyaktig. Det legges også til en sikkerhetsmargin på 20% slik at belastningen er godt innenfor tillatt maks belastning på guiden.

$$F_z = 16,7 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_z = 163,83 \approx 164 \text{ N}$$

Maks belastning som vil opptre på horisontal lineær aktuator er 160N. Inkluderer vi en sikkerhetsmargin blir dette:

$$F_z = 164 \times 0,2 = 32,8 \text{ N}$$

$$F_z = 164 + 32,8 = 196,8 \text{ N}$$

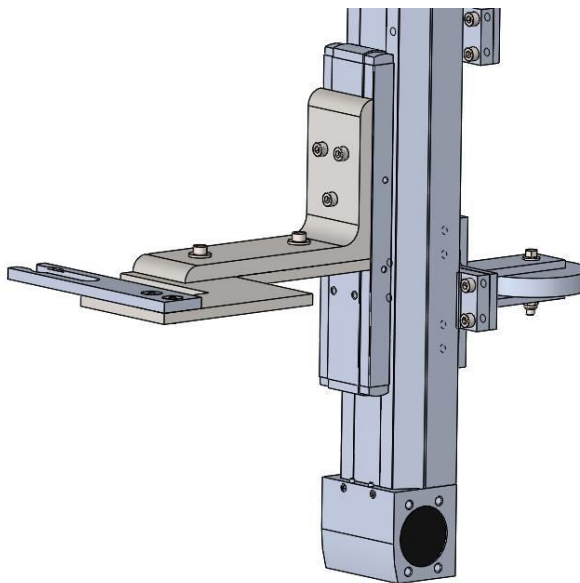
Konklusjon

Den maks belastningen som vil opptre i z-aksen blir regnet ut til å være 196,8 N, da inkludert en sikkerhetsmargin på 20%. Konklusjonen er at denne belastningen på langt nær vil påvirke lineærføring i x-akse da den er konstruert for å tåle en maks belastning på 800N.

Design

Lineærføring i z-akse

Denne lineærføringen har bevegelse som går i vertikal akse (z-akse), se figur (fig. 90). På samme måte som lineærføringen i x-aksen vil belastningen oppstå via andre komponenter som er montert videre ut fra føringens guide, men siden guiden kjøres i samme retning som kraften påvirker den, vil det bli motoren som må overvinne denne belastningen.



Figur 90. Lineærføring i z-akse

Siden prosjektgruppen har brukt verktøyet "Festo Positioning Drives" vil denne motoren med et tilhørende girsystem være skalert til å klare belastningen som prosjektgruppen har spesifisert. Det vil derfor ikke være nødvendig å beregne denne belastningen videre.

I tillegg til en belastning i z-akse, vil føringens guide utsettes for to aktuelle momenter.

1. Moment om guidens z-akse da elektrodeholderen opplagres ut fra sentrum på den vinklede elektrodeholderen.
2. Moment om guidens x-akse da elektrodeholderen opplagres ut fra guiden.

Fra Festo sine produktblader[4] kan prosjektgruppen finne maks moment som guiden kan utsettes for:

1. Maks moment om z-akse: $M_{z_maks} = 5 \text{ N/m}$
2. Maks moment om x-akse: $M_{x_maks} = 30 \text{ N/m}$

Design

I tillegg til dette må prosjektgruppen finne avstanden som lasten viker inn på i forhold til senter av guiden på den vertikale føringen.

1. Avstand fra senter guide til senter last for $M_z = 30\text{mm} = 0,03\text{m}$
2. Avstand fra senter guide til senter last for $M_x = 300\text{mm} = 0,3\text{m}$

Med disse verdiene kan prosjektgruppen finne momentet som virker inn på guiden. For M_z vil det være vekten av elektrodeholderen som er lasten, mens for M_x vil vekten av den vinklede elektrodeholderen også legges til.

Momentberegninger:

$$M_z = 7\text{kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,03\text{m} = 2,06 \text{ N/m}$$

$$M_x = 7\text{kg} + 2\text{kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,3\text{m} = 26,485 \text{ N/m}$$

Konklusjon

Ut i fra de verdiene som prosjektgruppen har funnet via Festo sine produktblader[4], vil ikke momentet bli så stort at det påvirker guiden på den lineære føringen i z-aksen. Det tas forbehold om at kjøringen av de lineære aktuatorene ikke vil være så rask at "peak load" vil overskride maks belastning.

Design

12. Verktøykontrollsystemet

I konseptfasen har prosjektgruppen konkludert med at verktøykontrollsystemet, i dagens situasjon, bør utføres som delautomatisert system. På grunn av begrensninger i mulighetene for kommunikasjonen mellom de forskjellige styresystemene er helautomatisering ikke mulig på nåværende tidspunkt.

Sammenlikning av forskjellige teknikker som kan brukes i verktøykontrollsystemet resulterte med at bruk av en RFID-løsning ble pekt ut som den beste løsningen.

Sammenlikning med kravene som ble stilt til verktøykontrollsystemet resulterte i at det burde jobbes videre med et system som er basert på systemkomponenter som produseres av Balluff. Addering av systemkomponenter fra andre produsenter ble ikke utelukket.

I designfasen vil fokuset derfor ligge på utvikling av et system som er delautomatisert i dagens situasjon, men åpner for ombygging til et helautomatisert system i framtiden.

12.1. Oversikt system

Elektrodedata som bør overføres registreres på en RFID-brikke, samt unik ID som følger elektrodeverktøyet. Det har blitt valgt en mulighet for å lagre elektrodedata på brikken på grunn av ønsket mulighet for å kunne lese elektrodedata på en skjerm, samt erfaringer med en spesifikk type brikke som har muligheten for å lagre elektrodedata. Elektrodedata er dynamisk informasjon (kan endre seg), i motsetning til ID som er statisk informasjon (endrer seg ikke). Etter konsultasjon med oppdragsgiveren og KTT har Balluff RFID brikke BIS C-122-04/L blitt valgt som førstevalg dataenhet. Denne brikken har en datakapasitet på 512 bytes, som er mer enn tilfredsstillende (se kapittel 12.2: *Databrikke*). En annen viktig teknisk egenskap er at brikken har blitt testet av KTT i det aggressive miljøet dielektrikumvæsken skaper i og rundt EDM-maskinen. Testresultatene viser at brikken motstår miljøet. Verktøykontrollsystemet vil derfor videreutvikles etter denne typen brikke.

Prosjektgruppen har sett på 3 metoder som kan erstatte dagens 'gul lapp' system:

- Den første metoden er å bruke et bærbart verktøykontrollsystem som kan kobles til en database. Dette systemet går ut ifra bruk av en bærbar enhet som kan lese data fra og skrive data til brikken. Etter fresingen av elektrodene i fresemaskinen leser operatøren elektrodedataen fra skjermen på fresemaskinen, taster inn riktig

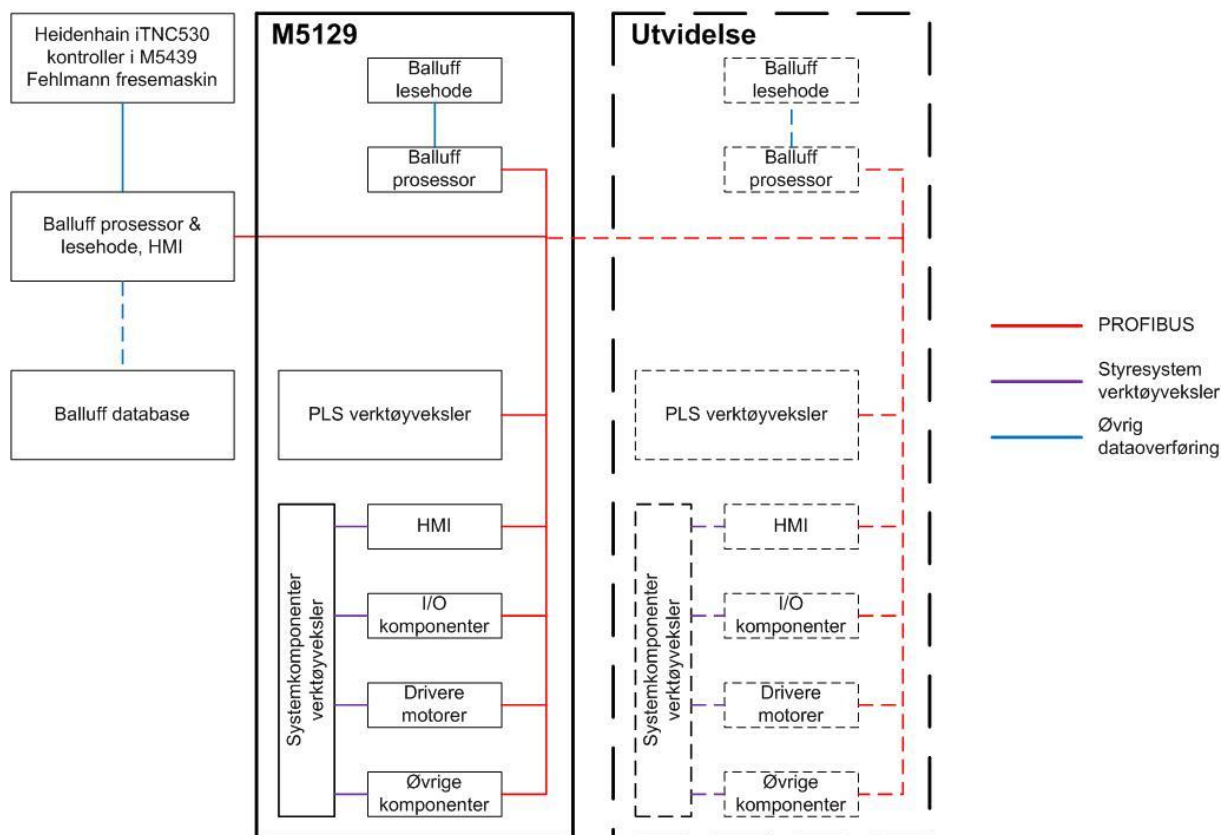
Design

elektrodedata i enheten og laster det opp til brikken. Deretter kan elektrodedataen og verktøy-ID leses ut ved EDM-maskinen med samme enheten og kontrolleres opp mot programmet som vil kjøres av EDM-maskinen. Dette erstatter 'gul lapp' systemet, men fjerner ikke feil som kan oppstå ved feil registrering eller avlesning.

- En annen mulighet er en kombinasjon av fast eller manuell lese-/skrive-hode med HMI/berøringsskjerm i nærheten av fresemaskinen, kombinert med en bærbar enhet. Til å få dette til bør det utvikles en kobling mellom Heidenhain iTNC530 styresystemet i M5439 Fehlmann fresemaskin og verktøykontrollsystemet. Denne koblingen bør gjøre det mulig å kopiere elektrodedata fra fresemaskinen til verktøykontrollsystemet. Etter at koblingen er fullført kan elektrodedataen fra fresemaskinen overføres til brikken og kan den bærbare enheten brukes for avlesning av elektrodedata og verktøy-ID ved EDM-maskinen. Balluff har informert prosjektgruppen at kopieringen av elektrodedata fra fresemaskinen til verktøykontrollsystemet er mulig og har sendt prosjektgruppen nødvendig dokumentasjon for å kunne tilpasse Heidenhain iTNC530-styresystemet. Dokumentasjonen finnes i vedlegg N: *Manual Heidenhain «Balluff-Werkzeugidentifikation» (Mai 2007)*. Det finnes også mer informasjon i kapittelet 12.7: *Kobling med styresystemet M5439 fresemaskin*. Manuell lesing og skriving kan gjennomføres på forskjellige måter. Det finnes mer informasjon om det i kapitlene 12.4: *Manuell lese- & skrive-enhet med kabel BIS C-720-01-03* og 12.5: *Lese- & skrivehode*.
- En tredje mulighet er å få til koblingen mellom fresemaskin og verktøykontrollsystemet, samt installasjon av en fast eller manuell lese-/skrive-hode med HMI/berøringsskjerm i nærheten av både fresemaskinen og EDM-maskinen. De enhetene blir koblet opp mot hverandre gjennom bruk av PROFIBUS kommunikasjon. Mer informasjon om PROFIBUS finnes i kapittel 12.6: *Proseszor* og kapittel 7: *Verktøyveksler*.

Dagens 'gul lapp' system inneholder ingen lagring av elektrodedata for senere bruk. De gule lappene blir kastet etter bruk. Derfor har prosjektgruppen ikke undersøkt en mulighet for lagring av elektrodedata i en database. Muligheten er derimot tatt med i oversikten i figur (fig. 91) for å få en helhetlig oversikt over mulighetene av systemet.

Design



Figur 91. Oversikt verktøykontrollsystemet og tilkoblede styresystemer

Visualisering av elektrodedata og varsel om riktig eller galt innlastet elektrodeverktøy bør skje i direkte nærheten av EDM-maskinene. Visualiseringen kan skje gjennom PC-skjerm, fast display, displayet på den bærbare enheten eller lyssignal (eventuelt supplert med lydsignal). Hvis framtidige styresystemer på EDM-maskinene tillater det, kan det programmeres at et verktøy som ikke tilhører programmet i EDM-maskinen ikke vil bli lastet inn av verktøyveksleren. En slik ordning i verktøyveksleren som blir utviklet av prosjektgruppen blir ikke anbefalt, fordi kommunikasjon mellom styresystemet til verktøyveksleren og EDM-maskinen ikke er mulig i dagens situasjon. Automatisert kontroll av programmet i EDM-maskinen mot verktøy-ID på brikken er derfor ikke mulig, noe som minimerer nødvendigheten av en slik programmering. Operatøren må altså fortsatt kontrollere om verktøy-ID tilhører programmet i EDM-maskinen gjennom sammenlikning av data på skjermene.

Design

I framtiden kan systemet utvides til flere EDM-maskiner, verktøyvekslere og eventuelt flere fresemaskiner og andre systemer som kan kobles opp mot verktøykontrollsystemet via PROFIBUS. Det vil uansett bli behov for koblinger mellom verktøykontrollsystemet og styresystemene til de maskinene som blir del av utvidelsene for å kunne nå ønsket om helautomatisering.

Fordelen med verktøykontrollsystemet i forhold til de andre systemene som blir designet i dette prosjektet er at systemet kan implementeres på et annet tidspunkt uten at dette har stor innflytelse på funksjonaliteten til de andre systemene. Verktøyveksleren kan ikke bygges uten å bygge beskyttelsesbarrieren, og det nye innspenningssystemet skaper lønnsomheten som trengs for å kunne investere i byggingen av verktøyveksleren og tilhørende beskyttelsesbarrieren. Verktøykontrollsystemet har ikke denne tilknytningen, som gjør implementering mer fleksibel.

12.2. Databrikke

Databrikken er den viktigste delen av systemet. Brikken vil transportere data som er kritisk for funksjonaliteten til verktøykontrollsystemet. Tekniske egenskap brikken bør ha er:

- Har nok datakapasitet
- Har mulighet for lagring av dynamisk data
- Tåler aggressivt miljø, forårsaket av dielektrikumvæske
- Passer på elektrodeverktøyet
- Er RFID-basert
- Har tilfredsstillende lese- og skriveavstand
- Har tilfredsstillende lese- og skriveid

Som beskrevet i innledningen til dette kapitlet har prosjektgruppen valgt å anbefale bruk av BIS C-122-04/L brikker. Denne typen brikke har de tekniske egenskapene som oppsummeres.

Design

Datakapasitet

Datakapasiteten til brikken er på 512 bytes, fordelt over 16 blokker av 32 bytes. Hvis vi bruker ASCII til HEX koding trenger vi 1 byte per ASCII karakter. Brikken trenger 1 byte for lagring av unik data som tilhører selve brikken, den brukbare kapasiteten blir dermed på 511 bytes. Elektrodedataen består av 4 verdier med 7 karakterer, som gjør at elektrodedataen bruker 28 bytes totalt. Verktøy-ID kan derfor ha $511 - 28 = 483$ ASCII karakterer. Sannsynligheten for at verktøy-ID vil være på 483 eller flere karakterer er veldig liten, brikken har derfor nok datakapasitet.

Mulighet for lagring av dynamisk data

Brikken kan både leses fra og skrives til, som gjør at den kan lagre dynamisk data.

Tåler aggressivt miljø, forårsaket av dielektrikumvæske

Kongsberg Terotech (KTT) har testet brikkene i en periode før prosjektgruppen påbegynte prosjektet. Testresultatene viste at brikkene tåler miljøet de vil brukes i.

Passer på elektrodeverktøyet

Målene til brikken er en diameter på 10 mm og en tykkelse på 4,5 mm. Brikken blir limet på elektrodeverktøyet. For å beskytte brikken mot eksterne mekaniske belastninger som støt og liknende, kan brikken monteres innfelt i metallet («flush mounting»). Størrelsen på elektrodeverktøyet gjør at brikken passer på elektrodeverktøyene, både i tilfellet montasje på overflaten og innfeltmontasje.

Før brikkene blir montert på elektrodeverktøyet bør man være obs på posisjonen på elektrodeverktøyet brikken vil bli montert. I tilfellet manuell registrering av brikkene bør brikken være montert på et sted som er enkelt tilgjengelig, slik at registreringen kan foregå uten for mye bøying av kroppen til operatøren. I tilfellet automatisk registrering av brikkene bør brikken være montert på et sted hvor lesehodet kan nå brikken på en så lettvinnt måte som mulig.

RFID-basert

Typen brikke er basert på bruk av RFID teknologi. Lesing fra og skriving til brikken skjer gjennom radiofrekvens styrt kommunikasjon (RFID).

Design

Leseavstand

Lese- og skriveavstanden til brikken er avhengig av type lesehode. De hodene som passer brikken har nesten like lese- og skriveavstander. Derfor kan det antas at avstanden ligger mellom 0 og 2 mm.

I tilfellet automatisk lesing fra og skriving til brikken er det nødvendig med nøyaktig posisjonering av lese-/skrivehode. Ved manuell lesing og skriving er det derfor nødvendig at operatøren holder lese-/skrivehodet nær nok brikken.

Lese- og skrivetid

Brikken har 16 blokker på 32 bytes. Elektrodedataen som leses fra og skrives til brikken er 28 bytes. I verste tilfelle vil dataen altså fordeles over 2 blokker.

Eksempel: *Lesetiden til brikken, hvis posisjonen til både brikke og lese-/skrivehode er stabil/ikke bevegende, vil bli 120 ms/blokk (110 ms for første blokk på 32 bytes). Hvis dataen er fordelt over de første 3 blokkene, blir totalt lesetid $110 + 2 \cdot 120 = 350$ ms.*

Skrivetiden til brikken, hvis posisjonen til både brikke og lese-/skrivehode er stabil/ikke bevegende, vil bli:

- $(y \cdot 120 + n \cdot 10)$ ms
- y = antallet blokker som dataen blir lagret i
- n = antallet sammenhengende bytes

Skriving av 50 sammenhengende bytes, fordelt over 3 blokker, blir: $(3 \cdot 120 + 50 \cdot 10)$ ms = 860 ms.

Lesetiden til brikken på elektrodeverktøyet vil derfor bli omtrent $2 \cdot 120$ ms = 240 ms.

Skrivetiden til brikken på elektrodeverktøyet vil derfor bli omtrent $2 \cdot 120 + 28 \cdot 10 = 520$ ms.

Hvis lesingen og skrivingen skjer automatisk, dvs. ved fast montert lesehode, bør brikken være i ro mens dataoverføringen gjennomføres. Nødvendig tilpassing av styreprogrammet til maskinen som transporterer delen med påmontert brikke kan derfor forekomme, for å sikre tidsrammen som er nødvendig for dataoverføringen.

Design

12.3. Bærbar lese- & skrive-enhet

Balluff har to forskjellige bærbare enheter med lese- og skrivefunksjonalitet som kan brukes. Den første enheten er en «handy programmer» (HP) og den andre enheten er en «handheld» (HH). HP er en enhet som er utviklet for bruk i vedlikeholdssituasjoner, men kan også brukes i produksjonssituasjoner. Kommunikasjon med datamaskinen skjer gjennom en RS232 protokoll og tilhørende programvare. Største ulempen med denne løsningen er gjentakende til- og frakobling av RS232 konnektoren. HH har dette problemet ikke, fordi den kan brukes med en «cradle» (dokkingstasjon) som kan kobles direkte med datamaskinen og strømtilførsel. Hver gang HP settes inn i dokkingstasjonen blir den automatisk koblet opp mot datamaskinen og samtidig ladet opp. HP er for øvrig også tilgjengelig med Wifi tilkoblingsmulighet (802.11b/g) og/eller strekkodeskanner. HH kan også brukes med dokkingstasjon, men bare for å lade opp batteriet.

HP trenger et separat lesehode som plugges inn i en 6,3 mm «jack»-kontakt på selve HP. Type lesehode avhenger av type brikke som leses fra og skrives til. HH har et integrert lesehode som kan kommunisere med databrikker av type BIS C-1xx. HH bruker en berøringsskjerm (med penn) i farger, og kan bli utstyrt med et pistolgrep for enklere håndtering.

12.4. Manuell lese- & skrive-enhet med kabel BIS C-720-01-03

Den manuelle lese- og skrive-enheten med fast pistolgrep, eller read/write gun (RWG), med fastmontert kabel kan monteres i direkte nærheten av stedet hvor brikkene bør leses fra eller skrives til. Kabellengden er på 3 meter og kobles direkte til en prosessorenhet eller PLS. RWG kan lese fra eller skrive til en brikke gjennom tastetrykk på enheten og har lys- og lydvarsling. RWG trenger, lik HP, et separat lesehode som plugges inn i en 6,3 mm «jack» kontakt.

Design

12.5. Lese- & skrivehode

Hvis automatisk lesing av og skriving til brikker foretrekkes, anbefales det å bruke et fastmontert lese- og skrivehode som monteres på et sted i systemet. Lese- og skrivehoder fås i forskjellige størrelser, former og andre spesifikasjoner, men utvalget blir begrenset av type brikke. En oversikt over anbefalte lese- og skrivehoder til BIS C-122-04/L brikken:

- BIS C-300 (diameter på 14,5 mm)
- BIS C-302 (spesifikk lesehode)
- BIS C-306 (M16 hode med ferdigmontert kabel)
- BIS C-325 (M18 hode uten kabel)
- BIS C-328 (55x30x20mm, kan bare brukes hvis brikken blir limt på overflaten til verktøyet)

Det er for øvrig mulig å montere en slik lese-/skrivehode in en holder, slik at den kan fungere som manuell enhet. Kabellengden er begrensningen i bruken.

12.6. Prosessor

Alle fastmonterte lese- og skrivehoder må kobles til en prosessor med en kabel.

Prosessoren er mellomleddet mellom hodene og datasystemet. Datasystemet kan være PC, PLS eller en kombinasjon av disse to. Prosessorene gjør altså om signalene fra RFID delen av systemet til data som kan leses av PC eller PLS.

Prosessorene kan ikke bare kategoriseres etter type lesehode (input), men også type data (output). På grunn av bruken av PROFIBUS kommunikasjon i styresystemet til verktøyveksleren og ønsket fleksibilitet med tanke på framtiden anbefales det å bruke prosessorer med PROFIBUS funksjonalitet. En oversikt over anbefalte prosessorer til lese- og skrivehodene, som oppsummeres i delkapittelet 12.5: *Lese- & skrivehode*, med PROFIBUS funksjonalitet:

- BIS C-6022-xxx-050-03-ST10
- BIS C-6022-xxx-050-03-ST14

Design

PROFIBUS er en standard for kommunikasjon over et industrielt (twisted-pair) bussystem og ble utviklet på slutten av 1980-tallet. Systemet har blitt en av verdens største industrielle kommunikasjonsplattformer i verden. Systemet er standardisert og er fleksibel i bruk på grunn av forskjellige måter kommunikasjonen kan skje på. Den teoretiske kommunikasjonshastigheten ligger mellom 9,6 kbit/sek og 12Mbit/sek, ved maksimal kabellengde på 1200 meter. Disse egenskapene gjør at systemet er veldig brukbar i dette prosjektet.

12.7. Kobling med styresystemet M5439 Fehlmann fresemaskin

Styresystemet til den M5439 Fehlmann Picomax 60-HSC fresemaskinen omfatter blant annet en Heidenhain iTNC530 kontroller. Denne kontrolleren lagrer data som trengs overført til RFID brikkene. For å kunne få det til trengs det et grensesnitt mellom iTNC530 kontrolleren og en Balluff prosessor. Heidenhain har utviklet en mulighet på sine TNC426, TNC430 og iTNC530 kontrollere for å kunne kommunisere med Balluff sine prosessorer. Denne kommunikasjon skjer i hovedsak gjennom bruk av PROFIBUS.

Heidenhain har skrevet en manual som blant annet beskriver de tekniske kravene som stilles til Heidenhain sitt utstyr og hvilke programvareløsninger som trengs for å kunne koble deres system til Balluff sitt system. Manualen heter «Balluff-Werkzeugidentifikation» (se vedlegg N: *Manual Heidenhain «Balluff-Werkzeugidentifikation» (Mai 2007)*) og er på tysk. Det er ukjent om manualen har blitt oppdatert i mellomtiden eller om manualen fås på andre språk. Likevel antyder manualen at det finnes en løsning for å kunne overføre data fra Heidenhain sin iTNC530 kontroller til Balluff sitt RFID system.

I løpet av designfasen fant prosjektgruppen informasjon om et system fra Balluff som kunne kobles opp direkte mot Heidenhain iTNC530 kontrollere (Balluff Tool ID Upgrade system). Denne informasjonen ble presentert som en pakkeløsning. Løsningen kunne gi besparelser i forhold til montering, programmering og idriftsettelse av koblingen mellom Heidenhain og Balluff sine systemer. Prosjektgruppen har kontaktet Balluff for å få mer informasjon om systemet, men mot slutten av prosjektet viste det seg at systemet ikke kunne leveres av Balluff. Grunnen til det er at systemet er sammensatt av systemdeler fra forskjellige leverandører, og Balluff kunne bare levere deres komponenter og hadde ikke kunnskap om de andre systemdelene. Prosjektgruppen ble henvist til en Heidenhain service partner for å diskutere løsningen på koblingen mellom Heidenhain sitt styresystem og

Design

Balluff sitt system. Fordi denne informasjonen kom så sent i prosjektet, har prosjektgruppen ikke hatt mulighet til å ta kontakt med Kongsberg Terotech, som er Heidenhain service partner. Kostnadsanalysen på denne systemdelen er derfor basert på en grov estimering.

12.8. Konklusjon

Økonomi og kommunikasjonsmuligheten med andre styresystemer, spesielt styresystemene til EDM-maskinene, begrenser implementeringen av verktøykontrollsystemet som tilfredsstiller kravene som blir stilt til verktøykontrollsystemet i kravspesifikasjonsdokumentet. For å kunne tilfredsstille ønsket om helautomatisering i framtiden anbefaler prosjektgruppen en løsning som er basert på bruk av PROFIBUS sin kommunikasjonsplattform. Dette tilsvare mulighetene 2 og 3 som blir beskrevet i delkapittel 12.1: *Oversikt system*.

12.8.1. Kostnader og bruk

Kostnadsoversikten med komponentliste som tilhører verktøykontrollsystemet finnes i Vedlegg P: *Kostnader for verktøykontrollsystem*. Oversikten har blitt delt opp for å få en bedre oversikt over kostnadene til de forskjellige systemdelene. Prisene til delene er hentet inn fra leverandøren eller prislister på internett og prisene til arbeid er estimert. Prisene til arbeid er vanskelig å fastslå, fordi det ikke er kjent ennå hvem som vil utføre arbeidet.

En oversikt over beregnede totalpriser til de forskjellige systemdelene:

- Handy programmer:
 - Deler: NOK 20.000
 - Arbeid (estimert): NOK 8.000
 - Totalpris (estimert): **NOK 28.000**
- Handheld:
 - Deler: NOK 26.410
 - Arbeid (estimert): NOK 8.000
 - Totalpris (estimert): **NOK 34.410**

Design

- Lese-/skrivestasjon ved fresemaskin:
 - Deler: NOK 22.920
 - Deler kobling Heidenhain – Balluff (estimert): NOK 10.000
 - Arbeid lese-/skrivestasjon (estimert): NOK 16.000
 - Arbeid kobling Heidenhain - Balluff (estimert): NOK 32.000
 - Totalpris (estimert): **NOK 80.920**
- Lese-/skrivestasjon ved EDM-maskin:
 - Deler: NOK 12.350
 - Arbeid (estimert): NOK 8.000
 - Totalpris (estimert): **NOK 20.350**

De estimerte kostnadene for **mulighet 2 (kobling mellom Heidenhain og Balluff og handy programmer)** utgjør:

$$\text{NOK } 80.920 + \text{NOK } 28.000 = \text{NOK } 108.920$$

De estimerte kostnadene for **mulighet 2 (kobling mellom Heidenhain og Balluff og handheld)** utgjør:

$$\text{NOK } 80.920 + \text{NOK } 34.410 = \text{NOK } 115.330$$

De estimerte kostnadene for **mulighet 3 (kobling mellom Heidenhain og lese-/skrivestasjon ved EDM-maskinen)** utgjør:

$$\text{NOK } 80.920 + \text{NOK } 20.350 = \text{NOK } 101.270$$

Bruk av en bærbar enhet utelukker en eventuell framtidig helautomatisering av systemet. Ved installasjon av en lese-/skrivestasjon ved EDM-maskinen kan brikkene på elektrodeverktøyene leses manuelt inntil muligheten for kommunikasjon med styresystemet på EDM-maskinen blir mulig (for eksempel ved fornying av styresystemet eller erstatning av EDM-maskinen). I dette tilfellet kan lese-/skrivestasjonen bygges om til en helautomatisert enhet i systemet. Derfor anbefaler prosjektgruppen mulighet 3.

Design

12.8.2. Kravoppnåelse

Verktøykontrollsystemet har blitt designet etter kravene som har blitt stilt til systemet i kravspesifikasjonsdokumentet. En oversikt over kravene som tilhører verktøykontrollsystemet og oppnåelse av disse kravene vises i de neste avsnittene. Fargene som brukes som bakgrunn bak kravkodene har følgende betydning:

- **Grønn**: krav oppfylt
- **Gul**: krav betinget oppfylt
- **Rød**: krav ikke oppfylt

OB_01: *Oppgradering av EDM-maskin skal tilpasses senere utvikling av produksjonslinjen.* Gjennom bruk av PROFIBUS systemet kan verktøykontrollsystemet kommunisere med andre systemer som bruker PROFIBUS. Verktøykontrollsystemet vil være i stand til å kommunisere med styresystemet til både verktøyveksleren til EDM-maskin 5129 og fresemaskinen (etter kobling mellom Heidenhain kontrolleren). PROFIBUS er et system som har blitt en standard i industrien, og derfor forventes det at PROFIBUS vil eksistere i mange år framover.

OB_02: *Produktet skal være CE-godkjent.* Alle produkter som brukes i verktøykontrollsystemet er CE-godkjent.

OB_03: *Produktet skal være mulig å bestille, samt implementere.* Verktøykontrollsystemet vil ikke kunne bli implementert i styresystemet til EDM-maskinen, på grunn av tekniske årsaker.

OB_06: *Verktøykontrollsystem med enheter skal tåle tiltenkt arbeidsmiljø.* Brikkene som kommer i direkte kontakt med dielektrikumvæsken har blitt testet med hensyn til dette og resultatene viser at brikkene tåler det. Testene har blitt utført av Kongsberg Terotech, før prosjektgruppen satt i gang med prosjektet.

OB_07: *Verktøykontrollsystemet skal bestå av produkter fra leverandøren Balluff.* Hovedkomponentene til verktøykontrollsystemet er fra Balluff.

Design

OB_08: *Oppgradering av EDM-maskin 5129 skal betales ned i løpet av ett år. Hvis verktøykontrollsystemet implementeres som et separat system, kan det betales ned i løpet av et år. Forutsetningen er besparelsene som oppnås ved bytting til system 3R innspenningssystemet.*

BSVK_01: *Det skal foreligge et type system som viser operatør at riktige elektrodedata er lagt inn. Elektrodedata vil vises på skjermer ved fresemaskinen og EDM-maskinen.*

BEVK_01: *Elektrodedata skal skrives til verktøykontrollenhet på elektrodeverktøy. Elektrodedata kan skrives til verktøykontrollenheten ved bruk av bærbare enheter eller kobling mellom styresystemet til fresemaskinen og Balluff sitt system.*

BEVK_02: *Start av skriving/lesing til/fra verktøykontrollenhet skal indikeres. Det vil kunne programmeres en mulighet for indikering av lesing og skriving.*

BEVK_03: *Vellykket skriving/lesing til/fra verktøykontrollenhet skal indikeres. Det vil kunne programmeres en mulighet for indikering av vellykket lesing og skriving.*

BEVK_04: *Verktøykontrollsystemet skal være dynamisk. Brikkene og andre systemkomponenter tillater dynamisk dataoverføring.*

BEVK_05: *Elektrodedata skal kunne hentes automatisk fra elektrodefresens styresystem. Forutsetningen er en vellykket kobling mellom styresystemet til fresemaskinen og Balluff sitt system.*

BEVK_06: *Elektrodefresens styresystem må kunne lese eksisterende data fra verktøykontrollenheter. Forutsetningen er en vellykket kobling mellom styresystemet til fresemaskinen og Balluff sitt system.*

BEVK_07: *EDM-maskinens styresystem skal kunne lese av enheter fra verktøykontrollenhet. Det er ingen kommunikasjonsmulighet mellom styresystemet til EDM-maskinen og verktøykontrollsystemet. Dette skyldes tekniske spesifikasjoner til EDM-maskinen.*

Design

13. Lønnsomhetsanalyse

Som en del av leveransen skal prosjektgruppen bevise for oppdragsgiver at prosjektet er lønnsomt. Kravene *OB_03*, *OB_08* er knyttet til implementasjon og lønnsomhet. Dette kapittelet tar for seg en oversikt over hva som må bestilles av materiell enten det er et ferdig produkt, eller komponenter som må bestilles inn til videre bearbeiding som for eksempel maskinering.

13.1. Verktøykostnader

Informasjon hentet fra Vedlegg B: *Sluttrapport for forprosjektet: "EDM Automatisering"*, viser en sammenlikning av verktøykostnader for gammel og ny EDM-prosess. Tabellen (tab. 19) som også finnes i dokumentet *Visjon* viser følgende:

Maskintype	Produserte deler før elektrodebytte	Et sett med utstyr	Verktøykostnader
Gammelt maskinsystem	30	1414,-	47,10 per del
Nytt maskinsystem	74	1222,-	16,50 per del

Tabell 18. Verktøykostnader

13.2. Besparelse

Lønnsomhet er det primære målet for alle bedrifter, inklusivt GAN. Det grunnleggende for å skape lønnsomhet er selvsagt produkter eller tjenester som det er behov for i markedet.

Uten god lønnsomhet vil ikke bedriften, i dette tilfellet GAN overleve i det lange løp.

Derfor er det svært viktig å analysere nåværende og fremtidig lønnsomhet.

Prosjektgruppen har etter nøkkeltall fra Vedlegg B: *Sluttrapport for forprosjektet: "EDM Automatisering"*, og en rekke intervjurunder kommet frem til at GAN vil oppnå ca. kr 280.000,- besparelse per år ved å kun gå over til 0-punktssystemet system 3R knyttet til oppgradering av deres EDM-maskin 5129, se figur (fig. 92) på neste side.

Design

EDM 5129 NY (15 timer)

Elektrodestaver:	
Kr	1313
Deler	30
Sum pr. del	43,77
Sum deler i året	459585 Kr

Elektrodeblokker:	
Kr	1222
Deler	74
Sum pr. del	16,51
Sum deler i året	173355 Kr

Besparelse:	
Utgning:	459585 - 173355
Sum bespart	286230 Kr

Forutsetninger:	
Arbeidsdager i året:	350
Ant. Deler i timen:	2
Ant. Deler om dagen:	30
Ant. Deler i året:	10500

Figur 92. Besparelse

13.3. Budsjett over estimerte priser

Dette delkapittelet tar for seg en estimert oversikt over et budsjett som er knyttet til mekanisk og elektrisk materiell for hele systemet. Noen priser kommer fra pristilbud prosjektgruppen har fått fra eksterne leverandører, mens andre kommer fra listepriser via leverandørens hjemmeside. Det vil være noe usikkerhet knyttet til kostnadene da det ikke er kommet nøyaktig pris på alle komponenter som skal kjøpes inn.

Design

13.3.1. Budsjett maskin

Etter ferdigstillelse av tegningsgrunnlag tilhørende komponenter som må bestilles/maskineres har prosjektgruppen tatt kontakt med Norsk Stål og Devotek for å få et pristilbud på materialene som skal brukes i konstruksjonen. Norsk Stål ga prosjektgruppen en veiledende pris på ca. kr 50000,- på alle materialer. Dette dekker da ikke kostnader knyttet til maskinering og installasjon. Derfor tok prosjektgruppen kontakt med Devotek som har ekspertise innen maskinering. Ut i fra tegningsgrunnlaget estimerte Devotek en pris på ca. kr 100000,- +/- 30% for materiale samt maskinering. Men siden GAN benytter seg av en polsk bedrift for maskinering samt bruk av lærlinger fra K-tech har prosjektgruppen estimert en totalsum på ca. kr 70000,-. Tegningsgrunnlaget er skrevet på engelsk for å tilrettelegge utenlandske maskineringsbedrifter.

I tillegg til denne kostnaden vil det komme pristilbud fra diverse leverandører som for eksempel pleksiglass og skinnsystem, se Vedlegg Q: *Kostnader for maskin*.

13.3.2. Budsjett elektro

Budsjettet til elektrodelen for prosjektet bygger på prisinnhenting og forespørsel om tilbud fra forskjellige bedrifter prosjektgruppen har kontaktet. Som man kan se i Vedlegg R: *Kostnader for elektro*, ligger det totale budsjettet på 185729 kroner, som inneholder komponenter og estimert timearbeid for installasjon av verktøyvekslersystemet.

Det ligger mye jobb bak budsjetteringen, men det er viktig å tenke på at disse prisene er estimert, og oppdragsgiver kan ved forespørsel få bedre pristilbud enn det prosjektgruppen har fått fra de forskjellige bedriftene.

Videre kan man se at Vedlegg R: *Kostnader for elektro*, inneholder komplett oppsett med spesifikasjoner, produktkoder og del nummer, noe som tilsier at oppdragsgiver kan bestille deler direkte fra dette dokumentet.

13.4. Cash flow

Prosjektgruppen har utarbeidet et "cash flow" diagram i Excel for å visualisere kontantstrømmen til produksjonsoptimaliseringen av EDM-maskin 5129. Dette gir oppdragsgiver en pekepinn på de utgiftene de må ut med det første året for videre avkastning de må ut med de neste årene. Se Vedlegg T: *Cash flow* for kontantstrøm for en 10-års periode.

Design

14. Konklusjon

Gjennom dette dokumentet har prosjektgruppen utarbeidet et designgrunnlag for bygging og bruk av et verktøyvekslersystem med tilhørende systemer for EDM-maskin 5129.

Designgrunnlaget omhandler utvikling og design av konseptideen P2_Lin-Roterende som blir beskrevet i dokumentet, se *Konsept*. Designgrunnlaget er basert på overordnet brukerkrav OB_02: *Produktet skal være CE-godkjent* og «Forskrift for maskiner» hvor prosjektgruppen satte opp dokumentasjon for prosjektet i henhold til §9: «*Omsetning og levering av delvis ferdigstilte maskiner*». Det vil si at prosjektgruppen utarbeidet dokumentgrunnlaget i samsvar med disse forskriftene. CE-godkjenning innebærer samtidig at produktet er i samsvar med HMS-regelverk noe prosjektgruppen har tatt hensyn til.

Utarbeidelse av designet til beskyttelsesbarrieren og verktøyvekslersystemet er basert på lønnsomheten som oppnås ved ombyggingen til det pneumatiske chuck adaptere, som er en del av 0-punktsystemet. Derfor startet prosjektgruppen med å finne den totale kostnadsgevinsten som oppgraderingen av 0-punktsystemet ga, dette ble funnet til 286320 kroner. Ut ifra dette begynte prosjektgruppen å se på designløsninger relatert til konseptvalget og CE-kravene som stilles fra «Forskrift for maskiner», §9. Når prosjektgruppen hadde kommet frem til et design, startet arbeidet med å se på FEM analyser, kalkulasjoner og komponentkostnader for å forsikre oss om at designet var på rett vei. Dette ble gjort for å finne den mest optimale løsningen.

Ut ifra verktøyene over, samt det endelige designet mener prosjektgruppen at de har kommet frem til et tilfredsstillende design som både har et profesjonelt utseende og er funksjonelt for å følge utviklingen av produksjonslinjen. Med tanke på dette tilfredsstiller designet bruker- og systemkrav oppdragsgiver har satt utenom nedbetalingskravet. Dette er fordi prosjektgruppen har kommet frem til en total kostand for maskin og elektro på 338076 kroner. Det er viktig å presisere at denne kostnaden er en kombinasjon av reelle og estimerte priser som prosjektgruppen har fått, så denne summen vil kunne variere med tanke på leverandører og maskineringsbedrifter som oppdragsgiver har utarbeidede avtaler med.

Alt i alt synes alle prosjektgruppens medlemmer at resultatet fra designfasen er et produkt med god funksjonalitet som dekker viktige krav knyttet til HMS, ergonomi og

Design

oppdragsgivers ønsker og behov. Prosjektgruppen har også tatt høyde for service- og vedlikeholdsarbeid på komponenter innenfor begge fagretninger (maskin og elektro) som det har blitt jobbet spesielt mye med for dette prosjektet. I tillegg til designarbeid har prosjektgruppen kontaktet mange eksterne bedrifter for å finne gode løsninger på de forskjellige systemene som har blitt utredet, og dette har hjulpet prosjektgruppen i faser hvor det har vært usikkerheter.

Med dette er prosjektgruppen godt fornøyd med selve designet, selv om ikke alle krav ble nådd. Et eksempel på dette er kostnadskravet. Det er her utarbeidet et kostnadsestimat som overskrider estimert sum for besparelse. Dette er noe det er knyttet usikkerhet til da kostnadene er delvis reelle kostander, men også estimerte priser. Det vil være faktorer som at GAN kan ha avtaler med maskineringsbedrifter i utland osv. som påvirker denne summen.



Etteranalyse

Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM-maskin 5129

Prosjekt gruppe: Eirik Brendeløkken (EB)
Morten A. Kjær (MK)
Erik Michalsen (EM)
Mark A. Steffens (MS)

Prosjektleder: Erik Michalsen

Intern veileder: Kjell Enger

Kunde: GKN Aerospace Norway AS

Ekstern veileder: Even Engebakken

Etteranalyse

Innholdsfortegnelse

Tabelloversikt	3
Vedlegg	3
1. Innledning	1
1.1. Formål med dokument	1
1.2. Liste over definisjoner og forkortelser.....	1
1.3. Oversikt.....	2
2. Dokumenthistorie	3
3. Introduksjon til prosjektet.....	4
4. Administrativ vurdering	5
4.1. Prosjektgjennomføring.....	5
4.1.1. Samarbeid	5
4.1.2. Oppdragsgiver	6
4.1.3. Intern veileder.....	7
4.2. Sykdom/fravær.....	8
4.3. Planlegging	8
4.4. Estimering.....	9
4.5. Møter.....	10
4.6. Presentasjoner	11
5. Teknisk vurdering	12
5.1. Produktet	12
5.2. Prosjektmål og kravoppnåelse	14
5.3. Økonomi	15
6. Egenvurdering	16
6.1. Eirik Brendeløkken	16
6.2. Morten A. Kjær	18
6.3. Erik Michalsen	20
6.4. Mark A. Steffens	22
7. Konklusjon	25
8. Takk til	26

Etteranalyse

Tabelloversikt

Tabell 1. Liste over definisjoner og forkortelser	1
Tabell 2. Prosjektmål og kravoppnåelse	14

Vedlegg

Vedlegg A:	<i>Prosjektmandat</i>
Vedlegg D:	<i>Gantt</i>
Vedlegg E:	<i>Aktivitetsplan</i>
Vedlegg G:	<i>Møtestruktur</i>
Vedlegg K:	<i>Estimert timeoversikt</i>

Etteranalyse

1. Innledning

1.1. Formål med dokument

Formålet med dette dokumentet er å oppsummere og å gi en oversikt over hvordan prosjektet er gjennomført. Hensikten er å kartlegge hvilke utfordringer vi har møtt, hvordan vi har løst dem og hvordan vi har samarbeidet med oppdragsgiver, veiledere og mellom oss i prosjektet. Vurderingene er basert etter administrative, tekniske og personlige erfaringer gjort i prosjektperioden.

1.2. Liste over definisjoner og forkortelser

Definisjoner/forkortelser	Beskrivelse
CNC	Computer Numerical Control
EDM	Electrical Discharge Machining
Elektrodedata	Registrering av elektrodedata eller høyde av elektrodene etter en freseprosess i CNC-maskin.
Elektrodeholder	En stålplate hvor det er festet fire elektroder
Eroderingsprosess	Den elektriske energien fra strømforsyningen endret til ønsket resultat ved nøye utviklet og kontrollert pulsgeneratorer.
GAN	GKN Aerospace Norway
Grafittblokk	Elektroder blir frest ut fra en grafittblokk
HMS	Helse, Miljø og Sikkerhet

Tabell 1. Liste over definisjoner og forkortelser

Etteranalyse

1.3. Oversikt

Dette dokumentet er satt opp på slik måte at det tilfredsstiller intern og ekstern veileder.

Kapittel 3 beskriver en kort introduksjon til prosjektet.

Kapittel 4 beskriver våre erfaringer knyttet til hvordan vi har gjennomført prosjektet.

Kapittel 5 beskriver våre erfaringer knyttet til hvordan resultatet av produktet ble.

Kapittel 6 beskriver prosjektmedlemmenes egenvurdering av prosjektet.

Kapittel 7 skal redegjøre konklusjonen av prosjektet.

Kapittel 8 er rettet som en hyllest og takk til de mest involverte personene som har hatt direkte påvirkning av prosjektet.

Etteranalyse

2. Dokumenthistorie

Versjon	Kommentar	Forfatter	Dato
0.1	Dokument opprettet.	EM	11.05.2015
0.2	Arbeid med dokumentet: <ul style="list-style-type: none">• Generelt arbeid.	EM	14.05.2015
0.3	Oppdatert dokument: <ul style="list-style-type: none">• Revidering av punkter.• Oppdatert lister for: innholdsfortegnelse, tabeller og vedlegg.• Fikset referanser.• Generelt arbeid i dokumentet.	EB	18.05.2015
1.0	Revidering av dokument: <ul style="list-style-type: none">• Dokumentet er godkjent som rev.1.0.	EB	18.05.2015

Etteranalyse

3. Introduksjon til prosjektet

Vi har utarbeidet prosjektet ”Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM-maskin 5129” tildelt av GKN Aerospace Norway i samarbeid med Kongsberg Terotech AS. Vi har fått i oppdrag om å oppgradere en operatørvhengig EDM-maskin med et automatisk verktøyvekslersystem og et automatisk innspenningssystem som passer til dagens fabrikkstandard.

GAN har ingen god løsning på oppfølging av endringer i elektrodehøyder når grafittblokkene freses i CNC-maskinen. Grafittblokkene er en del av elektrodeholdere som brukes i EDM-maskinen. Operatørene noterer elektrodehøydene på en ”gul lapp” som legges ved elektrodeholderen etter fresingen.

Vår oppgave var å designe et verktøyvekslersystem, innspenningssystem, beskyttelsesbarriere og å finne en løsning for lagring og behandling av elektrodedata som skal følge elektrodeholder gjennom arbeidsprosessen. I tillegg stilte GAN et krav om at oppgradering av EDM-maskin 5129 skal nedbetales i løpet av ett år. Som en del av prosjektet har vi lagt frem en plan for prosjektgjennomføringen, dokumentere denne underveis, samt en egen evaluering av arbeidet i etterkant.

Etteranalyse

4. Administrativ vurdering

Dette kapittelet beskriver våre erfaringer knyttet til hvordan vi har gjennomført prosjektet.

4.1. Prosjektgjennomføring

4.1.1. Samarbeid

Prosjektgruppen

Opprinnelig bestod prosjektgruppen av fem gruppemedlemmer, men dessverre måtte en av gruppemedlemmene forlate prosjektgruppen på grunn av ikke bestått eksamen i desember 2014. Høgskolens reglement krever at alle eksamener må bestås for å kunne påbegynne Bachelor oppgaven, dermed måtte vi gjennomføre prosjektet med fire personer.

Gruppesammensetningen ble to maskin studenter og to elektro studenter, hvor gruppemedlemmene kjente hverandre fra før, men ikke gjennom tidligere samarbeid.

Vi er alle studenter som går et utdanningsløp som heter Y-veien Maskin/Elektro og har derfor en praktisk arbeidserfaring. Av den grunn var det et ønske å skrive en oppgave vi kunne identifisere oss med. Derfor var oppgaven som omhandlet ombyggingen av en maskin en ideell oppgave for prosjektgruppen.

Sammensetningen av prosjektgruppen bestod av to maskin- og to elektrostudenter. Derfor hadde alle gruppemedlemmene sitt eget ansvarsområdet, noe som krevde mer selvstendighet og ansvar sammenliknet med prosjektgrupper bestående av samme fagretning. For å kunne fullføre oppgavene som lå innenfor ansvarsområdene, måtte gruppemedlemmene samarbeide på tvers av fagfeltene. Et eksempel på det er at maskinstudentene designet en løsning, elektrostudentene fant komponenter som passet løsningen og deretter tegnet maskinstudentene komponentene inn i programmet SolidWorks.

Selv om gruppemedlemmene har sterke personlige meninger, samt forskjellige livssituasjoner, stod det ikke i veien for å finne løsninger på utfordringer som oppstod underveis i prosjektet. Gjennom diskusjon arbeidet prosjektgruppen aktivt for å luke ut problemer når disse ble oppdaget. Resultatet av dette var at samarbeidet mellom gruppens medlemmer ble sterkere og samtidig bedre underveis i prosjektperioden. Noe som har resultert i et sluttresultat prosjektgruppen er stolt av.

Etteranalyse

4.1.2. Oppdragsgiver

Prosjektgruppen tok kontakt med bedriften GKN Aerospace Norway, fordi prosjektgruppen følte at denne bedriften kunne gi gruppen en spennende oppgave. Det viste seg at det var muligheter for samarbeid, og at bedriften kunne levere en tverrfaglig oppgave som muligens passet prosjektgruppen og kravene til høyskolen. Etter noen revideringer av tilsendt prosjektmandat ble oppgaven godkjent av høyskolen, og deretter kunne prosjektgruppen sette i gang med forberedelser.

I prosjektperioden har prosjektgruppen hatt et tett samarbeid med forskjellige ansatte fra oppdragsgiveren. Ekstern sensor og ekstern veileder har vært flinke i å inkludere flere medarbeidere fra ulike avdelinger hos GAN. Dette har bidratt til at vi i prosjektgruppen kunne ha tatt kontakt med de riktige personene når prosjektgruppen hadde relevante spørsmål. Alle de involverte har vist en stor interesse for prosjektet, og takket være deres engasjement, syntes prosjektgruppen at det utviklede systemet er et vellykket resultat.

Til tross for et godt samarbeid mellom prosjektgruppen og oppdragsgiveren, har det vært noen uklarheter underveis. Et eksempel på dette er bestemmelsen om hvem som skal programmere det utviklede systemet, her har det vært noen kontrabeskjeder som har forvirret prosjektgruppen. De utfordringen som har oppstått skyldes at GKN Aerospace Norway er en stor bedrift med en travel hverdag. Likevel klarte bedriften å bistå prosjektgruppen med den informasjonen som måtte foreligge i de forskjellige periodene. Prosjektgruppen har også fått god oppfølging, og alle kontaktpersoner har vært hjelpsomme gjennom prosjektperioden.

Etteranalyse

4.1.3. Intern veileder

Vi er alle svært fornøyd med Kjell Enger sitt bidrag som vår intern veileder gjennom prosjektet. Å ha en veileder med relatert arbeidserfaring har gjort prosjektet enklere å gjennomføre. I tillegg har vi fått inntrykk at prosjektet er av interesse for veileder som videre fører til et bedre samarbeid. Kjell Enger har stilt kritiske spørsmål knyttet til samarbeid, fremdrift osv. som har vist seg til å være svært nyttig. Han klarte også å oppdage utfordringer i gruppens struktur, noe som kunne føre til nedsatt effektivitet og samarbeid i gruppen. Takket være hans intervensjon kunne prosjektgruppen utføre nødvendige tiltak som minimerte sannsynligheten for framtidige utfordringer.

Prosjektgruppen mener at innsatsen som intern veileder legger ned i prosjektet har en positiv innvirkning på det endelige resultatet. Kjell Enger har støttet og veiledet oss gjennom prosjektperioden på en veldig god måte.

Etteranalyse

4.2. Sykdom/fravær

Det har vært noe sykdom i prosjektperioden, men vi føler at dette ikke har påvirket det planlagte arbeidet i en stor grad. Fravær derimot har vært en større utfordring. En av utfordringene ligger i livssituasjonen til to av prosjektmedlemmene som fikk barn i løpet av semester fire av studiet. En god planlegging har vært tilstede for å takle denne utfordringen. Vi har planlagt faste ”pappadager” og gjeldende gruppemedlemmene har byttet pappadager eller skaffet barnevakt hvis nødvendig for å nå de resultatene som ble bestemt i dokumentet, se *Visjon*. Det har til tider vært stressende og krevende å sette opp en kabal som skal tilfredsstille alle parter, men vi har lykket med å få det til. En annen utfordring har vært reisevei. Dette skyldes blant annet problemer med transport til og fra Kongsberg som har påvirket enkelte gruppemedlemmers mulighet til å møte opp som avtalt.

4.3. Planlegging

Dokumentering av planleggingen av prosjektet har vist seg til å være en stor utfordring. Vi har brukt Microsoft Project til å utarbeide et Gantt diagram, se Vedlegg D: *Gantt*, for å vise start- og sluttdato for hver aktivitet i prosjektet. Hensikten er å vise hva som må gjøres og når. Selv om vi har hatt litt undervisning i emnet, opplevde vi å mangle en del kunnskap om det. Etter at vi hadde valgt prosjektmodell, satt sammen prosjektplanleggingen i en Gantt skjema og laget en aktivitetsoversikt med estimerte timer, fikk vi både tilbakemeldinger om at det så greit ut og at det fortsatt manglet noen deler i prosjektplanleggingen. Dette virket veldig forvirrende på oss. Vi har prøvd å rette opp i prosjektplanleggingen, men helt inntil ferdigstilling av prosjektet har vi ikke fått bekreftet at vi har lykket med det. Likevel mener vi at prosjektmodellen vi har brukt passer prosjektet best, selv om det var delte tilbakemeldinger om det. Dette viser seg blant annet i resultatene som foreligger.

I tillegg til Gantt diagrammet har vi utarbeidet støttedokumenter som aktivitetsplan, se Vedlegg E: *Aktivitetsplan*, og iterasjonsdokument, se dokument: *Iterasjon*.

Noe som gjorde det utfordrende å planlegge var manglende informasjon fra høgskolens side som prosjektgruppen trengte for å kunne sette i gang med prosjektet. Et eksempel på det er prosjekthåndboken som inneholder mye nyttig informasjon men som prosjektgruppen fikk tilsendt sent i prosjektet.

Etteranalyse

Uten noen tidligere erfaringsdata å hente så mener vi at prosjektet har blitt planlagt så grundig det lar seg gjøre for et slikt prosjekt.

4.4. Estimering

Tidsplanen for årets bacheloroppgave er noe endret siden tidligere år da HBV har bestemt seg for å flytte ut av bygget samt at bacheloroppgaven gjennomføres over 1 semester istedenfor av 2, noe som betyr at vi fikk en kortere tid for å fullføre prosjektet.

Bacheloroppgaven tilsvarer 20 studiepoeng, og hver studiepoeng tilsvarer omtrent 27 til 30 timer med arbeid i uken. Totalt antall timer som det forventes at studenten vil jobbe med oppgaven, ligger på ca. 550 til 600 timer.

Timelisteoversikten, se Vedlegg K: *Estimert timeoversikt*, viser en oversikt over registrerte timer fra hver student. Selv om oversikten viser noe forskjell i antall timer mellom de forskjellige gruppemedlemmene, så var dette noe som vi hadde forventet på grunn av forskjellige livssituasjonene til de forskjellige gruppemedlemmene.

Prosjektgruppen er enig i at alle har bidratt etter evne.

Vår interne veileder, Kjell Enger, har vært flink til å følge opp prosjektgruppen under hele prosjektet hvor han har stilt kritiske spørsmål for å sørge for en god og målrettet fremdrift. Etter veiledermøte 15.04.2015 spurte Kjell Enger hvordan vi lå an i prosjektet i forhold til estimerte timer. Da gikk det opp for oss at vi ikke hadde tatt hensyn til dette. Da vi estimerte hver aktivitet tenkte vi ikke over hvor mange timer i uken vi var nødt for å jobbe for å nå den totale estimeringen. I tillegg har den totale estimeringen blitt høyere da vi har estimert feil på noen aktiviteter, samt at vi har fjernet eller endret aktiviteter uten å endre estimeringen.

På grunnlag av det overnevnte mener vi at estimering av timer kunne blitt utført på en annerledes måte. Allikevel har vi klart å fullføre det meste av dokumentasjon og aktiviteter før fristene som står i Gantt diagrammet, se Vedlegg D: *Gantt*. Vi tar med oss erfaringen med slik timeestimering og ser det som en lærerik prosess som vi kan ta med oss videre i arbeidslivet.

Etteranalyse

4.5. Møter

Gjennom prosjektperioden har vi skilt mellom tre forskjellige typer møter; intern, veileder og oppdragsgiver. Vi opprettet retningslinjer for møter, se Vedlegg G: *Møtestruktur*, for å sikre effektivitet under møter.

Vi har hatt internmøter etter behov hvor vi har fulgt en fast agenda for å gjennomgå delegerte arbeidsoppgaver, å avklare usikkerhet og å sikre videre fremdrift. Strukturen fulgte også for veiledermøter. Vi følte at internmøtene ikke alltid var nødvendig, i disse tilfellene ble det skrevet memoer eller meldinger på Facebook når viktig informasjon måtte dokumenteres.

Oppdragsgivermøter ble gjennomført når prosjektgruppen hadde behov for å tilegne seg informasjon fra oppdragsgiver, samt når oppdragsgiver ville bli informert om status på prosjektarbeidet.

Erfaringen vi tar med oss videre er at man oppnår en god oversikt over fremdriften i prosjektet og man kan raskt iverksette tiltak ved avvik. Som nevnt i delkapittel 4.1.6: Estimering, har Kjell Enger fulgt opp prosjektgruppen på en profesjonell måte, noe vi forventet da vi ønsket han som veileder ved prosjektoppstart.

Etteranalyse

4.6. Presentasjoner

Vi har hatt to presentasjoner i prosjektet frem til nå. Den tredje og siste finner sted etter denne vurderingen er skrevet. I forbindelse med tidligere skoleprosjekter og i jobbsammenheng har alle gruppemedlemmene erfaring med det å holde en presentasjon for en ukjent forsamling. Erfaringene herfra har vært gode å ha med seg i prosjektet.

Da vi ble introdusert til oppgaven fra GAN oppstod det forvirring rundt oppgavebeskrivelsen og hensikten med prosjektet. Det å formidle et budskap som er kjent for oss, men ikke våre tilhørere, har vært en utfordring knyttet til presentasjonene. Det var vi nødt til å ta i betraktning når vi selv skulle forklare forsamlingen hva prosjektet innebar.

Tilbakemeldinger fra veiledere og sensorer har vært nyttige etter presentasjon en og to, og vi ser frem til å presentere den siste presentasjonen.

Etteranalyse

5. Teknisk vurdering

Dette kapittelet beskriver våre erfaringer knyttet til den tekniske delen av prosjektet.

5.1. Produktet

Når prosjektgruppen fikk utlevert prosjektmandatet lå det ved lite informasjon om ønsker fra oppdragsgiveren, men heller mer spesifikke resultatmål som var ønskelig å oppnå. På grunn av dette valgte prosjektgruppen å vie en del tid på å danne et godt grunnlag ved hjelp av forskjellige verktøy for informasjonsinnhenting. Dette ble gjort for å kartlegge ønskene både til ledelsen og operatørene. Ut ifra dette ble det laget en kravspesifikasjon med tilhørende tester som prosjektgruppen har brukt som en guideline gjennom prosjektperioden. Med tanke på at oppdragsgiver ikke spesifiserte noen ønsker om spesifikke systemløsninger, måtte prosjektgruppen ta for seg alle aktuelle løsninger som kunne være tilfredsstillende mot kravspesifikasjonene. Det ble derfor gjennomført en konseptutredning hvor prosjektgruppen så på forskjellige muligheter for å tilfredsstille oppdragsgiver og deres ønsker. Etter en grundig evaluering av lønnsomheten ved oppgradering av nytt innspenningssystem, som var påkrevet fra oppdragsgiver, visste prosjektgruppen hvilke kostnadsramme konseptet jobbet innenfor. Dette ble en av de viktigste faktorene som prosjektgruppen tok med seg videre ved valg av konsept.

Konseptutredningen resulterte i at konseptet som ble valgt og godkjent av oppdragsgiver, var basert på lineær førings teknologi med et roterende innlastningssystem for elektrodeholdere. Med dette kom også en oppgradering av dagen beskyttelsebarriere, som ikke tilfredsstilte dagens sikkerhetskrav. Siden oppdragsgiver ga prosjektgruppen frie tøyler til å velge teknologi for verktøyvekslingssystemet, så prosjektgruppen på dette konseptet som en veldig god løsning.

Noen av de store utfordringene prosjektgruppen har måtte håndtere i designperioden er mangel på tid, kontakt med eksterne bedrifter og leverandører, samt ny informasjon om kjemiske egenskaper til dielektrikum væsken. Til tross for store utfordringer føler prosjektgruppen at de har angrepet disse på en god og effektiv måte, noe som gjenspeiler seg i resultatet som leveres til oppdragsgiver.

For å tilfredsstille oppdragsgivers ønske har prosjektgruppen sett på forskjellige løsninger som kan implementeres for å forberede dagens «gul-lapp» system. Dagens «gul-lapp»

Etteranalyse

system har i dag store risikoer for feil inntasting av elektrodehøyder, og samt tap av eksisterende elektrodedata. Løsningen som prosjektgruppen har funnet, er en RFID løsning som er tilpasset miljøet på produksjonslinjen. Videre kan denne løsningen kombineres med styresystemet til verktøyveksleren, som gjør at systemet kan følge utviklingen til produksjonslinjen.

Etteranalyse

5.2. Prosjektmål og kravoppnåelse

Som beskrevet i dokumentet, se *Visjon*, så gir prosjektmål grunnlag for å kunne vurdere i ettertid om resultatet av prosjektet ble slik som avtalt med oppdragsgiver. Vi har sammenlignet de resultatmålene som er knyttet til hva som konkret skal foreligge som resultat når prosjektet er ferdig, samt de prosessmålene som belyser om våre forventninger og ambisjoner er nådd. Tabellen (tab. 2) viser en oversikt av prosjektmåloppnåelse.

Mål	Beskrivelse	Status	Merknad
Resultat	<ul style="list-style-type: none"> Nok dokumentasjonsunderlag for en ombygging til 0-punktssystem. 		
	<ul style="list-style-type: none"> Nok tegningsunderlag for produksjons av verktøyveksler som gir et bedre arbeidsmiljø i form av god løsning på inn- og utlasting av elektroder. 		
	<ul style="list-style-type: none"> Innføre en løsning som gjør at en fjerner behovet for ”gul lapp”, samt reduserer risiko for feil inntasting av elektrodehøyde. 		
Prosess	<ul style="list-style-type: none"> Å levere et sluttprodukt som tilfredsstillter oppdragsgivers krav og spesifikasjoner. 		
	<ul style="list-style-type: none"> Å oppnå et resultat og sluttkarakter som alle i prosjektgruppen er tilfredsstilt med. 		Karakter ikke satt.
	<ul style="list-style-type: none"> Å realisere en egenutvikling i form av økt kompetanse i samarbeid og kommunikasjon. 		
	<ul style="list-style-type: none"> Å utfordre de kunnskapene vi har tilegnet oss gjennom våre studier, og teste de ut i praksis. 		

Tabell 2. Prosjektmål og kravoppnåelse

Grønn farge viser mål som er oppnådd, mens rød farge viser mål som ikke er oppnådd.

Etteranalyse

Som tabellen (tab. 2), viser så mener vi at det har blitt utarbeidet nok dokumentasjon til oppdragsgiver for en ombygging til et 0-punktssystem, tegningsunderlag for produksjon av verktøyvekslersystemet og en løsning som reduserer risiko for feil inntasting av elektrode høyde. Videre håper vi at sluttproduktet tilfredsstiller oppdragsgivers krav og spesifikasjoner.

I tillegg har vi laget en fullstendig oversikt over hvilke bruker- og systemkrav som har blitt oppnådd, se Vedlegg S: *Kravoppnåelse*.

5.3. Økonomi

Gjennom dette prosjektet har prosjektgruppen måtte holde et meget strengt budsjett, både prosjektadministrativt og prosjektt teknisk. Nøkkeltall som verktøykostnader, har hjulpet prosjektgruppen i å sette opp en kostnadsramme for prosjektet. Dette har vært en veldig viktig del med tanke på at oppdragsgiver har stilt krav til nedbetaling av prosjektet innen et arbeidsår. Ut ifra nøkkeltallene kom prosjektgruppen frem til at designes maksimalkostand for å tilfredsstille nedbetalingskravet er 286230 kroner. Prosjektgruppen har fra dagen en sett på dette kravet som en stor utfordring, og det å finne en reell pris på alle komponenter har vist seg å være problematisk. Dette skyldes kompleksiteten av oppgaven.

Prosjektgruppen har klart å utvikle et produkt med løsninger som oppfyller krav etter brukerønsker, ergonomi og sikkerhet. Kravet for lønnsomhet er det noe usikkerhet knyttet til. Prisen som prosjektgruppen har funnet på oppgraderingen av EDM-maskin 5129 er noe høyere en besparelsen ved å gå over til en nytt innspenningssystem. Det kan være flere faktorer som er skyld i dette, blant annet at flere av prisene som prosjektgruppen har funnet baserer seg på estimer.

Etteranalyse

6. Egenvurdering

6.1. Eirik Brendeløkken

Prosjektoppgaven som jeg har arbeidet med i dette semesteret har jeg gjennomført med en prosjektgruppe bestående av fire studenter med forskjellig bakgrunn. Vi er delt i to studieretninger; maskin og elektro. Alle gruppemedlemmene har fagteknisk bakgrunn så ønsket var en oppgave der vi kunne bygge et teknisk system. Oppgaven vi fikk utdelt fra GKN Aerospace Norway var resultatet av en lang søknadsperiode der prosjekt-gruppen kontaktet en mengde drifter for å finne en oppgave som vi syntes var spennende. I all hovedsak baserer denne oppgaven seg på en teknisk løsning, men uten at et fysisk produkt skulle bygges. Dette har ført til at det har blitt lagt ned mye arbeid i å utforme et grundig dokumentunderlag som GAN kan bruke når prosjektet er over.

Prosjektgruppens opprinnelige utforming besto av fem studenter som går Y-veien ingeniørutdanning, men da et gruppemedlem ikke klarte å bestå sin eksamen i desember ble vi redusert til fire studenter. Dette var en utfordring som prosjektgruppen var nødt til å takle, men som har påvirket oss gjennom hele prosjektperioden. Til tross for dette synes jeg at alle medlemmene i prosjektgruppen har jobbet målrettet mot et godt resultat. Fra første dag var den felles enighet om at vi ønsket å legge ned mye arbeid for å tilfredsstille oppdragsgiver og skole, samt at vi skulle få et godt læringsutbytte av denne oppgaven. Jevnt over har alle medlemmene bidratt til å ferdigstille prosjektet før innleveringene, jobbet selvstendig med dokumenter og tatt ansvar.

Det skal ikke legges skjul på at det har vært utfordringer knyttet til prosjektarbeidet. Gruppen består som sagt av studenter med forskjellige livssituasjoner, der to studenter har barn, samt at jeg har fire timer reisevei til og fra skolen. Et problem som dukket opp var måten vi kommuniserte med hverandre på. Tidlig i prosjektet hadde vi en situasjon der et gruppemedlem følte seg noe utenfor gruppen da han ikke kunne møte opp like ofte som resten. Dette resulterte i en utfordring knyttet til kommunikasjonen mellom han og de resterende studentene. Under et veiledermøte ble denne problematikken tatt opp, og prosjektgruppen valgte å vie tid til å finne en god løsning. Dette resulterte i at samarbeidet og kommunikasjonen internt i gruppen forbedret seg drastisk, og forble god gjennom resten av prosjektperioden.

Etteranalyse

Som nevnt har jeg tatt del i en bacheloroppgave som ble skrevet for GAN. Dette innebar at prosjektgruppen måtte ha mye kontakt med en ekstern bedrift. Alt i alt føler jeg at oppdragsgiver har bidratt gjennom hele prosjektperioden med å være tilgjengelige for møter, stille med arbeidsted, ordne fri tilgang til EDM-maskin, osv. Dette har vært til stor hjelp for prosjektgruppen. Kommunikasjon mellom prosjektgruppen og oppdragsgiver har hovedsakelig gått via mail. Dette har bydd på noen utfordringer, da med tanke på tilbakemeldinger til prosjektgruppen. Det har til tider tatt lang tid å få svar, men dette har prosjektgruppen taklet ved å sende flere forespørsler, samt tatt opp spørsmålene på møter med GAN. Totalt sett vil jeg si at samarbeidet mellom prosjektgruppen og GAN har fungert på en bra måte.

En del av denne oppgaven har også vært knyttet til skolen og deres krav. Fra skolen sin side har det blitt stilt opp med en veileder og en sensor som skal bistå og evaluere prosjektgruppens arbeid og resultat. Jeg føler at vår veileder Kjell Enger har gjort en god jobb ved å stille prosjektgruppen kritiske spørsmål, samt hjelpe gruppen/medlemmer når vi hadde spørsmål. Vår sensor Karoline Moholth har også kommet med tilbakemeldinger på dokumentasjon, samt presentasjonene som vi har holdt gjennom prosjektperioden.

Prosjektet jeg nå har vært igjennom har vært en lærerik opplevelse for meg. Det å jobbe med en oppgave av denne skalaen har resultert i kunnskapsutvikling når det kommer til prosjektarbeid, teknologi, bedriftskontakt, utvikling og samarbeid med mennesker med forskjellig væremåte og bakgrunn. Gjennom dette semesteret har det vært mange oppturer som jeg har delt med mine prosjektmedlemmer, men også noen utfordrende situasjoner. Vi har lært å takle problemer knyttet til samarbeid, kommunikasjon og det å være i kontakt med større bedrifter som studenter. Det å arbeide med bachelor-oppgaven har for meg vært svært ideelt med tanke på at studiene nå går mot slutten. Dette betyr at jeg skal ut i arbeidslivet igjen, og men nye erfaringer føler jeg at jeg er klar for dette.

Til slutt vil jeg takke mine medstudenter som har vært med på å jobbe mot en resultat vi alle kan være fornøyde med. Dette er et prosjekt det har blitt lagt ned mye tid og energi i, og til tross for forskjellige forutsetninger blant gruppemedlemmene føler jeg at det arbeidet vi nå leverer fra oss er noe vi alle kan være stolte av, det er i hvert fall jeg.

Etteranalyse

6.2. Morten A. Kjær

Prosjektgruppen som jeg har vært en del av ble satt tidlig sammen på høstsemesteret, noe som alle på gruppen så på som positivt med tanke på å være tidlig ute for å finne en Bachelor oppgave som var tilfredsstillende for oss. Vi startet med fem gruppemedlemmer, to elektro-studenter og 3 maskinstudenter, hvor alle har gått Y-veien løpet, som betyr at hvert gruppemedlem har fagbrev/svennebrev innenfor sitt fagfelt. Dette så jeg personlig på som en veldig bra sammensetning, hvor vi hadde et godt grunnlag for å få en tverrfaglig oppgave hvor man må involvere seg i de forskjellige fagretning, for å kunne legge til grunn en god begrunnelse for designvalg etc. Sannsynligheten for å kunne realisere et fysisk produkt lå også tilstedte med tanke på gruppemedlemmenes praktiske erfaring.

Prosjektgruppen startet tidlig med å søke etter bedrifter som kunne være aktuelle som oppdragsgiver. Og etter overaskende mange avslag fra bedrifter, kom prosjektgruppen i kontakt med GKN Aerospace Norway. Prosjektgruppen og GKN fikk kjapt etablert et møte på høstsemesteret, hvor formelle samtaler som timebruk, forventninger og ønsker fra prosjektgruppen ble gjennomgått. Noen uker senere kom GKN med et prosjektmandat med forslag til en oppgave som omhandlet produktoptimalisering av en gammel maskin, som virket som en veldig spennende oppgave. Det kom tidlig frem fra GKN at ønsket med prosjektet var å få et ferdigstilt produkt, noe som også var spesifisert i prosjektmandatet. Prosjektgruppen sa tidlig ifra til GKN at realisering av et ferdigstilt produkt, ville bli en utfordring med tanke på kompleksiteten og størrelsen til prosjektet, og med tanke på at HBV fjernet muligheten for å jobbe med Bachelor oppgaven før jul. GKN viste god forståelse for dette, og gjennom samarbeid mellom partene ble leveransene på prosjektmandatet kuttet fra fem til tre. Når juleperioden var over fikk prosjektgruppen en trist nyhet om at det ene gruppemedlemmet fra maskin ikke besto en av eksamenene, og kunne derfor ikke bli med prosjektgruppen videre. Det ble umiddelbart en litt urolig stemning i gruppen med tanke på at dette gruppemedlemmet var den som hadde mest teknisk erfaring med SolidWorks. Etter diskusjon i gruppen gikk denne uroligheten fort over, og prosjektgruppen valgte å angripe oppgavene på samme måte som tidligere.

Gjennom prosjektperioden har samarbeidet i gruppen vært bra med tanke på de forutsetningene som har ligget bak. Og med dette mener jeg to av prosjektmedlemmene har samboer og barn. Det har gjennom prosjektet vært en «kabal» som disse medlemmene har fått til å gå opp på en veldig strukturert måte, og som dermed har påvirket prosjektet

Etteranalyse

mindre enn det jeg så for meg i starten. Prosjektgruppen hadde i starten noen problemer med kommunikasjonen mellom gruppemedlemmene, og hvor en av gruppemedlemmene, som hadde to pappadager i uken, følte seg utenfor prosjektgruppen. Dette ble tatt opp mellom gruppemedlemmene og veileder, som var tilstede på veiledermøtet. Etter dette lagde prosjektgruppen klarere retningslinjer for kommunikasjon over medier som Skype og Facebook. Etter dette møte ble «luften» lettere på prosjektrømmet, og samarbeidet i prosjektgruppen utviklet seg i en veldig positiv retning som har hjulpet prosjektgruppen i senere tid.

Samarbeidet med oppdragsgiver har etter min mening vært veldig bra, og de har tatt imot oss og hjulpet oss på en veldig tilfredsstillende måte. Det har vært noen utfordringer som kommunikasjon mellom prosjektgruppen og oppdragsgiver, men dette gjelder kun hvor deler av kommunikasjonen har gått over mail, og hvor det har blitt glemt å svare eller mistolkning av spørsmål er unngåelig. Jeg personlig har derfor ikke sett på dette som et stort problem.

Alt i alt er jeg godt fornøyd med mine gruppemedlemmer, og den innsatten de har lagt inn i prosjektet. Jeg sitter igjen med følelsen av at produktet vi har produsert er av bra standard med tanke på arbeidstimer og antall gruppemedlemmer som prosjektgruppen har hatt, men jeg tenker også på hvordan resultatet hadde blitt hvis vi ikke mistet det ene gruppemedlem. For min personlig mening er at prosjektet har vært i overkant stort for en prosjektgruppe på fire stykker.

Til slutt vil jeg takke alle som har tatt del i prosjektet, og hjulpet oss gjennom med god veiledning og gode løsninger.

Etteranalyse

6.3. Erik Michalsen

Sett inn tekst: Før prosjektgruppen ble dannet ble jeg, Eirik og Remi (tidligere gruppemedlem) enige om å skrive en tverrfaglig bacheloroppgave. Et tverrfaglig prosjekt baserer seg på utfordringer og det krever en mer selvstendigheten av den enkelte i et prosjekt, og vi ønsket denne utfordringen. Av den grunn var vi på utkikk etter helst to elektrostudenter. Morten og Mark ble spurt på grunn av tidligere bekjentskap samt god arbeidserfaring, noe som har vist seg å vært svært nyttig for prosjektgruppen. På dette tidspunktet bestod prosjektgruppen av 5 personer, 2 Y-vei elektro studenter og 3 Y-vei maskin studenter. Vi så for oss en formasjon lik 2-2-1, bestående av 2 maskin- og elektrostudenter samt en prosjektleder.

Helt siden august var vi på utkikk etter en tverrfaglig bacheloroppgave. Etter å ha tatt kontakt med en rekke bedrifter var tilbakemeldingene stort sett det samme, oppgaven var rettet i hovedsak for maskin eller elektro. Til slutt fikk vi en meget interessant og etter min mening en nokså omfattende bacheloroppgave. Prosjektgruppen hadde mange forventninger og forhåpninger knyttet til prosjektarbeidet, men dessverre ble vi redusert til 4 etter endt eksamensperiode i løpet av 4. semesteret. Min rolle som prosjektleder ble derfor mer krevende enn først forventet da jeg var nødt til å fokusere mer på maskinrelaterte oppgaver.

I tillegg til det å være prosjektleder for en prosjektgruppe som mistet en sterk ressurs, ble jeg og Mark småbarnsfedre i løpet av det 4. semesteret. Det viste seg å ha stor innflytelse på studiehverdagen fordi vi måtte planlegge og jobbe annerledes enn vi var vant til.

Gjennom prosjektet ”Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM-maskin 5129” har min rolle vært å være prosjektleder samt en støttespiller innen maskinrelaterte oppgaver. Rollen innebar å ta ansvar for å ha full oversikt og kontroll over prosjektgruppens arbeid den/de aktuelle uken/ukene, og at dette ble gjort. Dette har til tider vært en utfordrende prosess for min del da jeg hadde et stort ansvar både i prosjektet samt i min familiehverdag. Det har vært usikkerheter og diskusjoner underveis i prosjektet, noe jeg tror er vanskelig å unngå når man jobber i et prosjektarbeid. Vi har lært av våre feil, og jeg syntes prosjektgruppen har funnet gode løsninger på de problemene som har oppstått. Jeg vil videre tørre å påstå at diskusjonene har gjort samarbeidet i prosjektgruppen enda bedre. I etterkant av prosjektet så er det enkelt å forstå hvor viktig god planlegging faktisk er.

Etteranalyse

Jeg oppsummerer prosjektperioden som en lærerik og spennende tid hvor vi har utvekslet kunnskap på tvers av fagfeltene, samt fått et innblikk i hvordan hverdagen som en ingeniør er. Det har vært både opp- og nedturer gjennom prosjektsamarbeidet hvor alle har satt sitt preg på prosjektet på hver sin måte. Vi er en løsningsorientert prosjektgruppe og det er ingen tvil om at vi har lagt mye arbeid ned i prosjektet, noe som er lett å se i timelistene som ligger vedlagt. Jeg mener at vi har lagt inn en enorm innsats for å nå de målene oppdragsgiver og prosjektgruppen selv har satt. Videre mener jeg at prosjektgruppen har levert så godt vi har kunnet og vi sitter nå igjen med et resultat vi bør være stolte av.

Til slutt ønsker jeg å takke mine gruppemedlemmer for et tett og godt samarbeid mot et felles mål. Jeg ønsker spesielt å takke familien min som har hjulpet til med barnepass og tilrettelegging for prosjektarbeidet gjennom prosjektperioden, da spesielt rettet mot min samboer som har utsatt sitt studie og passet på vårt felles barn fra morgen til kveld. Jeg har lenge sett fram til mai måned og det skal bli godt å få tilbake en normal hverdag samt å vende tilbake til arbeidslivet.

Etteranalyse

6.4. Mark A. Steffens

For 5 år siden flyttet jeg til Norge, som en utfordring jeg tok opp sammen med kona mi. Vi hadde tatt 80 timer med norskkurs i Nederland og jeg hadde aldri trodd jeg skulle fullføre en høyskoleutdanning i Norge innen 5 år etterpå. Jeg snakker og skriver fortsatt ikke feilfritt, men har gjort store framskritt. Det samme gjelder personlig utvikling på andre områder. Da jeg begynte på Y-vei elektro løpet i 2012, ikke lenge etter vi flyttet fra Hallingdal til Kongsberg, var jeg en av 20 Y-vei elektrostudentene i daværende gruppe og nest eldste (jeg var 35 år gammel). Jeg og 7 andre studenter i gruppen har klart å fullføre utdanningen innen normert tid, og jeg synes vi kan være stolt av det. Under studiene har familiesituasjonen min endret seg fordi jeg har blitt småbarnspappa i løpet av det 4. semesteret. Dette viste seg å ha stor innflytelse på studiehverdagen fordi jeg måtte planlegge og jobbe annerledes enn jeg var vant til. Spesielt da kona gikk tilbake i jobb på deltid i løpet av det 5. semester ga dette noen utfordringer siden jeg måtte være hjemme disse dagene.

Prosjektgruppen besto opprinnelig av 5 gruppemedlemmer, 2 Y-vei elektro studenter og 3 Y-vei maskin studenter, men ble redusert til 4 etter at ett av gruppemedlemmene ikke besto eksamenen sin i desember. Arbeidsmengden til hvert gruppemedlem ble derfor høyere enn forventet, men gjennom god intern kommunikasjon og planlegging måtte dette kunne ordnes. De andre 3 gruppemedlemmene hadde jobbet sammen i en prosjektgruppe før og det viste seg at de ikke var helt klar over at det ga dem en forsprang jeg ikke klarte å hente inn. Tilsammen med det reduserte antallet ukedager jeg kunne være på høyskolen resulterte dette i uklarheter og dermed noe nedsatt motivasjon. I et gruppemøte ble dette diskutert og blant annet samarbeidskontrakten ble oppdatert. Deretter har samarbeidet blitt mye bedre.

Selv om det var en del forskjeller mellom gruppemedlemmene på grunn av aldersforskjell, kulturforskjell, reisevei og andre saker, var innsatsen som trengs for å kunne gjennomføre et slikt prosjekt absolutt tilstede. Gruppen var klar over sine ressurser men også sine begrensninger. Diskusjoner ble vel gjennomført, selv om det var sterke personligheter i gruppen. Gruppen har gjort sine feil, men klarte ofte å rette dem opp og har derfor lært av dem. Selv om prosjektet viste seg å være større enn først antatt, og til tross at det ble

Etteranalyse

endringer i rammeverket rundt prosjektet helt inntil på slutten av prosjektet har gruppen levert så godt de kunne.

I år har oppsettet til hovedoppgaven vært annerledes enn de foregående årene. Oppgaven gikk over 1 semester istedenfor av 2, og fordi høgskolen vil flytte til Kroma i sommerferien er semesteret 1 uke kortere enn vanlig. Studentene hadde 3 forelesninger om diverse temaer som hadde med hovedoppgaven å gjøre i januar, men en del nødvendig informasjon som gruppene trengte ble sendt ut relativt sent. Oppdatert prosjekthåndbok og veiledningsdokument ble ikke publisert før flere uker ut i semesteret, som gjorde at det ikke kunne bli brukt under forberedelsene til første presentasjonen, og tilrettelegging og informasjon om nettsidene var ikke ferdig før i løpet av februar. Dette er noe som kan og bør tas tak i. Veiledningen var derimot veldig positiv og brukbar, noe gruppen allerede forventet da de kontaktet Kjell Enger for å være deres interne veileder. Rommet på høgskolen prosjektgruppen fikk til disposisjon var lite men brukbart.

Samarbeidet med oppdragsgiveren startet allerede på slutten av oktober 2014, etter at prosjektgruppen hadde kontaktet dem i forbindelse med en mulig hovedoppgave. De første samtaler resulterte i et prosjektmandat som skulle fungere som utgangspunkt til hovedoppgaven og dermed prosjektet. Prosjektmandatet vi fikk var nokså omfattende og måtte tilpasses på grunn av krav fra høgskolens side og perioden prosjektet skulle jobbes med. Prosjektet ble derfor veldig teoretisk, uten å lage noe fysisk produkt. Likevel føler vi at oppdragsgiverens representanter har gjort så mye de kunne for å hjelpe prosjektgruppen med relevant informasjon og nyttige tjenester. Vi håper vi har kunne tilfredsstille oppdragsgiverens ønsker og krav til prosjektet.

Jeg ser tilbake på prosjektet som det burde være: en lærerik periode som utvider kunnskap om teknologi men også om mennesker. Det har ikke vært noe smertefri opplevelse, men det er ofte akkurat det som gjør at man er bevisst på hva man kan, ikke kan og bør kunne. Det ble av og til noen nedturer, skuffelser og banneord, men heldigvis har det også vært nok oppturer, positive overraskelser og smil. Stor takk derfor til mine gruppemedlemmer som var villige til å oppleve disse erfaringene sammen med meg, familien min som har ofret mange timer slik at jeg kunne jobbe med prosjektet og studiene samt alle som har støttet meg og resten av prosjektgruppen i løpet av prosjektet. Det føles deilig å være

Etteranalyse

(nesten) ferdig med studiene og jeg ser fram til å vende tilbake til arbeidslivet, hvor jeg kan bruke både mine gamle og nye kunnskapene.

Etteranalyse

7. Konklusjon

Prosjektgruppen mener at dette prosjektet har vært vellykket i form av gruppesammensetning og samarbeid. Med tanke på at et par av gruppemedlemmene har samboere med barn, samt at gruppemedlem nummer tre har fire timer reisevei til og fra skolen, syntes prosjektgruppen at prosjektprosessen og produktet som overleveres til oppdragsgiver inneholder det som var ønsket fra prosjektgruppen, og krevet fra oppdragsgiver. Gruppemedlemmene har gjennom prosjektperioden tilegnet seg nyttige erfaringer og ny kunnskap som vil komme godt med i etterkanten av dette prosjektet.

Det har blitt utredet et konsept, designet flere løsninger og utarbeidet et komplett dokumentasjonsgrunnlag som tilfredsstiller de kravene som har blitt gitt. Det er muligheter for oppdragsgiver å videreutvikle prosjektet ved å studere tegningsunderlaget, samt den tekniske dokumentasjonen som foreligger i prosjektpermen.

Prosjektgruppen håper at prosjektet vil være en verdifull ressurs for oppdragsgiveren i fremtiden, og at prosjektet om produktopimalisering hos arbeidsgiver vil hjelpe til med å velge rette avgjørelser for utvikling av produksjonslinjen.

Prosjektgruppen kan dermed med stolthet overlevere prosjektet til oppdragsgiver.

Etteranalyse

8. Takk til

Bachelorgruppen ”Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM-maskin 5129” ønsker til slutt å rette en stor takk til følgende personer for deres bidrag til prosjektet:

Rune Ellefsen

Prosess ingeniør, VANE. GKN Aerospace Norway

For å være en flink veileder som ga oss mye tilbakemeldinger og hjelp under hele prosjektet

Even Engebakken

Avdelingsleder, VANE. GKN Aerospace Norway

For å være en nøytral sensor som har stilt kritiske spørsmål, fulgt og hjulpet oss under hele prosjektet

Kjell Enger

Intern veileder hos HBV

For at du har vist en stor interesse for prosjektet vårt, i tillegg til at du har vært en flink veileder som har stilt oss kritiske spørsmål hvor det i etterkant har vist seg å være svært nyttig

Thor Hebnes

Produktsjef hos Festo Norge

For all nødvendig informasjon knyttet til lineær føringer som inkluderer kunnskap, CAD-filer og pristilbud. Takk for utlån av komponenter til presentasjonen samt at vi fikk lov til å komme en tur på bedriftsbesøk

Per Thelle Jacobsen

Salgssjef hos Norma Tekniske Kompani

For all nødvendig informasjon knyttet til System 3R som inkluderer kunnskap og pristilbud

Karoline Moholth

Intern sensor hos HBV

For å gi oss gode tilbakemeldinger og å være vår sensor

Etteranalyse

Remi Nilsen**Tidligere prosjektmedlem fra HBV**

For at du var en del av bachelorgruppen. En ekstra stor takk for dine råd og gode løsninger som vi har tatt i bruk i prosjektet. Vi ønsker deg masse lykke til videre

Henrik Nordquist**Produktsjef hos System 3R**

For all nødvendig informasjon knyttet til System 3R som inkluderer kunnskap og CAD-filer.

Jorge Pino**Driftsansvarlig hos GKN Aerospace Norway**

For din godkjenning av konseptløsningen som vi tok med videre til designfasen av prosjektet

Espen Polanscak**Systemingeniør hos GKN Aerospace Norway**

For din innsats i prosjektet som veileder knyttet til verktøykontrollsystemet

Rasmus Rypdal**Avdelingsleder, R&T. GKN Aerospace Norway**

For å gi oss en utfordrende oppgave som inkluderer ulike fagretninger

John-Kristian Stavem**EDM-operatør hos GKN Aerospace Norway**

For at du har vist en flott gjestfrihet når vi har stilt spørsmål knyttet til EDM-maskinen

Ivar Sørle**Systemselger hos Festo Norge**

For all nødvendig informasjon knyttet til lineær føring som inkluderer kunnskap, CAD-filer og pristilbud. Takk for utlån av komponenter til presentasjonen samt at vi fikk lov til å komme en tur på bedriftsbesøk

Etteranalyse**Olav Øverby****Teknisk sjef hos Kongsberg Terotech**

*For din innsats i prosjektet knyttet til kunnskap til
verktøykontrollsystemet og styring samt for å bringe gode
ideer*

og

familie og andre medstudenter



Vedlegg

Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM maskin 5129

Vedlegg A: Prosjektmandat

Vedlegg B: Sluttrapport for forprosjektet: ”EDM Automatisering”

Vedlegg C: Verktøyveksler og elektrodefresing

Vedlegg D: Gantt

Vedlegg E: Aktivitetsplan

Vedlegg F: Timeregistrering

Vedlegg G: Møtestruktur

Vedlegg H: WBS

Vedlegg I: Oversikt koblinger *testspesifikasjon – kravspesifikasjon – prioritet*

Vedlegg J: Oversikt koblinger *kravspesifikasjon – testspesifikasjon – prioritet*

Vedlegg K: Estimert timeoversikt

Vedlegg L: Sekvensdiagram, iterasjon

Vedlegg M: Sikkerhetsdatablad IonoPlus IME-MH

Vedlegg N: Manual Heidenhain «Balluf-Werkzeugidentifikation» (Mai 2007)

Vedlegg O: Resultater av FEM-analyse

Vedlegg P: Kostnader for verktøykontrollsystem

Vedlegg Q: Kostander for maskin

Vedlegg R: Kostander for elektro

Vedlegg S: Kravoppnåelse

Vedlegg T: Cash Flow

Prosjektmandat

Prosjektnavn Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM maskin 5129	Utarbeidet av (eier) Even Engebakken	Side 1/3
	Dato 24.10.2014	Dok.nr 1

Bakgrunn* SKAL fylles ut. For å se/skjule kommentarer til utfylling velg "Markup" under view menyen

Vi har i dag 1 ny EDM med 3R innspenningssystem og elektrodeholder som åpner for fresing av elektroder fra blokk. Systemet gjør innspenning og dressing av elektroder enklere, raskere, mer fleksibelt og mer HMS vennlig.

De 6 andre maskinene har ikke denne muligheten og setter begrensinger på hva vi kan få til i området med tanke på flyt, rasjonalisering og fleksibilitet ifm nye produkter.

Å bygge om en maskin (5129) vil skape erfaring vi kan med videre i de andre maskinene. Det er en begrensning i dagens maskiner ved at de ikke kan knyttes opp mot en automatiseringslinje. Dette medfører at maskinene er ganske operatørvhengig. Men mye av det som i dag gjøres manuelt kan vi halvautomatisere.

Forretningsmessig begrunnelse*

GAN og T6 har et stort behov for å senke timekost for å kunne vinne nye kontrakter. I den sammenheng er dette prosjektet et viktig ledd.

Effektmål*

- En ombygging til 0-punktssystem gjør det mulig å få større utnyttelse elektrodefresen som reduserer verktøykosten betraktelig.
- Operatør slipper å spenne inn elektroder som gir bedre effektivitet av EDM maskinen og som fører til mindre behov for bemanning.
- Redusert toleranseoppbygging i elektrodeholder (Robust prosess)
- Omstillingstid til nye produkter blir kraftig redusert.
- Stabilitet i ny prosess kan føre til reduserte vedlikeholdskostnader (justering av de gamle elektrodeholderene blir borte)
- Åpner for at operatørene kan betjene flere maskiner enn de gjør i dag.
- HMS - Færre berøringer pga nye holdere reduserer operatørens kontakt med dielektrikum

Prosjektresultat/leveranse*

Leveranse 1: Lønnsomhetsanalyse og investeringsforslag for å frigi midler til prosjektet

- For å kunne kjøpe nytt utstyr må dere utrede krav til løsning, velge konsepter, presentere lønnsomhet og fremme forslagene til ledelsen. Blir det frigitt midler til dere kan dere gå videre til neste leveranser. (hvis ikke prøv igjen). **En slik lønnsomhetsanalyse har blitt gjennomført av GKN tidligere, hvor det viste seg at prosjektet vil bli lønnsomt.**

Leveranse 2: Innkjøp og tilpasning av innspenningssystem.

- 3R har et system som heter MAXI og som i dag er montert inn på de fleste EDM-maskinene. Til dette systemet kan en sette inn en overgang som for eksempel pneumatisk chuckadapter 3R-467.1-1 eller pneumatisk chuckadapter 3R-407.1. Dette systemet tilpasses maskinens mulighet til automatisk verktøyveksling.

Prosjektmandat

Prosjektnavn Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM maskin 5129	Utarbeidet av (eier) Even Engebakken	Side 2/3
	Dato 24.10.2014	Dok.nr 1

Felter med * SKAL fylles ut. For å se/skjule kommentarer til utfylling velg "Markup" under view menyen

Leveranse 3. Design og opparbeidelse og montering av verktøyveksler.

- Under leveranse 1 vil dere ha valgt konsept og fått aksept for å gå videre til design og opparbeidelse. **Dere står helt fritt til å velge deres eget design.**
- På venstre side av maskinene er det en brakett som en kan montere på en verktøyveksler. **På grunn av plassmangel, har man ikke mulighet til å kopiere verktøyveksleren til den nye EDM maskinen over til den gamle EDM 5129 maskinen. Her kan dere komme opp med ulike løsninger.**
- Før verktøyveksler kan tas i bruk må det noen sikringsanordninger på plass. Dette er en kostnad som må medberegnes i prosjektet.

Leveranse 4. Design og eventuell opparbeidelse av kontrollsystem for elektrodeholdere.

- Elektrodehøyder er nøkkelinformasjon som følger elektrodeholdere til maskin og operasjon. Dere vil få i oppdrag å designe et system som minimerer risiko for at operatør taster inn feil høyde i maskin. Med flere holdere i omløp trenger vi også et system for å organisere alle elektrodeholderene.

Leveranse 5. Uttesting av operasjonen(e) opp mot elektrodefresemaskinen.

- Når systemene må de testes å godkjennes etter verksted- og flyindustriens krav. Dere skal lage testplaner og utføre de sammen med operatører.

Avgrensninger/begrensninger

Avgrensninger

Vi setter en foreløpig avgrensning til modifisering av en maskin 5129

Begrensninger:

Det er viktig at produksjonen går som normalt utenom tiden man bruker til å tilpasse maskinene. Eks: er dere her på dagen for å gjøre tester skal maskinen kunne fortsette med normal produksjon når dere er ferdig.

All testing og stopp i produksjon må planlegges sammen med driftsledere.

Kobling til andre prosjekter

Forprosjekt EDM

Interne mottakere og evt eksterne kunder

Even Engebakken, John Kristian Stavem, Rune Ellefsen, Jan Nordgård og Jorge Pino

Ramme/begrensning mht tid

Begrensning mht tid er sluttdatoen for Bachelor oppgaven

Organisering

Dere organiserer gruppeinndeling. Hovedkontakter hos GKN Aerospace vil være Rasmus Rypdal, Even Engebakken, Rune Ellefsen og John Kristian Stavem

Prosjektmandat

Prosjektnavn Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM maskin 5129	Utarbeidet av (eier) Even Engebakken	Side 3/3
	Dato 24.10.2014	Dok.nr 1

Ramme/begrensning i løst kostnad Kostnad forsvarer i lønnsomhetsanalyse	
Kvalitetssikring Løsningene må testes å godkjennes etter verksted- og flyindustriens krav. For endringer i EDM prosess må det verifiseres med lab prøver og oppmålinger at endringen er i henhold til krav.	
Følgende planer skal lages (sett kryss)	Andre krav til prosjektbeskrivelsen
<input checked="" type="checkbox"/> Plan for kommunikasjon og rapportering <input checked="" type="checkbox"/> HMS <input checked="" type="checkbox"/> Overlevering	1. Prosjektrapportering og kommunikasjonsplan 1.1. Prosjektrapportering til styringsgruppe 1.2. Oppstartsmøte 1.3. Gjennomgang av URS 1.4. Gjennomgang pristilbud og oppdatert tidsplan 1.5. Møte med ledergruppe for frigjøring av budsjett 1.6. Godkjenning av tidsplan og budsjett 2. Møter under implementering defineres ved godkjenning av tidsplan 2.1. Under implementering ønsker vi oppdateringer på morgen møter fra PL 08:40 2.2. Med verneombud hver 14. dag

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering			1 (34)
Utarbeidet av (avd nr, navn, tlf)/Issuer (dept, name, phone)		Sign.	Dato/Date
Prosjektgruppe (Rasmus Rypdal, Espen Polanscak, Rune Ellefsen, Torbjørn Strånd, Risto Virtanen)			17.02.2014
Godkjent av (avd nr, navn, tlf)/Approved by (dept, name, phone)		Sign.	Gyldighet/Valid
Prosjekteier/Styringsgruppe			
Mottaker (avd nr, navn)/Receiver (dept, name)			
Prosjekteier/Styringsgruppe			

Sluttrapport for forprosjektet:
"EDM Automatisering"



GKN Aerospace Norway AS

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering			2 (34)

Endringshåndtering

Versjon	Dato	Beskrivelse av endring
1.0	19.12.2014	Opprettelse av dokument
2.0	10.01.2014	Påbegynt konseptutredelse
3.0	14.01.2014	Lagt til mer innhold på de ulike konseptene basert på prat med Rune og det som ble resultatet på siste prosjektmøte.
4.0	16.01.2014	Lagt til diverse informasjon basert på arbeidsmøte 16.01
5.0	17.01.2014	Konseptutredelse
6.0	20.01.2014	Oppdaterte konseptutredelsen
7.0	21.01.2014	Oppdaterte konseptutredelsen
8.0	23.01.2014	Lagt til info om: generell betraktning av 3R og RFID.
9.0	31.01.2014	Oppdatert tabell med vurderingskriteriene
10.0	03.02.2014	Generell oppdatering av hele dokumentet som forberedelse for workshop
11.0	04.02.2014	Konseptutredelser
12.0	07.02.2014	Strukturert kaptlene samt lagt til innhold.
13.0	10.02.2014	Lagt til innhold i dagens situasjon skrevet av John/Siri
14.0	13.02.2014	Generell opprydding av informasjonen. Innhold til Bjørn lagt til.
15.0	14.02.2014	Innhold til Torbjørn oppdatert.
16.0	17.02.2014	Fjernet eldre kostnadsoversikt da dette erstattes av excel oversikt. Generell gjennomgang av dokumentet. Lagt til excel vektetabell.
17.0	18.02.2014	Oppdatering med innhold fra Rasmus og Torbjørn.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering			3 (34)

Contents

Endringshåndtering	2
Figurliste	4
Tabelliste.....	4
Dagens situasjon.....	5
Maskiner og utstyr	5
Layout og mannskapsordning	6
Verktøykost.....	7
Vedlikehold	7
HMS	8
Risikoer.....	8
Kapasitet og kapabilitet.....	8
Generelle erfaringer med 3R og elektrodefresing.....	9
Litt om fremtidens Vane situasjon.....	10
Steg og konseptutredelse	11
Vurderingskriterier	12
Manuell steg 1	13
RFID og styring	14
Vedlikehold.....	15
HMS	15
Fleksibilitet	15
Usikkerhet og forutsetninger.....	15
Investeringsanalyse.....	16
Manuell steg 2 (manuell steg 1 utført).....	17
Vedlikehold.....	18
HMS	18
Fleksibilitet	18
Usikkerhet og forutsetninger.....	18
Investeringsanalyse.....	19
Del auto	20
Layout	20
Systembeskrivelse	24
Styring.....	26
Investeringsanalyse.....	27
HMS	30
Fleksibilitet	30
Usikkerhet og forutsetninger.....	30

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering			4 (34)

Hel auto	31
Systembeskrivelse	31
HMS	32
Fleksibilitet	32
Usikkerhet og forutsetninger	32
Ekstra styre og databehov	32
Konseptvektning	33
Estimert arbeidsmengde for ferdigstillelse av URS	34

Figurliste

Figur 1 - Dagens layout og mannskapsordning	6
Figur 2 - Steg og systemomfang	11
Figur 3 - Manuelt steg 1	13
Figur 4 - RFID løsning	14
Figur 5 - Kostnadsoversikt - Manuell steg 1	16
Figur 6 - Manuelt steg 2	17
Figur 7 - Kostnadsoversikt - Manuell steg 1	19
Figur 8 - Del auto konsept	20
Figur 9 - Fabrikk layout 1	21
Figur 10 - Fabrikk layout 2	22
Figur 11 - Fabrikk layout 3	23
Figur 12 - Inn og utlastningsstasjon. System 3R	25
Figur 13 - CapEx (Added value)	27
Figur 14 - CapEx (NPV, IRR, MIRR)	27
Figur 15 - Kostnadsoversikt – Generell for del auto	28
Figur 16 - Kostnadsoversikt - Del auto layout 1	28
Figur 17 - Kostnadsoversikt - Del auto layout 2	29
Figur 18 - Kostnadsoversikt - Del auto layout 3	29
Figur 19 - Hel auto	31

Tabelliste

Tabell 1 - Maskiner med produkter og operasjoner	5
Tabell 2 - Dagens skiftordning	6
Tabell 3 – Vurderingskriterier	12
Tabell 4 - Steg/konseptvektning	33

Firma/Company name GKN Aerospace Norway AS		Dokumenttype/Type of document Sluttrapport	
Sak/Subject Forprosjekt - EDM Automatisering	Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.	Side/Page 5 (34)

Dagens situasjon

Maskiner og utstyr

Totalt 7stk EDM-maskiner, 2stk elektrodefresemaskiner og 1stk filterenhet som vist i Tabell 1.

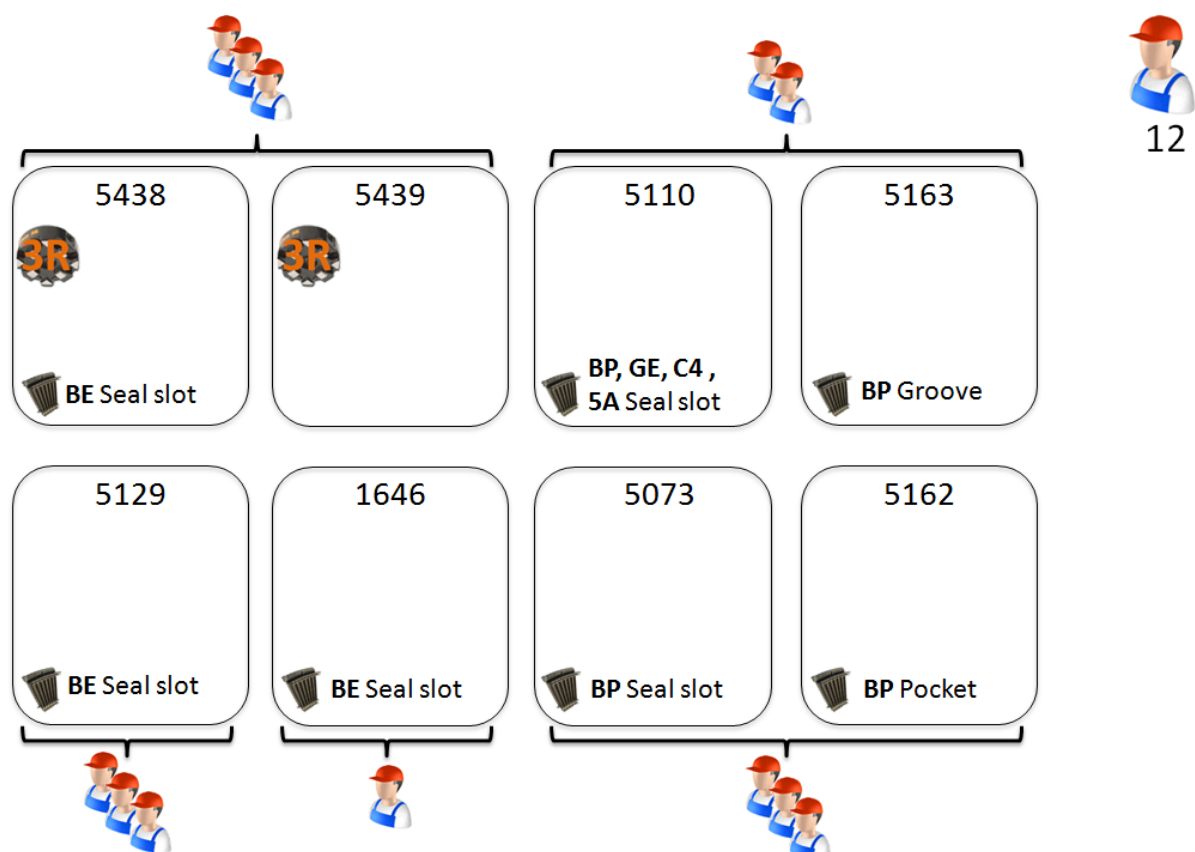
Maskin	Maskintype	Produkt og operasjon
M5438	EDM D313	BE 1032 (seal slot)
M5439	Elektrodefreser Fehlman	Elektrodefresing
M5110	EDM DE35	5A 1032 (seal slot), BP 1602 (seal slot), GE 1002 (seal slot), C4 1602 (seal slot)
M5163	EDM DE35	BP 1202 (groove)
M5129	EDM DE35	BE 1032 (seal slot)
M1646	EDM DE25	BP 1602, BE 1032 (seal slot)
M5073	EDM DE25	BP 1602 (seal slot)
M5162	EDM DE35	BP 0702 (pocket)
M5088	Elektrodefreser Cincinnati	0702, 1202
M5074	Transitron EDM veskerenser	

Tabell 1 - Maskiner med produkter og operasjoner

Dagens vanefikstur i M5438 veier 46kg + 3R plate. Det har størrelse mål på b = 339.8 mm, h = 245 mm og l = 360 mm.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.
Forprosjekt - EDM Automatisering			Side/Page
			6 (34)

Layout og mannskapsordning [Error! Reference source not found.](#) og Tabell 1 viser dagens layout med tilhørende 3R status, produkt/operasjon og antall operatører i hver maskin. Totalt 12stk.



Figur 1 - Dagens layout og mannskapsordning

Skift	Antall
Dag	5
Kveld	4
Natt	3

Tabell 2 - Dagens skiftordning

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering			7 (34)

Verktøykost

Følgende verktøykost er relatert de ulike maskinene:

- **M5438** Elektroder freses i M5439. Et sett med blokker koster kr.1 222,- og kan kjøre 74 deler før elektrodebytte. Verktøykost kr.16,50 pr del.
- **M5110** Elektroder dresses manuelt i elektrodressedsemaskin ved siden av maskinen. Et sett koster kr.1 020,- og kan kjøre 30 deler. Verktøykost kr.34,- pr del. Stor fare for brekkasje som kan øke verktøykosten uten at det kan tallfestes.
- **M5163** Elektroder freses i M5088 som står et annet sted i verkstedet.
- **M5162** Elektroder freses i M5088 som står et annet sted i verkstedet.
- **M5073** Elektroder dresses manuelt i elektrodressedsemaskin ved siden av maskinen. Et sett koster kr.1 020,- og kan kjøre 30 deler. Verktøykost kr.34 pr del. Stor fare for brekkasje som kan øke verktøykosten uten at det kan tallfestes.
- **M1646** Elektroder dresses manuelt i elektrodressedsemaskin ved siden av maskinen. Et sett koster kr.1 414,- og kan kjøre 30 deler. Verktøykost kr.47,10 pr del. Stor fare for brekkasje som kan øke verktøykosten uten at det kan tallfestes.
- **M5129** Elektroder dresses manuelt i elektrodressedsemaskin ved siden av maskinen. Et sett koster kr.1 414,- og kan kjøre 30 deler. Verktøykost kr.47,10 pr del. Stor fare for brekkasje som kan øke verktøykosten uten at det kan tallfestes.
- **M5074** Etterfylles med 200-400L EDM veske i uka.

Vedlikehold

Følgende er behovet for vedlikehold med dagens situasjon:

- **M5438** Periodisk vedlikehold. Verktøyveksler må verktøyplatene byttes 1 gang i året på grunn av slitasje fra elektrodeholder.
- **M5110** Periodisk vedlikehold, elektrodressedseren inkludert avsug må vedlikeholdes. Tilhørende vaskemaskin periodisk vedlikehold.
- **M5162** Periodisk vedlikehold. Kabler må vedlikeholdes ekstra da de må demonteres hver gang en utfører vedlikehold på maskinen. Tilhørende vaskemaskin periodisk vedlikehold.
- **M5163** Periodisk vedlikehold. Kabler må vedlikeholdes ekstra da de må demonteres hver gang en utfører vedlikehold på maskinen. Tilhørende vaskemaskin periodisk vedlikehold.
- **M5073** Periodisk vedlikehold, elektrodressedseren inkludert avsug må vedlikeholdes. Ved maskinhavari må enkeltkomponenter spesialbestiller. Enkelte deler er og gått ut av produksjon og maskinen må repareres med alternative løsninger. Tilhørende vaskemaskin periodisk vedlikehold.
- **M1646** Periodisk vedlikehold, elektrodressedseren inkludert avsug må vedlikeholdes. Ved maskinhavari må enkeltkomponenter spesialbestiller. Enkelte deler er og gått ut av produksjon og maskinen må repareres med alternative løsninger. Tilhørende vaskemaskin periodisk vedlikehold.
- **M5129** Periodisk vedlikehold, elektrodressedseren inkludert avsug må vedlikeholdes. Tilhørende vaskemaskin periodisk vedlikehold.
- **M5439** Periodisk vedlikehold.
- **M5088** Periodisk vedlikehold.
- **M5074** Bytter filterduk 1 til 2 ganger i måneden. Bytter grovfilter 1 til 2 ganger i uka. Filterstaver bør byttes etter leverandørens spesifikasjon.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.
Forprosjekt - EDM Automatisering			Side/Page
			8 (34)

HMS

Følgende relevante HMS-områder er identifisert:

- M5438 God løsning på inn og utlasting av elektroder. Fin høyde på manuell inn og utlasting av deler.
- Seal-slot andre EDM maskiner vil inn og utlasting av elektrodeholdere gi slitasje på skuldre. Enkelte må ha egen platting for å motvirke de verste plagene.
- Elektrodedressing gir luftveisplager om ikke avsuget virker optimalt.
- Ved fremtrekk av seal-slot elektroder må operatør bøye seg ned. Kan gi skulderplager da skruing og fremtrekk er i samme operasjon som bøyning av kroppen.
- Ved nedtrekk av elektrodedresser kan en få plager på skuldre på grunn av statisk bevegelse av arm som må skje i en bestemt hastighet.

Risikoer

Følgende risikoer er identifisert med dagens situasjon:

- M5439 elektrodefresemaskinen stopper, M5438 står. Andre maskiner kjører videre.
- M5088 elektrodefresemaskin stopper vil stort spor stoppe opp når buret er tomt for elektroder. Pocket vil stoppe så snart mellomlageret er tomt.
- Avsuget til manuell dressing stopper, støv i omgivelsene. M1646, M5073, M5129 og M5110 stopper om operatør ikke betjener elektrodedressemaskinen på grunn av støvplager.
- Gamle elektrodeinnfestinger på seal-slot er ustabile. Gir avvik om ikke operatøren betjener dette riktig. Mer erfaring bedre resultat, liten erfaring gir dårligere resultat.
- M5088 er ikke elektriske komponenter sikret mot kortslutning om det kommer grafittstøv inn i el-skap. Kan gi eksplosjon.
- M5074, om filteranlegget havarerer stopper alle maskinene med unntak av M5438. M5074? har ikke kjøling og rensing av EDM veske og vil etter hvert stoppe. Ved stopp i maskinen vil følgende maskiner kunne medføre stort oljesøl på gulvet: M5110, M5162, M5163, M5073, M1646 og M5129. M5438 har egen stor mellomtank som rommer nok væske til å ta i mot det som kommer fra maskinbordkaret.

Kapasitet og kapabilitet

Følgende kapasitetsanalyse foreligger for dagens situasjon:

- Mye stopptid i maskinene da verktøyet venter på operatøren skal betjene maskinene ved sykluslutt. Gjelder også elektrodefresemaskin.
- Det er mulig med dagens bemanning å kjøre ukentlig over 100 deler ekstra av BP og tilsvarende antall av BE.
- Ved å gå fra 2-skift til 3-skift i M5110/M5162 kan vi øke BP produksjonen med 140 deler i forhold til dagene produksjon. Det er da 13 ansatte i cella..
- Ved å øke fra dagtid til 3-skift i M1646 kan vi øke BE produksjonen med 270 deler i forhold til dagens produksjon. Det er da 14 ansatte i cella. Det er da ikke kapasitet til sluttmåling.
- M5074, filteranlegg har kapasitet på 8 EDM maskiner. I dag er 7 maskiner tilkoblet.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering			9 (34)

Følgende kapabilitetsmuligheter har man med dagens situasjon:

- **M5438** kan med 3R innfesting enkelt utvide til ønsket produksjon, om det så er seal-slot, stort spor eller pocket. Kan tilpasses automatisering. Kan fint kjøres uten spyling, noe som reduserer elektrodslitasjen. Programmerbar tankhøyde som gir fleksibilitet mellom operasjoner av forskjellig høyde. Takler RFID forutsatt at opplysningene er i et bestemt format.
- **M5110 og M5129** kan enkelt utvides til ønsket produksjon, om det så er seal-slot, stort spor eller pocket. Kan tilpasses automatisering. Kan innmonteres 3R og roterende C-akse. Det er satt av plass til elektrodeveksler. Spyling kan programmeres til ønskede steder om det er ønskelig. Programmerbar regulering av tank opp og ned men ikke mulighet til å programmere tankhøyde. Dette gir ikke fleksibilitet mellom operasjoner av forskjellig høyde. Takler RFID forutsatt at opplysningene er i et bestemt format.
- **M5162 og M5163** kan enkelt utvides til ønsket produksjon. 2-kanalssystemet setter begrensninger i operasjonstype. Er ikke egnet til seal-slot men har god kapasitet på pocket og stort spor. Kan lett utvides til tilsvarende operasjoner på nye produkter. Kan tilpasses automatisering. Det er satt av plass til elektrodeveksler. Spyling kan kun programmeres på eller av. Programmerbar tankhøyde som gir fleksibilitet mellom operasjoner av forskjellig høyde. Takler RFID forutsatt at opplysningene er i et bestemt format.
- **M1646 og M5073** kan utvides til ønsket produksjon. Har begrensninger på håndtering av forskjellige verktøylengder. Har kun 1 nullpunkt som begrenser muligheten til å bytte mellom flere fiksturer og verktøy. Har ikke programmerbar tankhøyde. Takler ikke RFID da programvaren er for gammelt.
- **M5439** må oppgraderes for å takle automatisering. Er tilpasset automatisering på enkelte områder. Kan frese ut alt av elektrodeformer som er ønskelig. Kun fantasien setter begrensninger. Kan på enkel måte ta ut elektrodelengden og sende det inn i et RFID system. Ved å montere inn snu bord (B og C akse) kan en frese avanserte elektroder. Stylinga er forberedt for dette.

Generelle erfaringer med 3R og elektrodefresing

En har følgende generelle erfaringer med bruk av 3R og elektrodefresing:

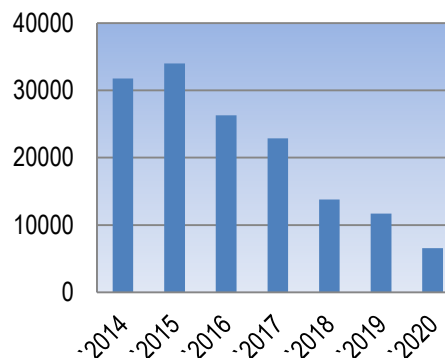
- Stabile måleresultater i Rektron.
- Elektrodebrekk minimert. Dette gir stabile spordybder.
- Kortere syklustid da elektroden ikke vibrerer under prosessen.
- Kan gi for brede spor om en ikke bytter elektrodefres i tide. Erfaringsdata regulerer her levetiden på elektrodefresene.
- Fleksibelt. Ved tegningsendring kan en raskt implementere ny elektrodestørrelse ved å fullfrese eksisterende blokker. Ved justering av elektroder kan en raskt få riktig posisjon ved å fullfrese blokker.
- Innovativt. Nye elektrodetyper/kvaliteter kan på en raskt og billig måte testes ut og en får raskt svar på om målene på tempi møtes og kvaliteten på delene møtes. Eventuelle justeringer kan raskt gjennomføres for deretter å verifiseres.
- Kan frese stort spor og pocket elektroder uten å utføre manuell pussing av radiuser for å få en glatt overgang.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering			10 (34)

Litt om fremtidens Vane situasjon

GAN har en partnerkontrakt i CFM56 programmet som gjør at vi har 100% av markedet for CFM 56-5/7B og CFM 56-5BE 3.steg. Dette vil vi ha ut programmets levetid, og det utgjør i dag 21% av omsetningen til GAN. Volumet i fremtiden vil være avhengig av hvordan andre motorprogrammer som f.eks Leap X tar markedsandelen fra CFM56. Prognosene viser at fra 2016 vil volumet synke betraktelig (mye pga Leap X oppramping). For å opprettholde det volumet vi har i dag har vi behov for å få nye produkter inn allerede fra 2016/17.

Vane volum prognose



Kontraktene vi har mulighet til å vinne fremover er generelt ikke av CFM56 typen (eneleverandør med høyt volum). Kundene vil senke risiko ved å ha flere leverandører i typisk 20/30/50 fordeling. Dette vil gi høyere produkt miks og lavere volum for oss i fremtiden.

Hvorvidt vi vil få nye kontrakter avhenger i stor grad av tilbud vi kan gi kundene våre, og dette er igjen avhengig av produksjonskostnadene våre. I dag ligger vi høyere i pris enn konkurrentene, og mye av dette skyldes høye lønnskostnader i Norge. For å bli konkurransedyktige har vi tro på at automatiserte prosesser er en vei å gå. Dette vil kunne minske lønnskostnader og potensielt redusere gjennomløpstid og varer i arbeid som igjen vil senke produksjonskostnader.

For EDM cellen vil fleksibilitet med begrenset bemanning være viktig i fremtiden. Vi sikter mot en EDM celle som kan håndtere flere forskjellige produkter med kort omstillingstid.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document		
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport		
Sak/Subject		Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering				11 (34)

Steg og konseptutredelse

Figur 2 viser i grove trekk omfanget av de ulike stegene.

Manuell steg 1							
Manuell steg 2							
Del auto							
Hel auto							
	M5438	M5439	M5110	M5129	M5163	M1646	M5073
Nullpunktssystem og montering/demonsteringssystem							
Nullpunktssystem							
Verktøyveksler							
RFID og maskinintegrasjon							
RFID semiautomatisk							
RFID automatisk							
Maskinintegrasjon							
Sertifisering/kvalifisering/prosessprøve							
Overføre/prosessprøve - GE, BP, C4 (seal slot alle sammen)			Fra	Til			
Overføre/sertifisere BE			Til	Fra			
Overføre/sertifisere GE, C4 og BP				Fra		Til	
Overføre BE seal slot				Til		Fra	
Sertifisere BP pocket							
Kvalifisere backupoperasjoner							
Layout og nytt utstyr							
Bytte plass og resertifiseres							
Anskaffe/tilpasse lagerstasjoner for elektrodeholdere							
Anskaffe/tilpasse vaskemaskin							
Anskaffe/tilpasse system for montering/demontering av elektrodepalett							
Automatisering i grove trekk							
Enkel cellostyring							
Avansert cellostyring							
Oppgradere (HW og SW)							
Transport og lagring (delfiksturer og elektrodeholdere)							
Automatiseringssikring							
Inn/ut stasjoner (deler og elektroder)							
Vaskemaskin							
Målesystem (erstatning eller tilpasning av Rektron)							
Automatisk følgekort							
Automatisk dybdemåling							
Automatisert innspenning av deler							

Figur 2 - Steg og systemomfang

Semiautomatisk RFID betyr at et menneske selv styrer lesingen og skriveingen av data til RFID brikke slik en ellers gjør det i dag for andre verktøymaskiner.

Firma/Company name GKN Aerospace Norway AS		Dokumenttype/Type of document Sluttrapport	
Sak/Subject Forprosjekt - EDM Automatisering	Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.	Side/Page 12 (34)

Vurderingskriterier

For å kunne vekte de ulike trinnene opp mot hverandre og videre kunne konkludere og foreslå et fremtidig gjennomføringsprosjekt skal trinnene og ulike konsepter basert på følgende kriterier og viktighet:

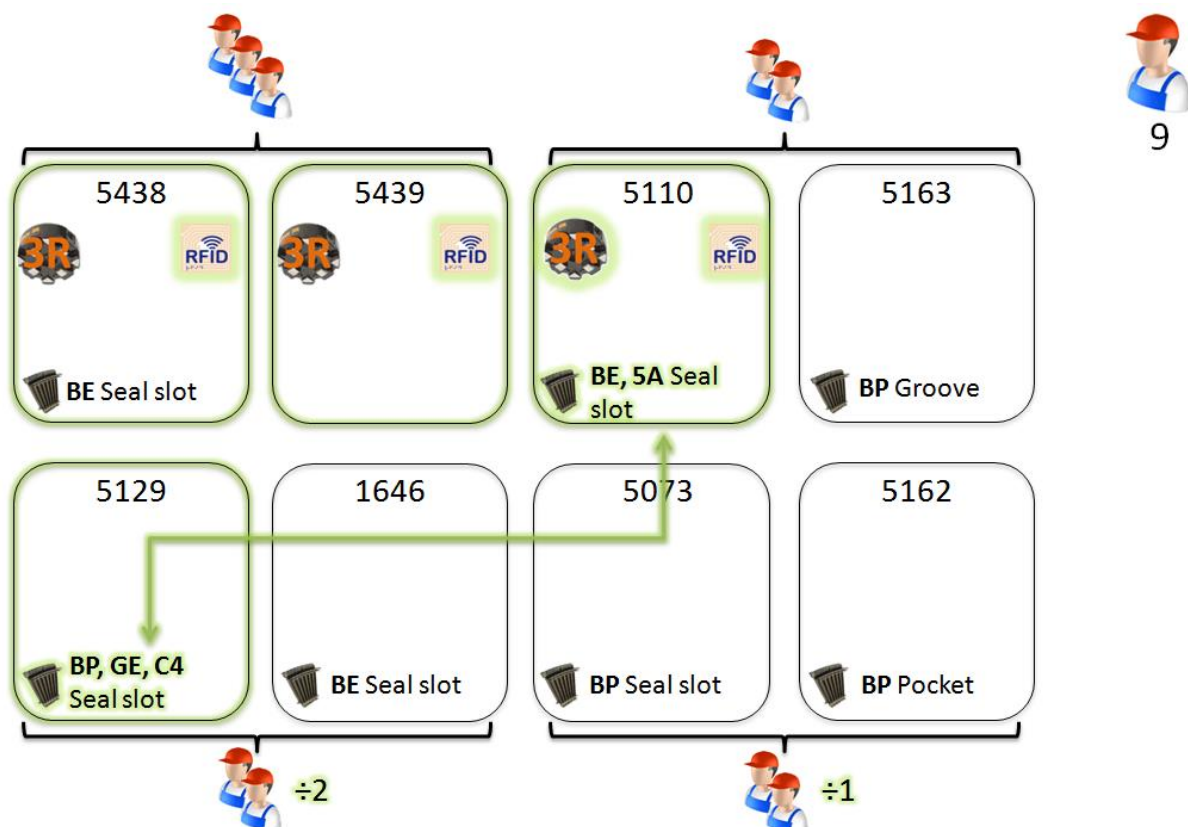
Vurderingskriterier	Kort beskrivelse	Viktighet
VK1 – Investeringsanalyse	Estimert total investeringskost og tilhørende besparelser. Anvender egen investeringsmal for dette kriteriet.	10
VK2 – HMS	Helse, miljø og sikkerhet.	10
VK3 – Fleksibilitet	Trinnets evne til å kjøre flere produkter (eksisterende og nye), tenkte omstillingstider, volumendringer, mulighet for innføring av andre EDM-operasjoner (ikke bare seal slot).	8
VK4 – Usikkerhet	Generell usikkerhet tilknyttet trinnet/konseptet. Her skal både negative og positive usikkerheter inkluderes.	8
VK5 – Fremtidig utvikling	Kan f. eks foreslått layout og SW enkelt endres mtp fremtidige endringer? F. eks integrasjon med andre celler, en-stykk flyt vareflyt, tilkobling mot et MES.	6

Tabell 3 – Vurderingskriterier

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.
Forprosjekt - EDM Automatisering			Side/Page
			13 (34)

Manuell steg 1

Figur 3 viser hva som er påtenkt utført i manuell steg 1:



Figur 3 - Manuelt steg 1

Maskiner/prosess/system:

- M5438 og M5439 blir stående sånn som de er i dag men får inn semiautomatisk RFID med tilhørende påkrevd maskinintegrasjon og cellostyring.
- M5110 blir stående der den er i dag men får 3R, system for elektrodepallettmontering/demontering, semiautomatisk RFID, maskinintegrasjon og cellostyring.
- Overfører (prosessprøve) GE 1002, BP 1602 og C4 1602 fra M5110 til M5129.
- Gjør ingenting med 5A i M5110, har reservedeler på lager. Skal 5A kjøres andres steder vil det være behov for rekvalifisering.
- Overfører BE 1032 fra M5129 til M5110.
- M5439 freser elektroder til M5438 og M5110 opr 1032.
- Elektrodene for BP 1602, GE1002, C4 1602 i M5129 dresses i egen manuell dressermaskin ved siden av maskinen slik der gjøres i dag i M5110.
- Manuell dresser fjernes i M5110 til fordel for elektrodefresing i M5439.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.
Forprosjekt - EDM Automatisering			Side/Page
			14 (34)

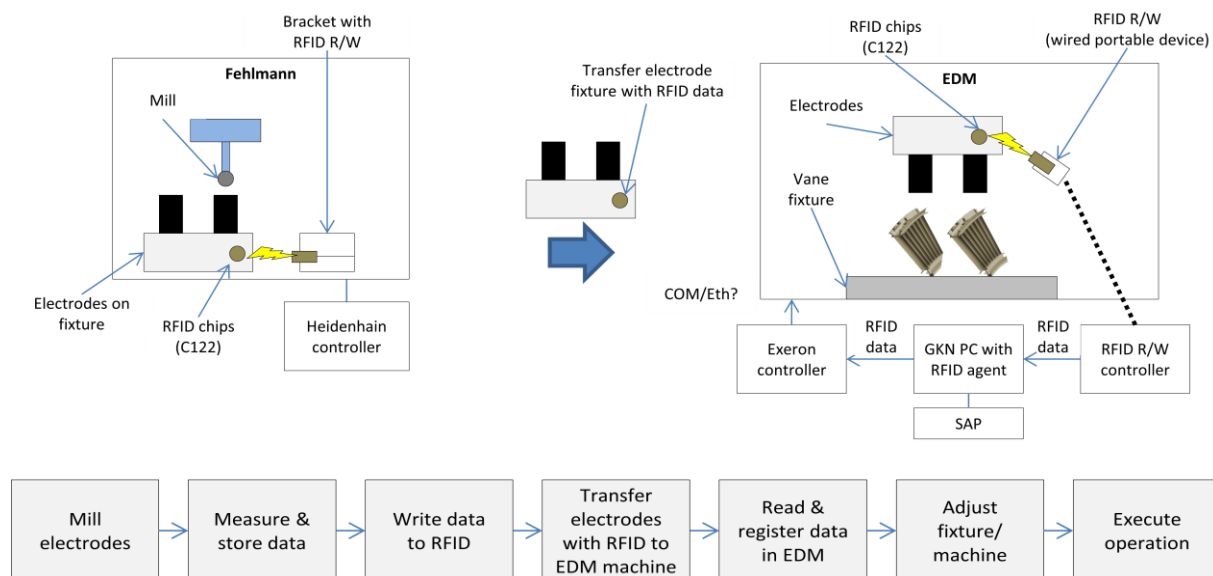
Kapasitet og bemanning:

- Forutsatt innført 3-skift i alle maskiner har cella en maksimal ukentlig kapasitet på:
 - 740 BE og 480 BP mot dagens situasjon produksjonsmetode 720 BE og 440BP. Antall ansatte må da økes til 15.
 - Frafall av dagens produkter kan erstattes med nye produkter forutsatt at syklustiden på nye produkter tilsvarer dagens syklustider.

RFID og styring

For overføring av teknologidata (f. eks elektrodedata) er det identifisert to løsninger; RFID med ID samt elektrodedata eller RFID kun med ID og som videre synkroniseres med dedikert SW og database for innhenting av data.

Figur 4 viser påtenkt løsning etter undersøkelsen med KTT.



Figur 4 - RFID løsning

For grensesnitt mot RFID er det behov for en to-veiskommunikasjon. Ved innlasting og utlasting av freds skal det kommuniseres. Ved innlasting leses brikkedata og en kan identifisere riktig NC program. Ved utlasting skrives teknologidata til brikke. En kan bruke standard kommunikasjonsmodul som allerede eksisterer, men det er behov for å utvikle og tilpasse grensesnittet mot RFID. Dette grunnet at det ikke eksisterer noen standard modul for akkurat dette.

I første omgang kan også selve registreringen av RFID utføres av operatør manuelt uten dedikert anordninger i selve maskinene.

RFID kan brukes til å identifisere og laste ned riktig PP samt sørge for at ikke feil fikstur anvendes i maskin ved sjekk mot BOM fra ordren.

Det er viktig å påpeke at i manuell steg 1 og manuell steg 2 ser en for seg at f. eks Jærtek og KTT kan bistå i å utvikle en RFID og celledstyringsløsning. Dette kan bli lite kostnadseffektivt

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering			15 (34)

mtp videre utvikling da det som allerede er blitt laget mest sannsynlig blir erstattet og tilpasset med annen hyllevare fra en automatiseringsleverandør.

Vedlikehold

Verktøyveksler for M5110 må verktøyplatene byttes 1 gang i året på grunn av slitasje fra elektrodeholder.

HMS

Bedre løsning for inn og utlasting av elektroder i M5110. RFID løsning innføres som gjør at en fjerner behovet for "gul lapp" samt reduserer risiko for feil inntasting av elektrodehøyde.

Fleksibilitet

Kan enklere stille om til andre produkter.

Usikkerhet og forutsetninger

Positiv usikkerhet:

- Med 3R for M5110 vil kanskje kapasiteten øke såpass at BE kjørt i M1646 ikke lenger er nødvendig.

Negativ usikkerhet:

- Inn og utlastingssystem for M5110 må undersøkes nærmere. Risikoen er at maskinen er av en eldre sort som gjør at tilgjengeligheten av hyllevare ikke lenger er tilfelle. Det kan være hensiktsmessig i en periode og låne utstyr for dette tilsvarende det som ble gjort for Makinoen.
- Maskinintegrasjon mot eldre maskin.
- Utvikling av egen RFID og celle SW løsning som evt ikke kan utvides mot del og hel auto.
- Videre automatisering ved bruk av eldre maskiner.
- Nedtid i elektrodefresen.
- Tilgang av programmeringskompetansen for fres.
- Implementering av 3R på eldre maskiner.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering		Reg nr/Reg. No.	16 (34)

Investeringsanalyse

Figur 5 viser en estimert kostnadsoversikt for manuell steg 1.

Hva	Pris	Manuell steg 1		
		Antall	Sum	
Vanefikstur	45000	2 kr	90 000	
Elektrodeholder	30000	5 kr	150 000	
RFID brikke	200	11 kr	2 200	
Monteringsplate del	4592	2 kr	9 184	
Monteringsplate elektrode	2010	5 kr	10 050	
RFID Leser	10000	3 kr	30 000	
Bordchuck	28000	1 kr	28 000	
Elektrodechuck	22000	1 kr	22 000	
Rekvalifisering produkt	10000	3 kr	30 000	
Vaskemaskin manuell	60000	1 kr	60 000	
Vaskemaskin auto	200000	1 kr	200 000	
Hjelpende hånd	50000	1 kr	50 000	
Flytting av maskin	100000	kr	-	
RFID - Fresintegrasjon	100000	1 kr	100 000	
Integrasjon cellestyring maskin	35000	3 kr	105 000	
Celle/RFIDstyring - enkel	50000	1 kr	50 000	
Celle/RFIDstyring - avansert	300000	kr	-	
Inn og utlastningsstasjon	60000	kr	-	
Lagringsmoduler	40000	kr	-	
Sikkerhetsbarrierer	400000	kr	-	
Målesystem (erstatning eller tilpasning av Rektron)	100000	kr	-	
Automatisk følgekort	100000	kr	-	
Automatisk dybdemåling	20000	kr	-	
Automatisert innspenning av deler	1500000	kr	-	
Sum		kr	936 434	

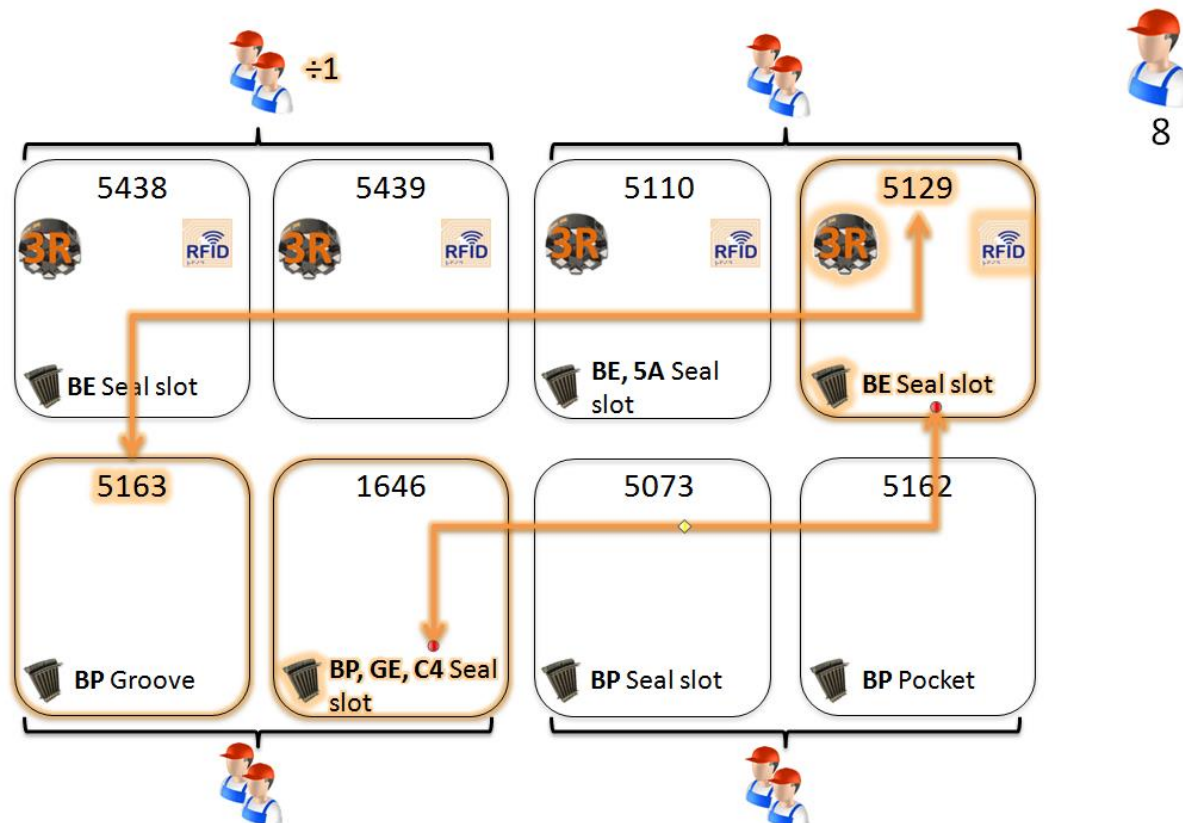
Figur 5 - Kostnadsoversikt - Manuell steg 1

- Man vil gå ned fra 12 til 9 operatører.
- Maskiner som får 3R vil bli mer stabile enn de er i dag uten 3R, både på dybder og posisjonsmål.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.
Forprosjekt - EDM Automatisering			Side/Page
			17 (34)

Manuell steg 2 (manuell steg 1 utført)

Figur 6 viser hva som er påtenkt utført i manuell steg 2:



Figur 6 - Manuelt steg 2

Maskiner/prosess/system:

- M5129 bytter plass med M5163.
- M5129 og M5163 må resertifiseres.
- M5129 får 3R med elektrodepalettmontering/demontering samt RFID system.
- Overføre GE, C4, BP fra M5129 til M1646
- Overføre BE seal slot fra M1646 til M5129
- Backupoperasjoner må rekvalifiseres i M5073
- Elektrodene i M1646 for BP1602, GE1002, C4 1602 dresses i egen manuell dressermaskin ved siden av maskinen slik der gjøres i dag i M5110.
- Elektrodene i M5073 for BP1602, GE1002, C4 1602 dresses i egen manuell dressermaskin ved siden av maskinen slik der gjøres i dag i M5110.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering			18 (34)

Kapasitet og bemanning:

- Forutsatt innført 3-skift i alle maskiner har cella en maksimal ukentlig kapasitet på:
 - 620 BE og 480 BP mot dagens produksjonsmetode 720 BE og 440BP. Antall ansatte er da som i dag 12 personer.
 - Frafall av dagens produkter kan erstattes med nye produkter forutsatt at syklustiden på nye produkter tilsvarer dagens syklustider.

Vedlikehold

Verktøyveksler for M5129 må verktøyplatene byttes 1 gang i året på grunn av slitasje fra elektrodeholder.

HMS

Bedre løsning for inn og utlasting av elektroder. RFID løsning innføres som gjør at en fjerner behovet for "gul lapp" samt reduserer risiko for feil inntasting av elektrodehøyde.

Fleksibilitet

Kan enklere stille om til andre produkter.

Usikkerhet og forutsetninger

Positiv usikkerhet:

- Med 3R for M5110 vil kanskje kapasiteten øke såpass at BE kjørt i M1646 ikke lenger er nødvendig.

Negativ usikkerhet:

- Inn og utlastingssystem for M5110 må undersøkes nærmere. Risikoen er at maskinen er av en eldre sort som gjør at tilgjengeligheten av hyllevare ikke lengre er tilfelle. Det kan være hensiktsmessig i en periode og låne utstyr for dette tilsvarende det som ble gjort for Makinoen.
- Maskinintegrasjon mot eldre maskin.
- Utvikling av egen RFID og celle SW løsning som evt ikke kan utvides mot del og hel auto.
- Videre automatisering ved bruk av eldre maskiner.
- Nedtid i elektrodefresen.
- Tilgang av programmeringskompetansen for fres.
- Implementering av 3R på eldre maskiner.
- Generell risiko ved å flytte maskin.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.
Forprosjekt - EDM Automatisering			Side/Page
			19 (34)

Investeringsanalyse

Figur 7 viser en estimert kostnadsoversikt for manuell steg 2.

Hva	Manuell steg 2			
	Pris	Antall	Sum	
Vanefikstur	kr 45 000	1	kr 45 000	
Elektrodeholder	kr 30 000	3	kr 90 000	
RFID brikke	kr 200	4	kr 800	
Monteringsplate del	kr 4 592	1	kr 4 592	
Monteringsplate elektrode	kr 2 010	3	kr 6 030	
RFID Leser	kr 10 000	1	kr 10 000	
Bordchuck	kr 28 000	1	kr 28 000	
Elektrodechuck	kr 22 000	1	kr 22 000	
Rekvalifisering produkt	kr 10 000	3	kr 30 000	
Vaskemaskin manuell	kr 60 000		kr -	
Vaskemaskin auto	kr 200 000		kr -	
Hjelpende hånd	kr 50 000	1	kr 50 000	
Flytting av maskin	kr 100 000	2	kr 200 000	
RFID - Fresintegrasjon	kr 100 000		kr -	
Integrasjon cellestyring maskin	kr 35 000		kr -	
Celle/RFIDstyring - enkel	kr 50 000		kr -	
Celle/RFIDstyring - avansert	kr 300 000		kr -	
Inn og utlastningsstasjon	kr 60 000		kr -	
Lagringsmoduler	kr 40 000		kr -	
Sikkerhetsbarrierer	kr 400 000		kr -	
Målesystem (erstatning eller tilpasning av Rektron)	kr 100 000		kr -	
Automatisk følgekort	kr 100 000		kr -	
Automatisk dybdemåling	kr 20 000		kr -	
Automatisert innspenning av deler	kr 1 500 000		kr -	
Sum			kr 1 422 856	

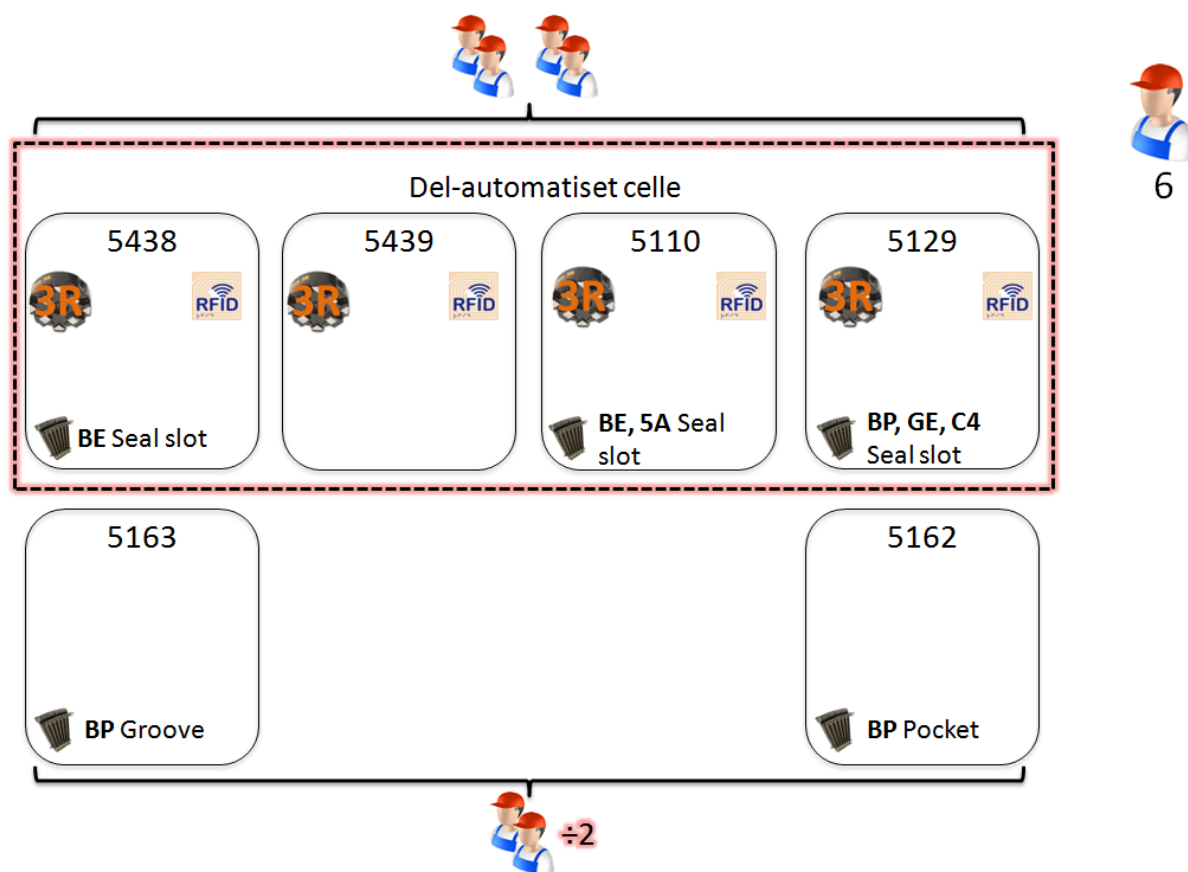
Figur 7 - Kostnadsoversikt - Manuell steg 1

- Man vil gå ned fra 12 til 8 operatører.
- Maskiner som får 3R vil bli mer stabile enn de er i dag uten 3R, både på dybder og posisjonsmål.
- Redusere behovet for måling.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.
Forprosjekt - EDM Automatisering			Side/Page
			20 (34)

Del auto

Figur 8 Figur 6 viser hva som er påtenkt i del auto steget.



Figur 8 - Del auto konsept

I dette steget er målet å kunne håndtere fire maskiner i en celle. Cellen er delevis automatisert med tanke på at operatør må fortsatt spenne inn vane i fikstur, dybdemåle deler og måle delene i Rektron manuelt. Konseptet krever en god layout. For å kunne se på systembeskrivelsen er det nødvendig med en fastsatt layout. Under følger en vurdering av forskjellige layouter.

Layout

Layout er viktig under en automatiseringsprosess. Under er det listet opp krav til layout:

- God arbeidsområder for operatør
- God tilgang til enkeltmaskiner med tanke på vedlikehold, reparasjoner og testing.
- Gode muligheter til å utvide/eskalere.

Operatørene skal ha god tilgang til alle maskinene og alle stasjonene skal tilfredsstillе bedriftens krav til ergonomi. Skulle maskiner trenge vedlikehold eller reparasjoner bør dette ikke stoppe hele prosessen. Layouten bør legges slik at de resterende maskinene på linjen kan kjøres uten å bli påvirket.

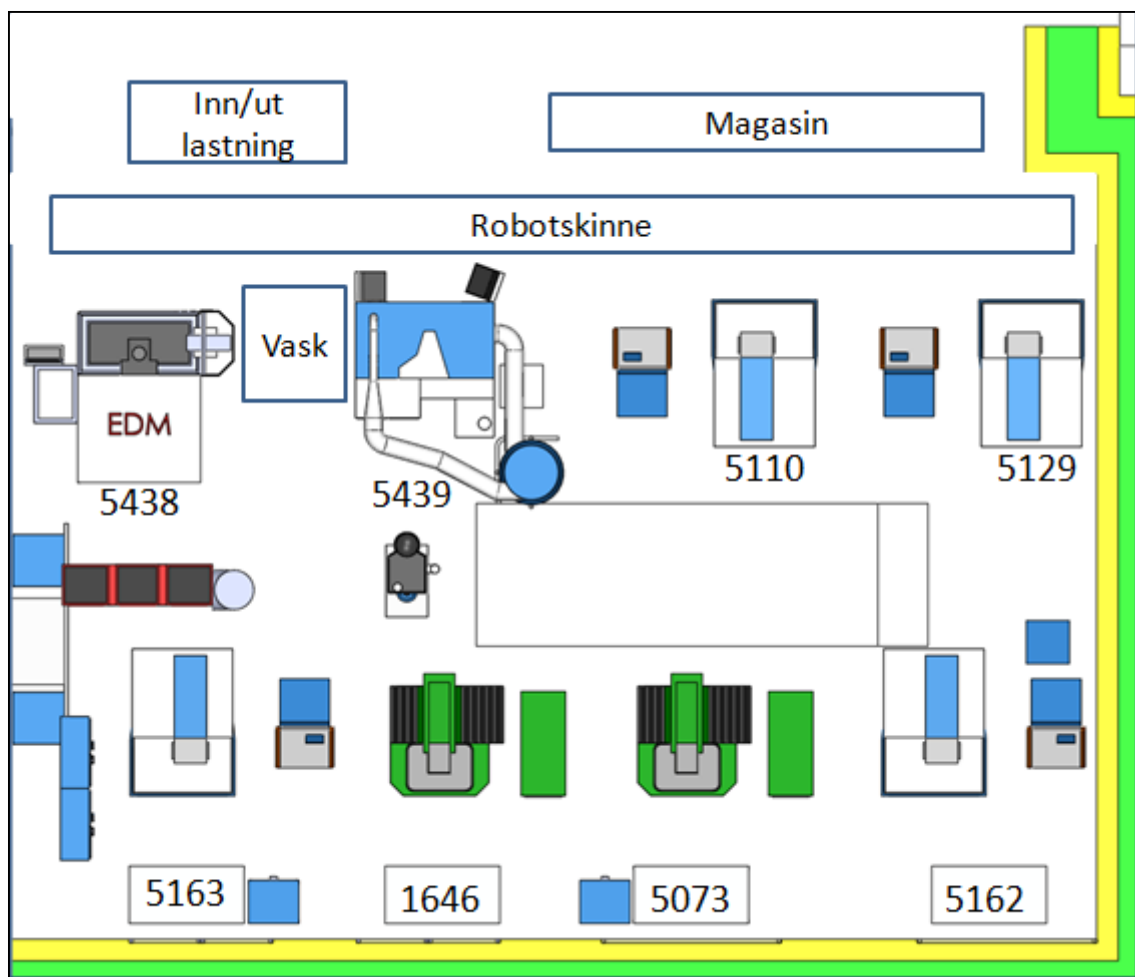
I underliggende kapitler vurderes forskjellige alternativer til layout med fordeler og ulemper.

Her er også tatt med hva som skiller layoutene prismessig.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.
Forprosjekt - EDM Automatisering			Side/Page
			21 (34)

Layout 1

Lineær robotakse på dagens layout. Med utgangspunkt i vår eksisterende fabrikk layout er ikke nåværende plassering av maskiner optimal. I prinsippet har alle våre maskiner har en operatørside og en automatiseringsside. Slik vår layout er i dag vil vi med en lineær robotakse, som dekker alle ønskede maskiner, blokkere operatørsiden av maskinene, se Figur 9.



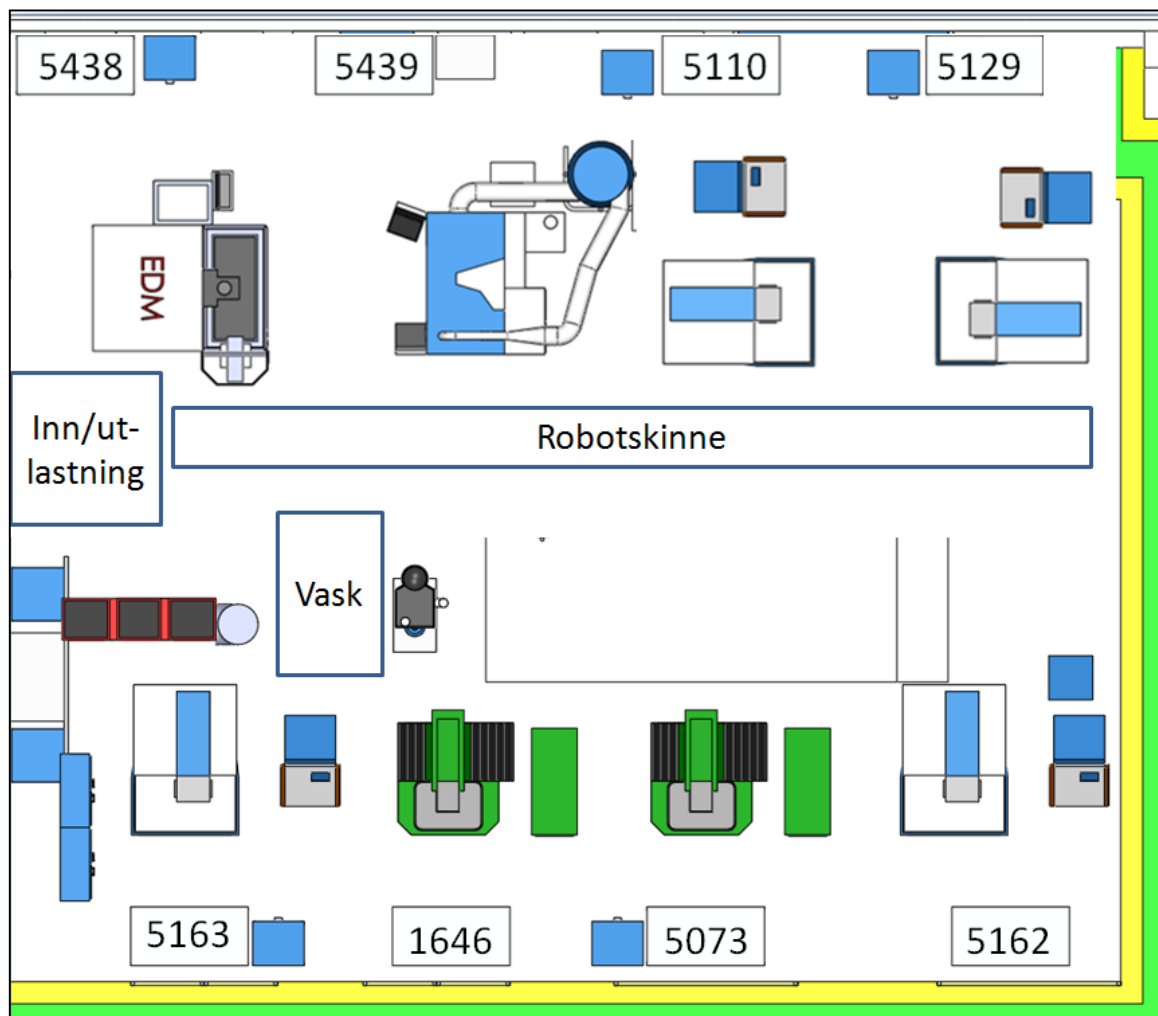
Figur 9 - Fabrikk layout 1

Fordel:	Ulempe/Utfordring
<ul style="list-style-type: none"> Muligheter for utvidelse. Ingen flytting av maskiner 	<ul style="list-style-type: none"> Hele prosessen stopper når en av maskinene trenger vedlikehold eller reparasjoner. Dårlig tilgang for operatører Gulvplass

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.
Forprosjekt - EDM Automatisering			Side/Page
			22 (34)

Layout 2

Lineær robotakse på ny layout. I en optimal layout ville alle maskinene stå 90 grader i forhold til den lineære robotaksen, se Figur 10. Dette gjør tilgangen til enkelt maskiner bedre.



Figur 10 - Fabrikk layout 2

Fordel	Ulempe/Utfordring
<ul style="list-style-type: none"> • God tilgang til maskiner • Prosessen kan forstette selv om en maskin trenger vedlikehold eller reparasjoner 	<ul style="list-style-type: none"> • Flytting av maskiner • Gulvplass

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.
Forprosjekt - EDM Automatisering			Side/Page 23 (34)

Layout 3

En elevert lineær robotakse på dagens layout kan være en god løsning. Da trenger man ikke flytte maskiner for å oppnå god tilgang for operatørene. Tanken er å heve den lineære robotaksen over maskinene og dermed definere separat arbeidsrom for robot og operatør. Magasiner og vaskemaskin kan man også vurdere å montere på samme nivå som robot. Basert på figur 9. Dette vil gi fordeler om automatiseringssystemet skulle stoppe. Operatørene har fremdeles sine arbeidsstasjoner tilgjengelig og kan utføre prosessen slik den er tiltenkt gjort i manuell steg 2.



Figur 11 - Fabrikk layout 3

Fordel	Ulempe/Utfordring
<ul style="list-style-type: none"> • Gode muligheter for utvidelse. • God tilgang til maskiner • Prosessen kan forstette selv om en maskin trenger vedlikehold eller reparasjoner. • Minimerer behov for golvplass • Ingen flytting uten om 5129-5163. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fundament for robot

Layout konklusjon

Ut i fra rene fordeler og ulemper ser layout 3 ut til å være en god løsning. Her kan man enkelt utvide og til en hvis grad beholde operatør områdene slik de er i dag. Ingen maskiner må flyttes og systemet kan enkelt utvides. Layout 2 er også et godt alternativ. Her må plassproblemet løses. Dette vet vi mer om når vi får informasjon fra 3R.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject	Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering			24 (34)

Systembeskrivelse

Beskrivelse av endringene (i tillegg til det som allerede er utført i manuell steg 2):

- Robot for transport av vanefikstur og elektrodeholdere mellom 5129, 5110, 5438 og 5439.
- Vaskemaskin for vasking av vanefikstur.
- Inn og utlastningsstasjon for vane og elektroder.
- Avansert cellekontroller for styring av prosessen.
- Flytting av operatørenes arbeidsområde.
- Seks vanefiksturer, to til hver maskin.

For spesifisert systemomfang, se Figur 2.

Proessen er tiltenkt gjennomføres på følgende måte:

Proessen er tiltenkt gjennomføres på følgende måte:

Operatøren spenner inn to deler i et fikstur og registrerer delene på celle styringen. Når operatøren er ferdig gir han klarsignal til roboten om at vanefiksturet kan lastes inn i en maskin. Roboten henter delene fra inn og utlastningsstasjonen og leverer delene til en EDM maskin som er ledig. Elektrodeholder er på forhand gjort klar slik at maskinen kan begynne å arbeide for roboten har levert delene. Etter første nedsett returneres delene til inn og utlastningsstasjonen ved hjelp av roboten og operatøren får beskjed om å måle dybde på sporet og snu delene i fiksturet om målene er innenfor. Må delene rekjøres gir operatøren beskjed om dette og delene fraktes tilbake til samme maskin for rekjøring. Hvis delene er gode og snudd i fiksturet gir operatøren beskjed om dette og roboten frakter delene til samme maskin hvor første kjøring ble utført. Andre nedsett settes i gang. Når dette er ferdig frakter roboten fiksturet og delene til vaskemaskinen hvor de vaskes. Etter dette fraktes de til inn og utlastningsstasjonen for dybdemåling. Er delene gode tar operatøren de ut av fiksturet, måler delene i Rektron og fullfører nødvendig dokumentasjon.

I fabrikk layout 2 og 3 kan vi benytte oss av en robot på lineær skinne mellom maskinene. Denne roboten må kunne løfte absolutt minimum 60 kg grunnet vekt på griper, vanefikstur og vane. Robot med minimum 100 kg løftekapasitet bør vurderes. I layout 3 må dette være en robot som er bygd for å henge "opp ned" på skinner. Roboten bør også ha mulighet til å frakte med seg et mindre antall vanefikstur og elektrodeholdere på en tralle anordning på skinnene. Dette gjør at roboten kan bruke disse plassene som mellomlagring samt minimere uønsket transporttid.

Roboten som velges bør være en seksakse robot på grunn av:

- Muligheten for å drenere elektrodeveske i maskinen før fiksturet tas ut av EDM maskinen.
- Økt fleksibilitet med tanke på tilgang til maskiner.
- Mulighet for å frakte med seg flere vanefikstur og elektrodeholdere på en tralle på robotens rail.

Griperen til roboten bør være en universalgriper som kan gripe både vanefikstur og elektrodeholdere. Det er fullt mulig og kan løses med kjente leverandører. Velger man å bruke dagens System 3R holdere er resultatet en griper for elektrodeholdere og en griper for vanefikstur. Griperen for vanefikstur er en gaffel som gjør det umulig å tilte vanefiksturet i maskinen for å drenere elektrodeveske.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject	Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering			25 (34)

Her må vi benytte oss av en griper som låser vanefiksturet fast i griperen og dermed gjør det mulig å tilite inne i maskinen for å få bort uønsket elektrodeveske før delen forlater maskinen.

Vanefiksturene slik de er i dag har en slitasje over tid. Slitasjen fører til unøyaktigheter i posisjonen til vanet i fiksturet og er individuelt for hvert fikstur. Denne unøyaktigheten blir kompensert med å frese elektrodene spesielt for hvert fikstur. Det vil si at freseprogrammet varierer for hvert fikstur. Grunnet dette må hvert fikstur ha sin egen elektrodeholder. Det fører til at EDM maskinen må bytte elektrodeholder mellom hvert nedsett. For å øke fleksibiliteten med tanke på elektrodeholderne kan dette gjøres på to måter:

- Designe vanefiksturene slik at kontaktflatene med vanet er utbyttbare. Da kan operatørene nullstille slitasjen når man nærmer seg toleransene. Dette åpner muligheten for å kombinere vanefikstur og elektrodeholder uavhengig av hverandre.
- Ha to identiske elektrodeholdere per vanefikstur. Da kan man frese opp disse to med eksakt samme slitasje verdier og oppnå bedre fleksibilitet.

Ved tilfelle der vi har eliminert slitasjen på vanefiksturene ved å eventuelt ha utbyttbare kontaktflater bør vanefiksturet også gå gjennom en redesignings prosess. Det kan med fordel lages lettere i vekt og smalere i avstand mellom de to vanene i fiksturet. Ved å redusere avstanden mellom de to vanene kan også elektrodeholderne redesignes og reduseres i vekt. Vekt er viktig med tanke på automatisk og manuell transport.

Vaskemaskinen i cellen må kunne vaske vanefikstur. Tre viktige grunner for å vaske vanefikstur er:

- Cellens generelle renhold
- Renhet med tanke på operatørens HMS
- Vane må være fri for uønsket materiell i følgende gradeoperasjon.

Ved en eventuell simulering kan vi fastslå behovet for å vaske eventuelt flere vanefikstur samtidig.

Elektrodene skal ikke vaskes med vann. Grafittstøv og rester fra vane legger seg over tid på disse elektrodene og operatøren bruker i dag kost/fille for å fjerne dette. Her må det lages et alternativ for vasking av elektroder. System 3R er under utvikling av et UV rensekonsept som kan fungere. Andre alternativ er på er bruk av luft. Ved bruk av luft må man være forsiktig slik at man ikke skader elektrodene. Der kan kjøres høyere lufttrykk på delene av holderen som ikke er elektrodegrafitt, blandet med børster som skånsomt fjerner avfall fra elektrodene. Dette bør utføres i maskin ved hjelp av robot eller på en egnet stasjon. Intervallet for rengjøring er ikke kartlagt og i beste tilfelle kan operatøren rengjøre disse holderne for hånd når de kommer ut for bytting av elektroder.

Inn og utlastningsstasjoner for vanefikstur kan løses med en av System 3R sine moduler. I denne stasjonen kan roboten laste et fikstur av gangen. Siden vi da har seks vanefikstur, to til hver maskin, kan det passe å ha tre inn og utlastningsstasjoner. En slik stasjon per maskin gjør at maskinens to vanefikstur kan plasseres i maskin eller i denne stasjonen. Disse stasjonene bør også plasseres så nærme maskinen som mulig slik at vi får kortest vei imellom operatør og maskin.

Elektrodeholder lagres ved maskin eller i en lagringsmodul der operatør har tilgang til å hente ut og laste inn nye eller brukt elektrodeholder. Der må også være mulighet for å lagre minimum to elektrodeholdere ved hver



Figur 12 - Inn og utlastningsstasjon. System 3R

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering			26 (34)

maskin samt minimum et vanefikstur ved hver maskin. Dette løses med enkle lagringsmoduler.

Ved innføring av robot skal der avgrenses område for roboten. Avgrensningen gjøres oftest med fysiske barrierer som gjerder, men kan også kombineres med blant annet lysgardiner. Målet her er å skape et godt designet arbeidsområde for robot i samspill med et praktisk arbeidsområde for operatør. Her bør tilgang til maskiner tenkes nøye igjennom. Mye av resultatet blir bestemt av layout og i tilfellet der vi bruker en overhengende robot oppnår vi god tilgang til maskinene selv om roboten er i bruk. Ekstra sikkerhetsbarrierer kan tas i bruk i tilfeller der man ønsker å arbeide i cellen mens roboten går.

Styring

Systemet kontrolleres av en avansert cellekontroller som holder orden på hele prosessen. Kontrolleren må bygges opp slik at den på et intuitivt og enkelt sett kan håndtere kjøring av forskjellige ordre og re-kjøring av enkelt deler om det trengs. Operatørgrensesnittet skal på en enkel måte fortelle operatøren hvilke oppgaver som må prioriteres for å opprettholde best flyt i prosessen. Enkelt maskiner skal kunne ekskluderes ved behov.

I dette konseptet må en enten utvikle eller tilpasse en egen COTS-basert celleagent. Kommunikasjonsgrensesnittene mot utstyr må uansett spesifiseres og utvikles.

Det finnes flere leverandører på markedet som kan tilby oss fult tilpasset "hylleware" cellekontrollere. Et av disse systemene er fra System 3R og kalles WorkShopManager. Dette er et "first ready, first served" system som delvis har det vi trenger. Fordelen med denne leverandøren er at dette er deres eget produkt som de da har kompetanse på i dag. Her er det mulig å spesifisere hva vi ønsker og få et tilpasset system. Ulempen med dette systemet er at System 3R ikke har erfaring med hengende roboter og trenger da å hente inn ekstern hjelp for å tilfredsstille fabrikk layout 3.

Muligheten er da å kjøpe det man trenger av hardware til EDM maskinene fra System 3R og deretter hente inn et annet firma som kan levere avansert cellekontroller og hengende robot i en samlet pakke.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document		
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport		
Sak/Subject		Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering				27 (34)

Investeringsanalyse

Figur 13 og Figur 14 viser CapEx beregningen av en investering på 4,6MNOK. Inntjeningen kommer i form av redusert operatørkost, verktøykost og vedlikeholdskost. Operatørkost er basert på antatt mannskapsbehov ved del-automatisert celle mot mannskapsbehov basert på tall fra logistikk. For å simplifisere har vi ikke tatt hensyn til skift, men regnet en flat sum på 650000kr/år pr ansatt. Dette vil gi en dårligere internrente enn virkeligheten. Vedlikeholdskostnaden er basert på sanering av 2 maskiner. Vi har identifisert redusert kvalitetskost og redusert kapitalbinding som mulige inntjening, men har ikke kvantifisert dette ennå.

Added Value	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direct Labour	2 000,0	5 343,0	3 477,0	3 068,0	1 462,0	1 144,0	539,0	357,0	357,0	17 747,0
Reduced electrode cost	377,0	824,0	580,0	472,0	185,0	90,0	90,0	-	-	2 618,0
Reduced maintenance		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	800,0
Reduced Quality Cost										-
Reduced Lead Time										-
Depreciation	(230,0)	(460,0)	(460,0)	(460,0)	(460,0)	(460,0)	(460,0)	(460,0)	(460,0)	(4 140,0)

Figur 13 - CapEx (Added value)

NPV	7 640,3
IRR	185,2%
MIRR	27,1%

Figur 14 - CapEx (NPV, IRR, MIRR)

Figur 14 viser at internrente ligger på 185,2% ved investering fra juli 2014.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering		Reg nr/Reg. No.	28 (34)

Figur 15 vise en generell estimert kostnadsoversikt for del auto, uavhengig av type konsept.

Hva	Del auto		
	Pris	Antall	Sum
Vanefikstur	kr 45 000	3	kr 135 000
Elektrodeholder	kr 30 000		kr -
RFID brikke	kr 200	3	kr 600
Monteringsplate del	kr 4 592	3	kr 13 776
Monteringsplate elektrode	kr 2 010		kr -
RFID Leser	kr 10 000		kr -
Bordchuck	kr 28 000		kr -
Elektrodechuck	kr 22 000		kr -
Rekvalifisering produkt	kr 10 000		kr -
Vaskemaskin manuell	kr 60 000		kr -
Vaskemaskin auto	kr 200 000	1	kr 200 000
Hjelpende hånd	kr 50 000		kr -
Flytting av maskin	kr 100 000		kr -
RFID - Fresintegrasjon	kr 100 000		kr -
Integrasjon cellestyring maskin	kr 35 000		kr -
Celle/RFIDstyring - enkel	kr 50 000		kr -
Celle/RFIDstyring - avansert	kr 300 000	1	kr 300 000
Inn og utlastningsstasjon	kr 60 000	3	kr 180 000
Lagringsmoduler	kr 40 000	4	kr 160 000
Sikkerhetsbarrierer	kr 400 000	1	kr 400 000
Målesystem (erstatning eller tilpasning av Rektron)	kr 100 000		kr -
Automatisk følgekort	kr 100 000		kr -
Automatisk dybdemåling	kr 20 000		kr -
Automatisert innspenning av deler	kr 1 500 000		kr -
Sum			kr 2 072 232

Figur 15 - Kostnadsoversikt – Generell for del auto

Figur 16 viser estimert kostnad for del auto med layout 1.

	Del auto layout 1		
	Pris	Antall	Sum
Maskin omplassering	100000	0	kr -
Transformer på lineær skinne	1400000		kr -
6 akse robot på lineær skinne	2000000	1	kr 2 000 000
6 akse robot på lineær skinne (elevert)	2500000		kr -
Sum			kr 4 072 232

Figur 16 - Kostnadsoversikt - Del auto layout 1

Firma/Company name	Dokumenttype/Type of document		
GKN Aerospace Norway AS	Sluttrapport		
Sak/Subject	Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering			29 (34)

Figur 17 viser estimert kostnad for del auto med layout 2.

	Del auto layout 2		
	Pris	Antall	Sum
Maskin omplassering	kr 100 000	4	kr 400 000
Transformer på lineær skinne	kr 1 400 000		kr -
6 akse robot på lineær skinne	kr 2 000 000	1	kr 2 000 000
6 akse robot på lineær skinne (elevet)	kr 2 500 000		kr -
Sum			kr 4 472 232

Figur 17 - Kostnadsoversikt - Del auto layout 2

Figur 18 viser estimert kostnad for del auto med layout 3.

	Del auto layout 3		
	Pris	Antall	Sum
Maskin omplassering	kr 100 000	0	kr -
Transformer på lineær skinne	kr 1 400 000		kr -
6 akse robot på lineær skinne	kr 2 000 000		kr -
6 akse robot på lineær skinne (elevet)	kr 2 500 000	1	kr 2 500 000
Sum			kr 4 572 232

Figur 18 - Kostnadsoversikt - Del auto layout 3

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering			30 (34)

HMS

- Økt avstand mellom operatør og EDM prosess som hindrer uønsket inntak av farlige gasser.
- Redusert behov for manuell transport av palletter.
- Vaskemaskinen sørger for å minimere operatørens eksponering for helseskadelige vesker. EDM vesken kan føre til irritasjon og bør unngås.

Fleksibilitet

- En avansert cellekontroller gir muligheten for automatiske produktbytter.

Usikkerhet og forutsetninger

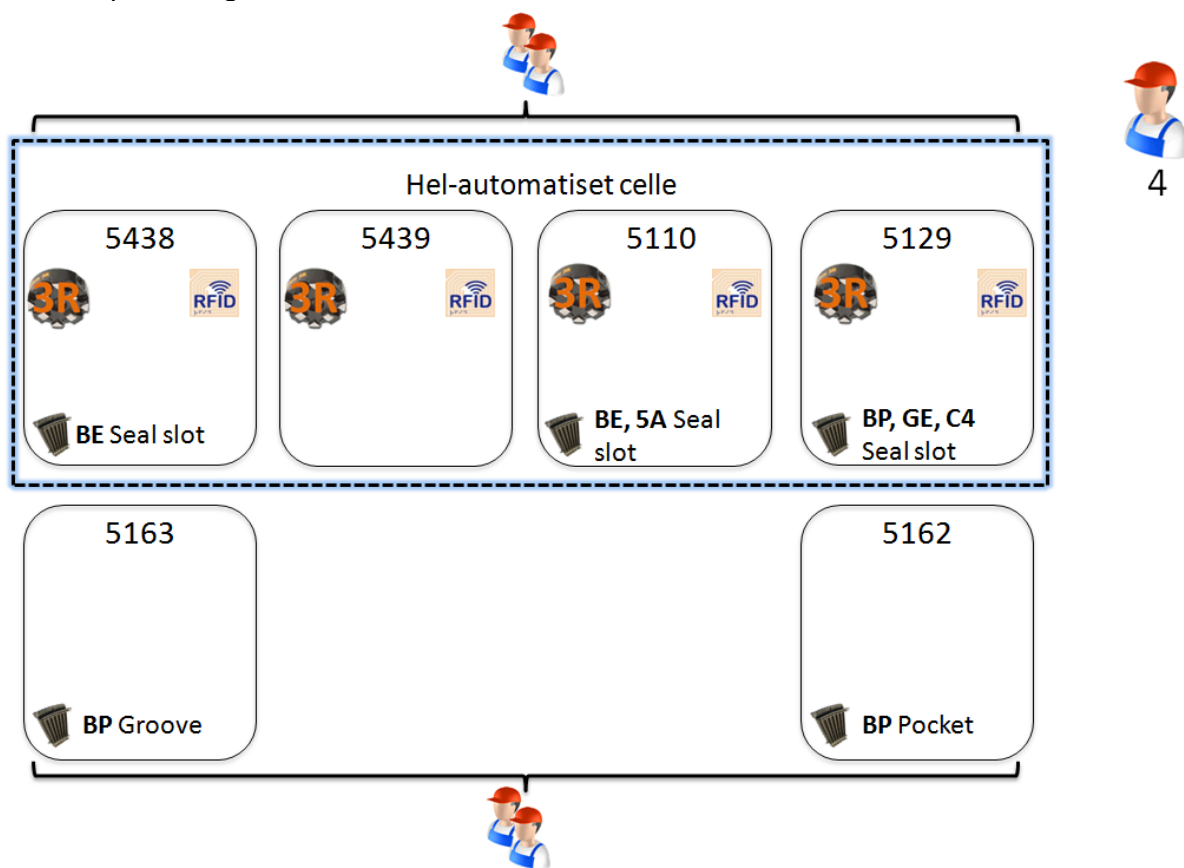
- Større stopp hvis roboten stopper.
- Flere komponenter, flere feilkilder.
- Økt kompetanse behov innen robot og cellekontroller.
- Usikkerhet på mulighet for å få Exeron software og System 3R software til å kommunisere god siden dette ikke er utprøvd.
- Utfordring med utforming av arbeidsområde med tanke på manuell håndtering av prosessen.
- Eventuell videreutvikling av vanefikstur med utbyttbare kontaktflater.
- Installasjonskost er fortsatt et usikkerhetsmoment (men lagt til i prisen basert på våre estimer)

For dette konseptet har en ikke behov for å øke fresekapasiteten

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.
Forprosjekt - EDM Automatisering			Side/Page
			31 (34)

Hel auto

Figur 19 viser hva som i grove trekk utføres i steget samt påvirkning på mannskapsordningen.



Figur 19 - Hel auto

Systembeskrivelse

Beskrivelse av endringene (i tillegg til det som allerede er utført i del auto):

- Automatisk fiksturering av vane i fikstur.
- Automatisk dybdemåling av seal slot.
- Automatisk måling av vane i Rektron.

Prosessen er tiltenkt gjennomført på følgende måte:

Operatøren laster inn en hel ordre i et magasin og registrerer dette i celle systemet. En robot henter deler fra magasinet og fiksturerer disse i fiksturer. Delene blir så fraktet til en EDM maskin hvor første nedsett startes. Etter dette dybdemåles delene og rekjøres om nødvendig. Er resultatet fra dybdemålingen godkjent fraktes delene til en stasjon som snur delene i fiksturet før de fraktes tilbake til samme EDM maskin. Etter andre nedsett kontrolleres dybde på sporet og rekjøres om nødvendig. Er resultatet fra dybdemålingen godkjent fraktes delen til en vaskemaskin som rengjør fikstur og del. Delene går så tilbake til første robot hvor de løsnes fra fiksturet og måles i Rektron. Etter denne målingen blir delen lagt tilbake i magasinet.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering			32 (34)

Automatisk fiksturering av vane i fikstur er i utgangspunktet noe vi ikke har erfaring med fra før. Dette krever testing og utprøving av forskjellige konsepter. Et konsept som kan være aktuelt er å bruke fjærbelastede klemmer for å holde vanet i posisjon i fiksturet. Konseptet bygger på dagens fikstur hvor dagens klemmer er byttet ut med fjærbelastede klemmer. De fjærbelastede klemmene er låst i normal tilstand og kan låses opp ved å avbelaste fjærene. Dette er et enkelt system og krever ingen hydraulikk eller pneumatikk på fiksturet. Dette er også positivt med tanke på at fiksturet senkes i EDM veske.

Eventuell simulering vil avdekke kapasiteten til primær roboten og om det må implementeres en egen robot som fiksturerer vanene i fiksturet.

Fiksturering av elektroder i holder gjøres manuelt.

For rengjøring av elektrodeholderne kan cellens vaskemaskin tilpasses slik av holderne vaskes imellom gamle og nye elektroder.

Rektron stasjonen som sluttmåler resultatet på vanet må modifiseres slik at prosessen kan automatiseres. I dagens situasjon må operatør pirke på måle pinnene for å posisjonere disse riktig. Dette kan løses med en smart styreenhet som sørger for å justere hver enkel målepinne slik at målingen blir nøyaktig.

Automatisk dybdemåling kan løses med digital klokke med tilpasset måle pinne. Dette verktøyet kan monteres på robot for bruk på alle maskinene eller slik at hver enkelt maskin kan gjennomføre måling uten hjelp av robot.

HMS

- Minimere kontakt mellom operatør og vane.

Fleksibilitet

- Operatør har mer tid til fokus på kvalitet.

Usikkerhet og forutsetninger

- Automatisere Rektron
- Automatisere dybdemålingen
- Fiksturerer vane i fikstur
- Vane griper

Hva er den store besparelsen (kost nytte) ved hel auto fremover del auto?

Ekstra styre og databehov

- Inkludere Rektron måling
- Inkludere dybdemåling

Firma/Company name	Dokumenttype/Type of document		
GKN Aerospace Norway AS	Sluttrapport		
Sak/Subject	Utgave/Issue	Reg nr/Reg. No.	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering			33 (34)

Konseptvekting

Vurderingskriterier	Kort beskrivelse	Viktighet
VK1 – Investeringsanalyse	Estimert total investeringskost og tilhørende besparelser. Anvender egen investeringsmal for dette kriteriet.	10
VK2 – HMS	Helse, miljø og sikkerhet.	10
VK3 – Fleksibilitet	Trinnets evne til å kjøre flere produkter (eksisterende og nye), tenkte omstillingstider, volumendringer, mulighet for innføring av andre EDM-operasjoner (ikke bare seal slot).	8
VK4 – Risiko	Generell risiko tilknyttet trinnet/konseptet.	8
VK5 – Fremtidig utvikling	Kan f. eks foreslått layout og SW enkelt endres mtp fremtidige endringer? F. eks integrasjon med andre celler, en-stykk flyt vareflyt, tilkobling mot et MES.	6

- 0: Samme som dagens situasjon.
 +X: Bedre enn dagens situasjon.
 -X: Dårligere enn dagens situasjon.

Vektskala: +/- [1 – 5].

Tabell 4 viser vektingen av de ulike stegene.

	Viktighet	M steg 1	M steg 2	Del auto	Hel auto
VK1					
VK2	10	10	20	40	50
VK3	8	8	16	32	32
VK4	8	8	-8	-16	-24
VK5	6	6	6	30	18
Sum		32	34	86	76

Tabell 4 - Steg/konseptvekting

Hvert steg er gitt et produkt av viktigheten og prosjektgruppens vurdering fra 1 til 5. For VK4 gis det negativ vurdering. Vektingen er basert på en forbedring eller forverring sett opp mot dagens situasjon.

Firma/Company name		Dokumenttype/Type of document	
GKN Aerospace Norway AS		Sluttrapport	
Sak/Subject		Utgave/Issue	Side/Page
Forprosjekt - EDM Automatisering			34 (34)

Estimert arbeidsmengde for ferdigstilling av URS

I et gjennomføringsprosjekt må en URS utarbeides. En slik URS vil basere seg på hvilket steg og/eller konsept eller velger å gå videre med. Det som er felles for alle er:

URS – Alle:

- Kort beskrivelse av produktet og prosessen
 - Del og fikstur vekt og dimensjoner
- Teknisk beskrivelse av maskiner som skal inngå i automatiseringssystemet (både HW og SW)
- Krav til maskinintegrasjon/kommunikasjon
- Krav til systemstyring, systemintegrasjon og datahåndtering (eks RFID, dataoverføring til/fra SAP og fremtidige IHAP PCS)
- Krav til HMI
- Krav til nullpunktsystem
- Krav til evt nye fiksturer
- Krav til lagring og behandlingsstasjoner for elektroder og delefiksturer
- Krav til HMS
- Krav til vasking
- Krav til systemytelse
- Detaljert systembeskrivelse/funksjonsbeskrivelse

URS – Spesielt/ekstra for manuell steg 1 og 2:

- Krav til montering/demonsteringssystem for elektrodeholder

URS – Spesielt/ekstra for del auto og hel auto

- Krav til automatiseringssystemet
- Ekstrakrav til HMS
- Krav til bygning og layout
- Krav til HMI
- Krav til elektronisk følgekort og rapportering
- Krav til integrasjon med serienrlesing

Verktøyveksler og elektrodefresing

Det er et sterkt ønske fra ledelsen på vane og se på andre måter å organisere EDM med tanke på mannskap og deler. En forutsetter da at dette skal være innenfor rammene en har i dag ved ikke å investere i nye maskiner.

Vi har i dag god erfaring rundt det med elektrodefresing og kjøring i ny EDM. Dette er stabilt og det er lite korrigeringer i løpet av kjøringa. Denne erfaringen kan vi ta med videre inn i de andre maskinene og med dette forslaget kan vi ta maskin for maskin etter hvert som vi får ytterligere erfaringer.

Det er en begrensning i dagens maskiner ved at de ikke kan knyttes opp mot en automatiseringslinje. Dette medfører at maskinene er ganske operatørvhengig. Men mye av det som i dag gjøres manuelt kan vi halvautomatisere. Det må gjøres noen ettermonteringer og tilpasninger på gamle maskiner men så snart dette er på plass er forslaget gjennomførbart.

EDM prosjekt

Det settes ned en gruppe som skal se på dette forslaget og eventuelt andre forslag. Denne gruppa består av, foruten undertegnede, 1 operatør fra EDM, 1 fra prosess og eventuelt andre personer der i ledelsen finner nødvendig å ha med. Gruppas mandat er todelt:

Steg 1

Finne ut muligheter og kostnader på dette forslaget. Er det andre forslag skal muligheter og kostnad på dem også avklares. Dette skal presenteres for ledelsen på vane som der igjen beslutter hva vi videre går for.

Der skal også sees på mannskapskabelen på de forskjellige løsningene. Viktig brikke her er valg av mengde med elektrodeholdere til de forskjellige operasjonene. Der tillegges gruppen å velge løsning men jeg har et forslag her som jeg vil komme tilbake til seinere i dette forslaget.

Steg 2

Dette er gjennomføringsdelen. Er det besluttet at andre løsninger enn det som her foreslås går det inn her istedenfor det som skisseres videre i dette forslaget.

Forslag maskin for maskin:

Det er viktig at produksjonen går som normalt mens en tilpasser maskinene. Dette er mulig om en følger trinnene som her er foreslått. Når nødvendige tilpasninger av verktøy og maskin er gjort er det fullt mulig å kjøre ordinær produksjon fram til en har testet ut rutinene med ny kjøremetode.

Trinn 1. Tilpasning innspenningssystem.

3R har et system som heter MAXI og som i dag er montert inn på de fleste EDM-maskinene. Til dette systemet kan en sette inn en overgang som for eksempel **pneumatisk chuckadapter 3R-467.1-1** eller **pneumatisk chuckadapter 3R-407.1**. Dette systemet tilpasses maskinens mulighet til automatisk verktøyveksling som er under funksjonen M06.

Vi kan som alternativ montere inn C-akse i maskinene da styringene er tilpasset denne aksen. Men da må hele verktøymonteringen bygges om noe som har en ekstra kostnad som kanskje er unødvendig på disse gamle maskinene.

Deretter har vi to valg:

1. Vi kan tilpasse elektrodeholderne til denne adapteren slik at vi ikke trenger å ta ut og inn dette avhengig om vi kjører etter gammel eller ny metode.
2. Vi tar ut og inn adapteren avhengig om en kjører etter gammel metode/ny metode, men da må vi og demontere/montere koblingen til det pneumatiske systemet mellom adapter og maskin for hver gang vi tester ny kjøre måte.

Trinn 2. Montering av verktøyveksler.

På venstre side av maskinene er det en brakett som en kan montere på en verktøyveksler. Det er to muligheter her:

1. Setter inn en verktøyveksler lik den som er i M5438. Denne gir en fleksibel mulighet vedrørende verktøy. Den opereres på samme måte som verktøyveksleren i M5438, ny EDM-maskin. Verktøyveksleren vil være CE- godkjent fra produsent.
2. Lage en verktøyveksler med 2 stasjoner. Operatøren kan da klargjøre neste verktøy mens maskinen kjører del. Denne verktøyveksleren må CE- godkjennes etter at nødvendige tilpasninger er gjort.

Før verktøyveksler kan tas i bruk må det noen sikringsanordninger på plass. Dette er en kostnad som må tas. Det er i utgangspunktet et krav til sikring allerede i dag som er brutt i noen EDM-maskiner. Ved montering av verktøyveksler må sikringsanordninger settes på plass igjen.

Trinn 3. Uttesting av operasjonen(e) opp mot elektrodefresemaskinen.

Nå implementerer vi operasjonen til elektrodefreseren. Finner ut løsninger i elektrodefresemaskinen som håndterer elektroder til flere forskjellige maskiner og operasjoner. Dette kan gjøres parallelt mens trinn 1 og 2 utføres. Da utnytter vi tiden slik at når dette trinnet skal startes på er mest mulig klart. Når dette fungerer kan operasjonen fullt ut kjøres i maskinen.

Maskinrekkefølge

Det er viktig å ta ombyggingen trinn for trinn på en maskin før neste maskin bygges om. Da kan en ta med erfaringen fra forrige maskin til neste maskin. Foreslår følgende rekkefølge:

1. M5129

Siden vi allerede har ferdig elektrodefreseprogram i elektrodefreseren er det her kun tilpasning til maskinen som er nødvendig.

2. M5110

Neste er maskinen som kjører andre seal-slot operasjoner. Siden ombygging er fleksibel vedrørende ny og gammel måte å behandle elektrodene på kan en her ta operasjon for operasjon etter hvert som en finner det økonomisk lønnsomt. Erfaring fra M5129 rundt ombygging kommer godt med. Det er da også lett å innføre seal-slot operasjonen til BE slik at en fyller opp dødtid i maskinen.

3. M5162

Erfaring fra M5129 og M5110 kommer godt med. Denne maskinen er generasjonen etter disse to og det som er mulig på de to første er vertfall mulig her. Men vi må finne løsning på kobling av strøm til elektrodene. Siden denne maskinen har 2 kanaler er strømmen koblet direkte til elektroden. Men det finnes løsninger på hurtigkoblinger ute i markedet så med prat med

fagpersoner så kan det her komme en godkjent løsning. Elektrodebytte her skjer etter ca 3 til 4 timer så bruk av hurtigkobling er overkommelig.

4. M5163

Erfaring fra M5162 brukes her.

5. M1646 og M5073

Disse kan brukes som backup mens en bygger om de andre maskinene. Disse to sikrer en viss produksjon og skulle det være slik at en av ovennevnte maskinene står noen dager under ombygging så kan disse to virke som reserve. Utover det er dem ubrukelige vedrørende ny måte å fremstille elektroder på.

Elektrodefresing

Dette konseptet vil gjennom dette forslaget kunne videreutvikle seg. Det er her rom for store effektivitetsforbedringer og vil gi store kostnadsreduksjoner på verktøysiden. Hvor mye bruker ikke vi i dag av kroner på tilpasning av gamle elektrodeholdere uansett operasjon? Her er noen momenter rundt dagens produkter:

BP seal-slot

Velkjent operasjon som er godt innkjørt.

Seal-slot til BP, GE og C4

Om disse legges inn som elektrodefresing kan vi forvente lik stabilitet som BE seal-slot. En kan og forvente betydelige verktøykostreduksjoner.

BP stort spor

Det er laget et program som gir perfekt resultat på fresing av denne elektroden. Innfører en dette i kombinasjon med ombygging av maskin vil innspenning bli like stabil som BE seal-slot i M5438. En kan i tillegg forvente betydelige innsparinger på verktøykost.

BP pocket

En kan forvente samme resultat her som en får med fresing av BP stort spor.

Tilpasninger mellom operasjoner og maskiner

Flere maskiner å håndtere i elektrodefresemaskinen sammen med flere operasjoner gir elektrodefresing nye utfordringer. En viss form for bruk av ID-brikke må til. Da elektrodefresemaskinen kan finne fram riktig program til riktig verktøy kan vi innføre en viss form for ID-merking av verktøy.

Det kan også monteres en avlesningspenn i hver EDM-maskin som gir enten rødt eller grønt lys. Før operatøren setter inn verktøyet leser vedkommende av ID-brikken med en penn og gjenkjenner datamaskinen som er koblet opp verktøyet får operatøren grønt lys. Da er det til å sette inn verktøyet og taste inn verktøylengde. Deretter er verktøyet klart for bruk.

Andre operasjoner

Det er avdekket et vist behov for alternative operasjoner når en får problemer i maskiner eller det er andre produkter som går i maskiner. Er EDM blitt vurdert som alternativ operasjon? Det er jo EDM prosesser på stort spor og pocket som en gang i tiden er tenkt ut. Hva med å ta dette fram igjen når ovennevnte oppgradering er gjort? En kan spare personell og få kombikjøring uten noen ekstra kostnader av betydning.

- En kan få mer kombikjøring ved at en trekker med seg stort spor og pocket maskin. I dag blir dette i liten grad utnyttet da det er begrenset med deler inn i disse operasjonene i EDM. Operatøren er allerede til stede og kan lett dra med seg disse to operasjonene om det er aktuelt på BE. Men siden fresing er valgt så går alle delene inn der med det som følge at EDM-maskiner står og operatør kjører bare 1 maskin.
- En kan spare inn på mannskap. En kan redusere skiftbehovet i det som i dag er hovedalternativ. I EDM er allerede personell til stede døgnet rundt og det er enkelt å trekke med seg ekstra maskin. I dag står stort spor og pocket store deler av tiden. Hvorfor ikke å la disse operatørene kjøre stort spor og pocket så lenge det er deler?

Når EDM- ombyggingen er ferdig har vi fått maksimalt ut av maskinene ut fra den tilstanden dem er i. Maskinene kan lett tilpasses annen type produksjon uten at en må bestille dyre elektroder. Elektrodefresemaskinen freser ut elektrodene slik vi vil ha dem i forhold til produktet som skal kjøres. Dette gir oss mulighet til å teste ut nye operasjoner uten at en på forhånd må lage mye tilpassede løsninger. I en test kan en rigge til operasjonen og prøve ut maskinene. Deretter er det lettere å regne ut hva en må ha. I dag er det mye synsing som enten gir for høy pris fordi vi ikke vet bedre. Eller prisen blir for lav slik at vi taper penger når vi får produktet inn i maskinen.

Ved kjøp av nye maskiner vil vi ha oppegående prosess som lett kan integreres i den nye maskinen. Fellers innspenningssystem av både fikstur og elektrodeholder gjør overføring enkelt. Og får en nye operasjoner har vi erfaring fra eksisterende operasjoner på å få fram robuste prosesser. En kan også teste ut verktøy i gamle maskiner for å se at ting spiller på lag og når ny maskin er på plass er overføring enkel.

Varmeskap

Uavhengig av ovennevnte arbeid må vi se på muligheten for å få et varmeskap til tørking av elektroder.

Dagens situasjon

Vi tørker av overflødig væske for hånd eller blåser med luftpistol. Begge delene medfører en viss risiko for brekking av elektrode.

- Ved tørking for hånd må operatøren bruke fille og hansker er ikke fordelaktig å bruke. Velger da en operatør og ikke å bruke hanske risikerer vedkommende hudproblemer.
- Ved blåsing virvles fuktig støv opp i lufta og sideområder blir forurensset. Operatøren kan risikere å puste inn partikler som blir virvlet opp i lufta.
- Gjør ikke operatøren noen av ovennevnte blir det mye søl i maskinen. De tyngste fuktige partiklene legger seg på maskinbord. De litt lettere går inn i avsugsystemet og setter seg på veggene før filteranlegget. På sikt vil kanalen tettes om der ikke rengjøres/utskiftes kanal.
- Ved ukentlig rengjøring vil eventuelt fuktig grafittstøv bli sugd inn i avsugsystemet og setter seg på filteret. Fuktig støv er ikke ideelt for dette filteret og vi risikerer å måtte bytte filterpakke da automatisk rensing ikke fungerer da fuktig støv setter seg fast i filterpakke.

Dagens måte å gjøre elektrodefresing er ikke helt optimalt i forhold til HMS, rengjøring og vedlikeholds krav.

Hva kan vi gjøre?

Ved å kjøpe inn varmluftskap så kan elektrodene tørke der fram til dem skal freses i elektrodefresemaskinen. Da vil elektrodene være ferdig tørket og fresing kan gjennomføres uten noen forberedelser fra operatøren. Tørkeskapet skal kun tørke uten å varme opp verktøyet nevneverdig.

Størrelsen på skapet må tilpasses hva leverandør anbefaler i forhold til ønsket antall elektroder som skal tørkes. Plasseringen kan en se nærmere på men en kan jo vurdere å flytte gammel elektrodefresemaskin til området ved Blohm for så å plassere varmeskap der også. Kanskje en kan vurdere å sette ny elektrodefresemaskin i dette området for å få et fullverdig lektrodefreseområde inkludert tørking av elektroder.

Mannskap

Etter ombygging er det behov for følgende oppsett av mannskap

- M5129 og M5162.
1 operatør pr. skift.
- M5110 og M5163
1 operatør pr. skift
- M5438 og elektrodefresemaskin
1 operatør pr. skift

Økonomi

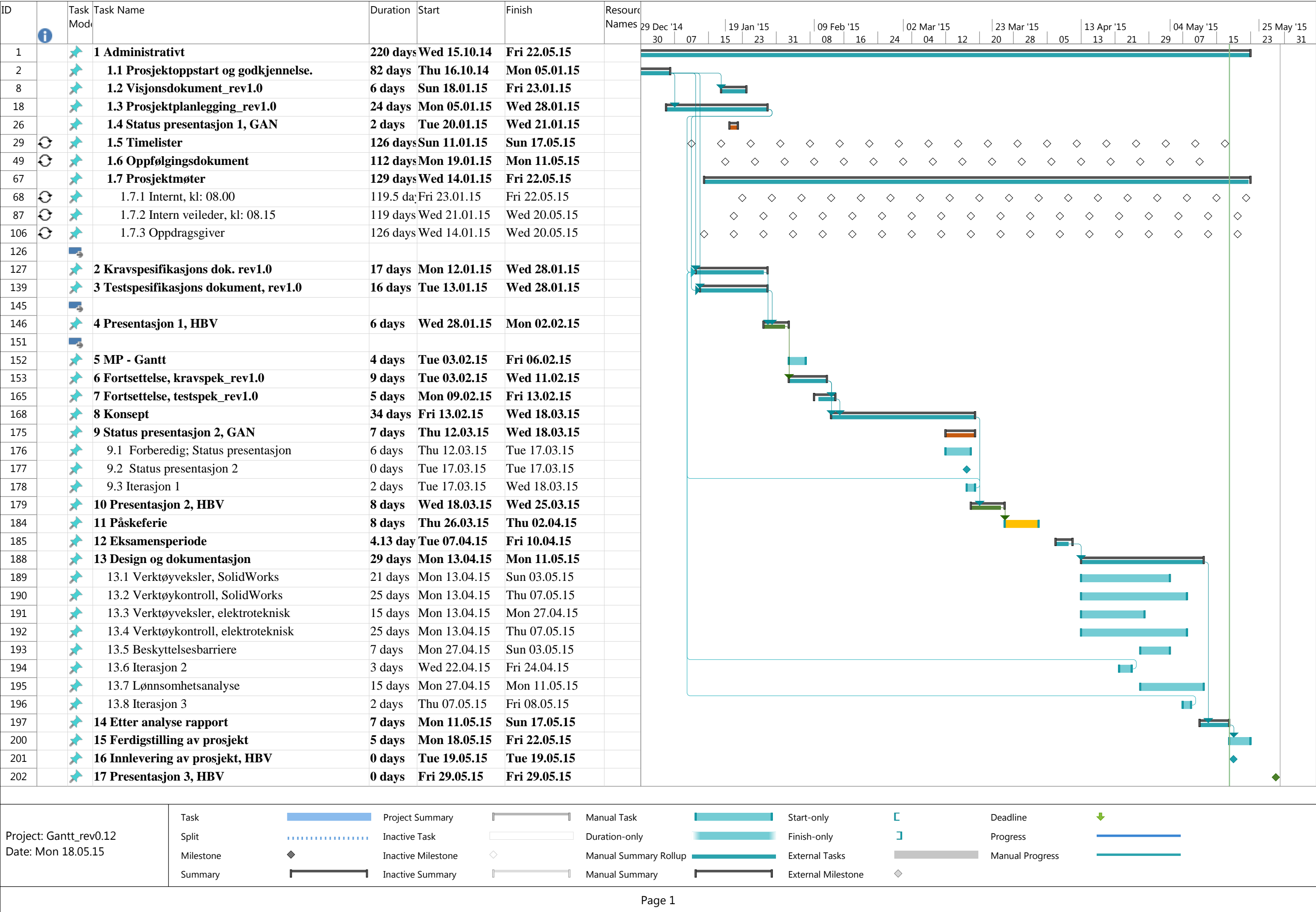
Det å gjøre tilpasninger koster penger. Det er bestemt å sette ned en arbeidsgruppe som skal finne løsninger på ny måte å utføre operasjonene på i EDM. Vil tro da at det er penger i systemet som gjør at dette forslaget er gjennomførbart. Om så ikke er tilfelle er det rart at vi i det hele tatt ser på andre måter å utføre oppgaver på. Men sett ut fra en økonomisk side har avdelingen 3 alternativer:

1. Ikke å gjøre noe. Investeringskostnad er lik 0 men vi har ingen fleksibilitet. Kan ikke redusere mannskap før antall deler går ned. Har ikke noen mulighet til å inngi lavere priser på nye produkter da nye operasjoner er kostnadskrevenende i oppstartsfasen.
2. Gjennomføre forslaget. Det må brukes penger for å kunne spare penger. Forslaget gir både rom for mannskapsreduksjon samtidig som vi får en viss fleksibilitet. Bare det å kunne kjøre seal-slot BE i M5110 vil gi god fleksibilitet. Fikstur har vi allerede i en av de to gamle EDM-maskinene (M1646 og M5073).
3. Full automatisering. Dette er helt klart det beste men vi har ikke personer med stor nok tyngde og integritet på vane til å fronte dette. Denne delen må komme i forbindelse med et større prosjekt som har med fremtidens produksjon av hele VANE-linja.

Håper det som her er skissert kan påstartes snarest. Her er det egentlig opp til oss selv hvordan gjennomføringsevnen blir. Der en trenger ekstern hjelp kan en innkalle ekspertisen som ser på de enkelte elementene uten at en er med på hele prosessen. Vi eier hele prosessen slik at skal ting bli gjort er det enklere å ta avgjørelsene selv enn om en skal vente på at andre skal avgjøre dette for oss.

Ser fram til positiv behandling og at vi er i gang med prosjektplanlegging innen utgangen av november 2014.

Mvh. John Stavem





Aktivitetsoversikt

Versjon	Kommentar	Forfatter	Dato
0.1	Aktivitets id endret.	MK	19.01.15
0.2	Aktivitets id for web-design lagt inn. Endret aktivitets id-er etter Gantt skjema	MK	27.01.15
0.3	Aktivitetsplan endret etter oppdatering av Gantt	MK	30.01.15
0.4	Endret 1.11 "CE-krav" til "div. CE-godkjenning" Lagt inn ny underaktivitet, 6.3.3 "CE-krav"	MK	03.02.15
0.5	Endret fortsettelse krav -og testspesifikasjon fra rev2.0 til rev1.0. Revidert etter Gantt. Se revisjonslsite for Gantt.	MK MK	06.02.15 06.02.15
0.6	Lagt til 8.4 "Test mot spesifikasjoner"	MK	09.02.15
0.7	Se oppdatering 0.8 Gantt. Endret timeantall på sub-aktiviteter 10.0 Lagt til ny iterasjon; 10.6 Test og oppdatering mot spek. 3 Lagt til; 8.1.2 Tekniske tegninger til konseptutredning	MK MK MK	19.02.15 19.02.15 19.02.15
0.8	Endringer av eksisternde aktiviteter og ny aktiviteter. For fullstendig oversikt, se revisjonsdokument for Gantt rev0.9	MK	27.02.15
0.9	Endring av estimerte timer på aktivitet 13. Feil skrevet inn.	MK	15.04.15
0.10	Fjernet aktivitet 15 "Businessdokument".	MK	26.04.15
Timerbrukt, oppdatert siste periode			
	05.01.15 - 25.01.15	MK	25.01.2015
	26.01.15 - 01.03.15	MK	04.03.2015
	02.03.15 - 12.04.15	MK	15.04.2015
	13.04.14 - 12.05.15	MK	12.05.2015
	13.05.15 - 17.05.15	MK	17.05.2015

ID	Beskrivelse	Ansvarlig	Timer estimert	Timer brukt		
1.0	Administrativt					
1.1	Prosjektoppstart og godkjennelse	Alle				
1.1.1	Opprette kontakt, bedrift	Alle	40	36.0		
1.1.2	Motta prosjektmandat	Alle	2	4.0		
1.1.3	Godkjennelse av prosjektmandat	Alle	8	2.0		
1.1.4	Revidering av prosjektmandat	Alle	1	2.0		
		Sum	51	44.0	-7.0	-13.7 %
1.2	Visjonsdokument	EM		7.5	7.5	
1.2.1	Bakgrunn for prosjekt	MK	3	2.0	-1.0	-33.3 %
1.2.2	Prosjektmål	EM	4	4.5	0.5	12.5 %
1.2.3	Interessenter	MK	2	1.0	-1.0	-50.0 %
1.2.4	Kritiske suksessfaktorer	EM	5	5.0	0.0	0.0 %
1.2.5	Risikoanalyse	EB	8	9.0	1.0	12.5 %
1.2.6	Lønnsomhetsgrunnlag for prosjekt	MK	3	1.5	-1.5	-50.0 %
1.2.7	Retningslinjer og standarder	EM	2	0.0	-2.0	-100.0 %
1.2.8	Prosjektorganisering	EM	4	2.5	-1.5	-37.5 %
1.2.10	Revidering, visjonsdok. rev_1.0	EM	16	15.5	-0.5	-3.1 %
		Sum	47	48.5	1.5	3.2 %
1.3	Prosjektplanlegging	MK				
1.3.1	Gruppeprofil	EB	4	3.0	-1.0	-25.0 %
1.3.2	Samarbeidskontrakt	EB	4	5.0	1.0	25.0 %
1.3.3	Prosjektmodell	MS	32	19.0	-13.0	-40.6 %
1.3.4	Oppfølging	EM	16	33.0	17.0	106.3 %
1.3.5	WBS struktur	MK	24	15.5	-8.5	-35.4 %
1.3.6	Microsoft Prosjekt	MK	92	94.0	2.0	2.2 %
1.3.6.1	Tidslinje	MK	4	2.0	-2.0	-50.0 %
1.3.6.2	Aktivitetsplan	MS	32	35.0	3.0	9.4 %
1.3.6.3	Gantt og oppfølging	MK	56	68.0	12.0	21.4 %
1.3.7	Revidering, prosjektplanleggings dok.	EM	16	30.0	14.0	87.5 %
		Sum	188	177.5	-10.5	-5.6 %
1.4	Status presentasjon 1, GAN	MK				

1.4.1	Forbereding, status presentasjon 1	Alle	20	15.0	-5.0	-25.0 %	
1.4.2	Status presentasjon 1	Alle	4	6.0	2.0	50.0 %	
		Sum	24	21.0	-3.0	-12.5 %	
1.5	Timelister	Alle	95	23.0	-72.0	-75.8 %	*1
1.6	Oppfølgingsdokument	EM	57	55.0	-2.0	-3.5 %	
1.7	Prosjektmøter	Alle	324	190.0	-134.0	-41.4 %	
1.7.1	Internt	Alle	144	127.5	-16.5	-11.5 %	
1.7.2	Med veileder	Alle	72	57.0	-15.0	-20.8 %	
1.7.3	Med oppdragsgiver	Alle	108	85.5	-22.5	-20.8 %	
1.8	Møtereferater	Alle	81	52.0	-29.0	-35.8 %	
1.9	Div. Førprosjekt	Alle	16	21.5	5.5	34.4 %	
1.10	Web-design	MS	30	27.0	-3.0	-10.0 %	
1.11	Div. CE-godkjenning	MK	20	29.5	9.5	47.5 %	
		Sum	624	354.0	-270.0	-43.3 %	
2	Kravspesifikasjons dokument, rev1.0	MK					
2.1	Brukerkrav, verktøyveksler	EB	54	40.0	-14.0	-25.9 %	
2.1.1	Bakgrunn for brukerkrav	MK	16	31.5	15.5	96.9 %	*2
2.1.2	Intervjurunde, GKN	EB	4	2.5	-1.5	-37.5 %	
2.1.3	Observasjon av operatør	EB	2	0.0	-2.0	-100.0 %	*3
2.1.4	Brukerkrav	EB	32	21.0	-11.0	-34.4 %	
2.2	Brukerkrav, verktøykontroll - elektrodedata	MK	20	21.5	1.5	7.5 %	
2.2.1	Bakgrunn for brukerkrav	MK	8	8.0	0.0	0.0 %	
2.2.2	Intervjurunde, GKN	EB	4	2.5	-1.5	-37.5 %	
2.2.3	Brukerkrav	EB	8	11.0	3.0	37.5 %	
2.3	Systemkrav, verktøyveksler	MK	24	12.5	-11.5	-47.9 %	
2.3.1	Bakgrunn for systemkrav	MK	16	3.0	-13.0	-81.3 %	*4
2.3.2	Systemkrav	EB	8	9.5	1.5	18.8 %	
2.4	Systemkrav, verktøykontroll - elektrodedata	MK	8	2.0	-6.0	-75.0 %	
2.4.1	Bakgrunn for systemkrav	EB	4	0.0	-4.0	-100.0 %	*5
2.4.2	Systemkrav	EB	4	2.0	-2.0	-50.0 %	
		Sum	106	76.0	-30.0	-28.3 %	
3.0	Testspesifikasjons dokument, rev1.0	MS					
3.1	Bakgrunn for testspesifikasjon	MS	5	3.0	-2.0	-40.0 %	

3.2	Testplanlegging	MS	2.5	4.0	1.5	60.0 %	
3.3	Testscenarioer	MS	12	10.0	-2.0	-16.7 %	
3.4	Testprosedyre	MS	4	6.5	2.5	62.5 %	
3.5	Testrapporter	MS	2	1.0	-1.0	-50.0 %	
		Sum	25.5	24.5	-1.0	-3.9 %	
4.0	Presentasjon 1, HBV	EM					
4.1	Sammensetning av dokument	EM	64	24.5	-39.5	-61.7 %	*6
4.2	Forbereding, presentasjon 1	EM	49	50.5	1.5	3.1 %	
4.3	Innlevering av dokumentasjon, (2 arbeidsdager før)	EM	10	9	-1.0	-10.0 %	
4.4	Presentasjon 1	Alle	4	10	6.0	150.0 %	*7
		Sum	126	94.0	-32.0	-25.4 %	
5.0	M.P: (Timer estimert og timer brukt ref. 1.3.6.3)	MK					
6.0	Fortsettelse, kravspesifikasjons dokument, rev1.0	EM					
6.1	Klargjøring intervjurunde 2, GAN	EB	8	1	-7.0	-87.5 %	
6.2	Brukerkrav, verktøyveksler	EB	28	7	-21.0	-75.0 %	
6.2.1	Intervjurunde 2, GAN	EB	16	4	-12.0	-75.0 %	*8
6.2.2	Oppdatering av krav	EB	12	3	-9.0	-75.0 %	
6.3	Brukerkrav, verktøykontroll	MK	20	1.5	-18.5	-92.5 %	
6.3.1	Intervjurunde 2, GAN	MS	4	0.5	-3.5	-87.5 %	
6.3.2	Oppdatering av krav	MK	16	1	-15.0	-93.8 %	
6.4	Systemkrav, verktøyveksler	EB	16	1.5	-14.5	-90.6 %	
6.5	Systemkrav, verktøykontroll	MS	16	0.5	-15.5	-96.9 %	
6.6	Revidering	ALLE	20	19	-1.0	-5.0 %	
		Sum	124	30.5	-93.5	-75.4 %	*9
7.0	Fortsettelse, testspesifikasjons dokument, rev1.0	MS					
7.1	Testcaser	MS	4	2.0	-2.0	-50.0 %	
7.2	Revidering	EM	6	5.0	-1.0	-16.7 %	
7.3	Testplan	MS	8	9.0	1.0	12.5 %	
		Sum	18	16.0	-2.0	-11.1 %	
8.0	Konseptfase						
8.1	Konseptdokument	EM	160	201.5	41.5	25.9 %	
8.2	Konseptutredning, verktøyveksler	EB	200	177.0	-23.0	-11.5 %	
8.3	Konseptutredning, verktøykontroll	MS	110	5.0	-105.0	-95.5 %	*10

8.4	Lønnsomhet av konsepter	MS	50	12.0	-38.0	-76.0 %	*11
8.5	Iterasjonsdokument	EM	56	22.5	-33.5	-59.8 %	
8.6	Konseptvalg	Alle	32	15.0	-17.0	-53.1 %	
		Sum	608	433.0	-175.0	-28.8 %	*12
9	Status presentasjon 2, GAN						
9.1	Forberedig; Status presentasjon	Alle	32	0.0	-32.0	-100.0 %	*13
9.2	Status presentasjon 2	Alle	8	0.0	-8.0	-100.0 %	*14
9.3	Iterasjon 1	MK	56	27.5	-28.5	-50.9 %	*15
		Sum	96	27.5	-68.5	-71.4 %	
10	Presentasjon 2, HBV						
10.1	Klargjøring av dokumenter	Alle	88	46.0	-42.0	-47.7 %	
10.2	Forberding, presentasjon 2	Alle	72	54.5	-17.5	-24.3 %	
10.3	Innlevering av dokument. (2 hele dag før pres.)	Alle	20	17.0	-3.0	-15.0 %	
10.4	Presentasjon 2	Alle	4	4.0	0.0	0.0 %	
		Sum	184	121.5	-62.5	-34.0 %	*16
11	Påskeferie	Alle					
12	Eksamensperiode	Alle					
13	Design og dokumentasjon						
13.1	Verktøyveksler, SolidWorks	EB	210	331.5	121.5	57.9 %	
13.2	Verktøykontroll, SolidWorks	EM	48	0.0	-48.0	-100.0 %	
13.3	Verktøyveksler, elektroteknisk	MK	135	203.5	68.5	50.7 %	
13.4	Verktøykontroll, elektroteknisk	MS	135	104.0	-31.0	-23.0 %	
13.5	Beskyttelsesbarriere	EB	56	107.0	51.0	91.1 %	
13.6	Iterasjon 2	EB	88	42.5	-45.5	-51.7 %	
13.7	Lønnsomhetsanalyse	Alle	48	50.0	2.0	4.2 %	*17
13.8	Iterasjon 3	MS	64	11.0	-53.0	-82.8 %	
		Sum	784	849.5	65.5	8.4 %	
14	Sluttrapport						
14.1	Rapport	Alle	40	34.5	-5.5	-13.8 %	
14.2	Plakat	Alle	10	5.0	-5.0	-50.0 %	
		Sum	50	39.5	-10.5		

15	Ferdigstillelse av prosjekt					
15.1	Korrekturlesing	Alle	64	55.0	-9.0	-14.1 %
		<u>Sum</u>	<u>64</u>	<u>55.0</u>		
16	Innlevering av prosjekt					
16.1	Innlevering av prosjekt	Alle	10	10.0	0.0	0.0 %
		<u>Sum</u>	<u>10</u>	<u>10.0</u>		
17	Presentasjon 3					
17.1	Forberding, presentasjon 3	Alle	160	160.0	0.0	0.0 %
17.2	Presentasjon 3	Alle	4	4.0	0.0	0.0 %
		<u>Sum</u>	<u>164</u>	<u>164.0</u>		
		<u>Sum</u>	3293.5	2412.0	-881.5	-26.8 %

1	Feil estimert. Ny estimasjon: 38t.
2	Mer jobb enn forventet.
3	Gjort samtidig med 2.1.2.
4	Ikke relevant nok på dette tidspunktet.
5	Utsatt til senere tidspunkt grunnet lite info fra oppdragsgiver.
6	Dokumentstruktur var bedre enn forventet, derfor timeavvik.
7	Diskuterte med oppdragsgiver etter presentasjon og
8	Overestimert timer.
9	Kravspesifikasjon mer komplett enn forventet, godkjent av oppdragsgiver.
10	Flyttet aktivitet til designfasen.
11	Noe timer skrevet inn i "internt møte"-aktivitet / timer flyttes til buisness dok.
12	Når vi flytter 8.3 til designfasen, vil prosentavviket bli: -14,0%
13	Møte avlyst med GAN.
14	Iterasjonen gikk kun over en dag, estimert til 2 dager.
15	Følgefeil av estimering fra presentasjon 1.
16	Feil estimert. Ny estimering: 48t.

Timeliste oversikt

År	Uke	Fra	Til	Eirik	Erik	Mark	Morten	Remi	Total
2014	36	01.sep	07.sep	0	0	0	0	0	0
	37	08.sep	14.sep	0	0	0	0	0	0
	38	15.sep	21.sep	3	2	1	0	2	8
	39	22.sep	28.sep	2	4	2	0	3	11
	40	29.sep	05.okt	2.5	2.5	2	0	2	9
	41	06.okt	12.okt	5	2	2.5	0	1	10.5
	42	13.okt	19.okt	2	1	3	0	1	7
	43	20.okt	26.okt	0	0	0	0	0	0
	44	27.okt	02.nov	0	0	2.5	0	0	2.5
	45	03.nov	09.nov	6.5	8.5	5.5	0	10.5	31
	46	10.nov	16.nov	1.5	3	1.5	0	1.5	7.5
	47	17.nov	23.nov	0	0	0	0	0	0
	48	24.nov	30.nov	0	0	0	0	0	0
	49	01.des	07.des	0	0	0	0	0	0
	50	08.des	14.des	0	0	0	0	0	0
	51	15.des	21.des	0	0	0	0	0	0
	52	22.des	28.des	0	0	0	0	0	0

2015	1	29.des	04.jan	0	0	0	0	0	0
	2	05.jan	11.jan	12	16	15.5	25	13	81.5
	3	12.jan	18.jan	26	24	21	39	0	110
	4	19.jan	25.jan	35.5	40	26	37	0	138.5
	5	26.jan	01.feb	42.5	52	27	46	0	167.5
	6	02.feb	08.feb	20	28	16.5	31	0	95.5
	7	09.feb	15.feb	16.5	19	11.5	6	0	53
	8	16.feb	22.feb	17.5	13	16.5	24.5	0	71.5
	9	23.feb	01.mar	21	40.5	24	37	0	122.5
	10	02.mar	08.mar	37.5	35	23	39	0	134.5
	11	09.mar	15.mar	40	41	24.5	29.5	0	135
	12	16.mar	22.mar	57	67	46	68.5	0	238.5

13	23.mar	29.mar	24	27.5	18.5	31.5	0	101.5
14	30.mar	05.apr	0	0	6	0	0	6
15	06.apr	12.apr	2.5	3.5	2.5	5	0	13.5
16	13.apr	19.apr	59	35	30.5	47.5	0	172
17	20.apr	26.apr	64.5	54.5	42	56.5	0	217.5
18	27.apr	03.mai	52	72	43.5	51.5	0	219
19	04.mai	10.mai	58	58	42.5	56.5	0	215
20	11.mai	17.mai	65.5	70.5	43.5	66.5	0	246
21	18.mai	24.mai	37.5	37.5	37.5	37.5	0	150
22	25.mai	31.mai	37.5	37.5	37.5	37.5	0	150
23	01.jun	07.jun	0	0	0	0	0	0
24	08.jun	14.jun	0	0	0	0	0	0
25	15.jun	21.jun	0	0	0	0	0	0
			748.5	794.5	575.5	772.5	34	2925

Møter i prosjektperioden

Retningslinjer

Det har blitt utarbeidet ett sett med retningslinjer for møtevirkksomhet i prosjektperioden. Disse retningslinjene spesifiserer prosjektgruppens visjoner og møteoppbygging, da med tanke på alt fra innkallelser til møtereferat.

Innkalling:

- En innkalling med sakliste skal sendes ut i god tid før møte. Innkallingen skal inneholde tid og sted, slik at prosjektdeltakerne får anledning til å forberede seg. Dette er en forutsetning for et godt møte.
- Innkallingen skal inneholde:
 - Møtetype
 - Hvem som er innkalt
 - Hvem som innkaller
 - Tid og sted for møte
 - Sakliste
 - Signatur

Sakliste:

- Sakliste for et møte gjøres kjent i innkallingen. Forslag til endringer eller tillegg til saklisten legges frem ved møtets start.
- Sakliste skal inneholde faste punkter:
 - Godkjenning av innkalling
 - Godkjenning av sakliste
 - Eventuelt

Møteleder:

- Møtelederens oppgave er å styre møte, passe på at diskusjonen holdes saklig og at tidsrammene overholdes. Et godt prosjektmøte krever en god møteledelse. Ved møtestart, skal innkalling og sakliste godkjennes, dette er møtelederens oppgave.
- For møter med intern veileder skal prosjektgruppens medlemmer rullere på oppgaven som møteleder.

Deltakernes roller:

- Deltakerens oppgave er å være delaktige under møtene.
 - Ta del i diskusjoner
 - Stille spørsmål som ikke er avklart på forhånd av møte
 - Gjennomgang av arbeid som er gjort og skal gjøres (interne veiledermøter).
 - Forberede seg til møter

Møteregele:

- Alle skal få si sin mening
- Det blir satt av ca. 20-30 minutter til gjennomgang av arbeid fra prosjekt-medlemmene (intern veiledermøte)
- Internmøter og møter med intern veileder skal start klokken 08:15, og holdes på rom C170/171
- Diskusjon skal holdes kort og presis
- Møteagenda skal følges

Møtefrekvens:

- Prosjektgruppen avtaler med intern veilede hvilken ukedag som passer til faste møter. Det bestemmes også et fast tidspunkt for møte.
 - Fast møtedag og tid har blitt satt til onsdager, klokken: 08:15 på prosjektgruppens rom (C170/171) på HBV Kongsberg.
- Internmøter i gruppen holdes ukentlig på fredager fra klokken 08:15 på rom C170/171. Møtetiden er satt til to timer.
- Møter med ekstern veileder avtales etter behov. Møtested er satt til GAN Kongsberg, og tid avtales.

Møtereferat:

- Et møtereferat skal kunne gi en kort oversikt over sakene og hva som ble vedtatt på møte. Det er viktig at det skrives rett etter møte for å sikre at ingen viktige punkter blir glemt.
- Referatføringen går på rundgang mellom medlemmene av prosjektgruppen.
- Møtereferat skal sendes til prosjektdeltakerne senest 24 timer etter møte.
- Møtereferatet skal inneholde:
 - Møtetype
 - Tid og sted for møte
 - Forfall og deltagere
 - Saksliste
 - Signatur

Møteplikt og frafall:

- Prosjektgruppens medlemmer har plikt til å stille opp og delta i diskusjoner, med mindre gyldig forfall er avtalt på forhånd.
- Frafall skal alltid meldes fra til prosjektleder senest 24 timer før møtet.

Møtestruktur:

For å oppnå gode og effektive møter har prosjektgruppen valgt å sette en fast struktur for de tre møtetyperne:

- Internmøter (prosjektgruppen)
- Møter med intern veileder (Kjell Enger)
- Møter med ekstern veileder (GAN)

Dette er for å ha kontroll over at møtene blir gjennomført til avtalt tid og sted, samt at den oppsatte agendaen blir fulgt.

Internmøter:

Møter internt i prosjektgruppen skal holdes en gang i uken. Møteinnkallelse skal sendes til alle prosjektmedlemmene i god tid før møte, og den skal inneholde en agenda for å sikre effektivitet.

Det er satt av to timer for diskusjon, gjennomgang av oppgaver, spørsmål eller lignende. For et godt utbytte av møtetiden skal diskusjoner holdes korte og konsekvente. Prosjektleder skal her være fast møteleder og ordstyrer, mens det rulleres på hvem som er møtetreferent. Retningslinjene for møtetreferat sier at det skal skrives umiddelbart etter møte, og legges ut i Dropbox senest 24 timer etter møte.

Møter med intern veileder:

Under prosjektperioden vil det bli holdt ukentlige møter med intern veileder, Kjell Enger. I forkant av hvert møte skal de sendes ut et oppfølgingsdokument til intern veileder som beskriver arbeid utført i foregående uke, samt tiltenkte arbeidsoppgaver i den kommende uken.

Rollen som møteleder skal rulleres på av prosjektmedlemmene, og møteleders oppgave er å være ordstyrer. I tillegg skal lederen også ta møtedeltakeren gjennom en agenda bestående av disse punktene:

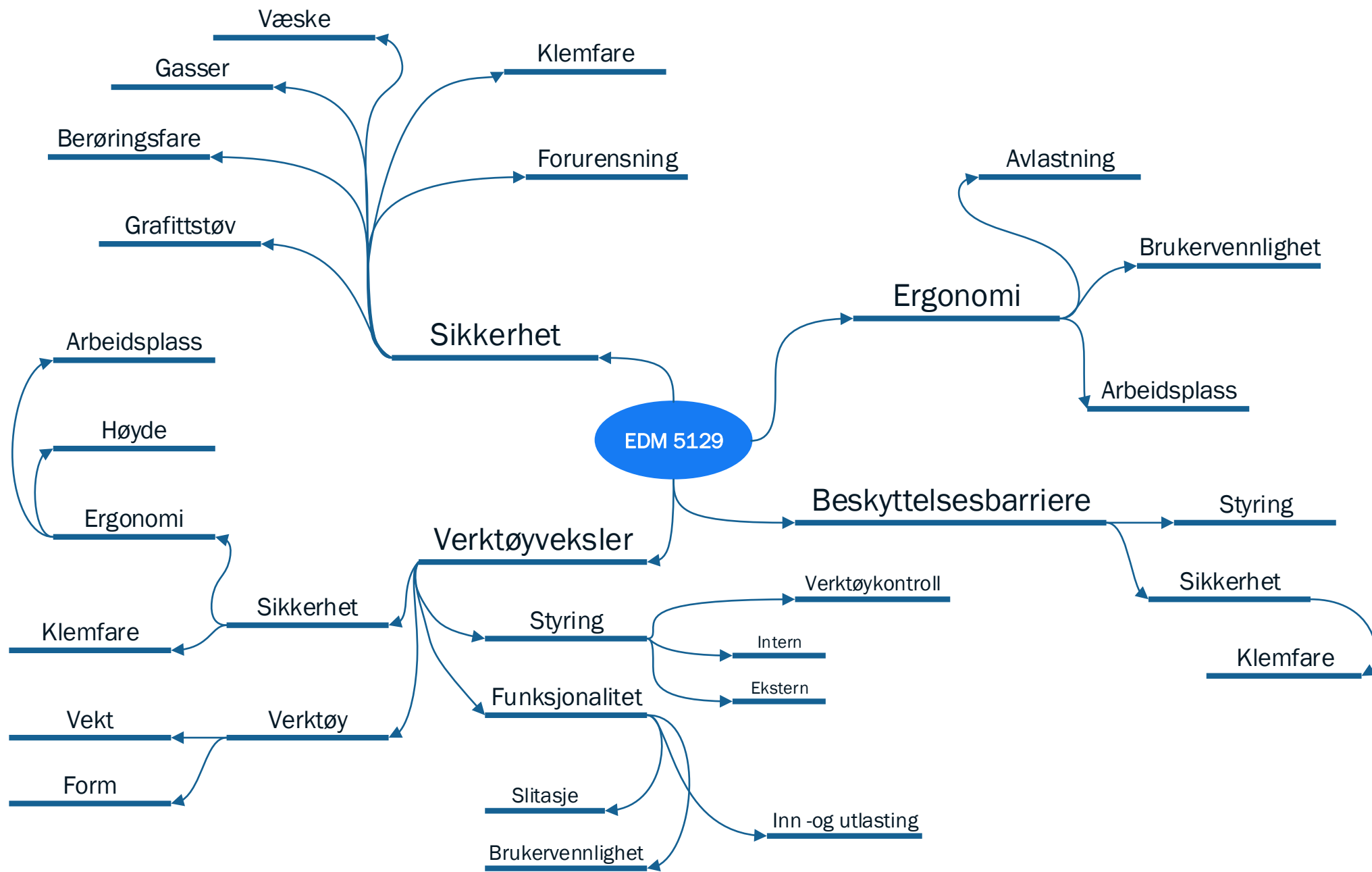
- Start av møte.
- Godkjenning av møteinnkallelse og sakliste.
- Gjennomgang av arbeid som er utført, og arbeid som er planlagt fra hvert enkelt gruppemedlem.
- Spørsmål knyttet til gjennomgått arbeid.
- Spørsmål knyttet til prosjektets tilstand.
- Avslutning av møte.

Det skal også rulleres på hvem som er veiledermøtets referent. Referatet skal skrives umiddelbart, og sendes til møtedeltakerne senest 24 timer etter møte.

Møter med ekstern veileder:

Møter med ekstern veileder holdes hos GAN i Kongsberg. Prosjektlederens rolle blir her å være gruppens overordnede talsmann, men prosjektmedlemmene skal også være delaktige. Møtene avtales på forhånd da det ikke er satt noen faste datoer, men avtales etter behov.

Møtene med ekstern veileder skal holdes korte og presise, så god forberedelse i forkant av møte er viktig. Møtene med ekstern veileder skal også kunne brukes til innhenting av info, da gjennom spørsmål, omvisning eller lignende. Det skal skrives et referat, noe prosjektgruppens medlemmer rullerer på. Dette referatet skal skrives umiddelbart, å sendes til alle møtedeltakere senest 24 timer etter møte.



Vedlegg I

Oversikt koblinger *testspesifikasjon – kravspesifikasjon - prioritet*

Test-ID	Krav-ID	Prioritet
TOB_01	OB_01	A
TOB_02	OB_02	A
TOB_03	OB_03	A
TOB_04	OB_04	A
TOB_05	OB_05	A
TOB_06	OB_06	A
TOB_07	OB_07	A
TOB_08	OB_08	A
TBSVV_01	BSVV_01, BSVV_05, SK_01A, SK_01B, SK_05	A
TBSVV_02	BSVV_02, SK_02	B
TBSVV_03	BSVV_03, SK_03	A
TBSVV_04	BSVV_04, BSVV_06, SK_04, SK_06	A
TBMVV_01	BMVV_01, BMVV_02, SK_07, SK_08	A
TBMVV_02	BMVV_03, BMVV_04, SK_09, SK_10	B
TBEA_01	BEA_01, BEA_02, SK_11, SK_12	A
TBEA_02	BEA_03, SK_13	B
TBEA_03	BEA_04, SK_14	C
TBEVV_01	BEVV_01, SK_15	B
TBEVV_02	BEVV_02, BEVV_03, BEVV_05, SK_16, SK_17, SK_19	A
TBEVV_03	BEVV_04, SK_18	C
TBSVK_01	BMVK_01, SK_20	B
TBMVK_01	BMVK_01	-
TBEVK_01	BEVK_01, SK_21	A
TBEVK_02	BEVK_02, BEVK_03, BEVK_04, BEVK_06, SK_22, SK_23, SK24, SK_26	B
TBEVK_03	BEVK_05, BEVK_07, SK_25, SK_27	C

Vedlegg J

Oversikt koblinger *kravspesifikasjon – testspesifikasjon - prioritet*

Krav-ID	Test-ID	Prioritet	Krav-ID	Test-ID	Prioritet
OB_01	TOB_01	A	SK_01A	TBSVV_01	A
OB_02	TOB_02	A	SK_01B	TBSVV_01	A
OB_03	TOB_03	A	SK_02	TBSVV_02	B
OB_04	TOB_04	A	SK_03	TBSVV_03	A
OB_05	TOB_05	A	SK_04	TBSVV_04	A
OB_06	TOB_06	A	SK_05	TBSVV_01	A
OB_07	TOB_07	A	SK_06	TBSVV_04	A
OB_08	TOB_08	A	SK_07	TBMVV_01	A
BSVV_01	TBSVV_01	A	SK_08	TBMVV_01	A
BSVV_02	TBSVV_02	B	SK_09	TBMVV_02	B
BSVV_03	TBSVV_03	A	SK_10	TBMVV_02	B
BSVV_04	TBSVV_04	A	SK_11	TBEA_01	A
BSVV_05	TBSVV_01	A	SK_12	TBEA_01	A
BSVV_06	TBSVV_04	A	SK_13	TBEA_02	B
BMVV_01	TBMVV_01	A	SK_14	TBEA_03	C
BMVV_02	TBMVV_01	A	SK_15	TBEVV_01	B
BMVV_03	TBMVV_02	B	SK_16	TBEVV_02	A
BMVV_04	TBMVV_02	B	SK_17	TBEVV_02	A
BEA_01	TBEA_01	A	SK_18	TBEVV_03	C
BEA_02	TBEA_01	A	SK_19	TBEVV_02	A
BEA_03	TBEA_02	B	SK_20	TBSVK_01	B
BEA_04	TBEA_03	C	SK_21	TBEVK_01	A
BEVV_01	TBEVV_01	B	SK_22	TBEVK_02	B
BEVV_02	TBEVV_02	A	SK_23	TBEVK_02	B
BEVK_01	TBEVK_01	A	SK_24	TBEVK_02	B
BEVK_02	TBEVK_02	B	SK_25	TBEVK_03	C
BEVK_03	TBEVK_02	B	SK_26	TBEVK_02	B
BEVK_04	TBEVK_02	B	SK_27	TBEVK_03	C
BEVK_05	TBEVK_03	C			
BEVK_06	TBEVK_02	B			
BEVK_07	TBEVK_03	C			

Produksjonsoptimalisering - Testspesifikasjonsdokument

Vedlegg K: Estimert timeoversikt

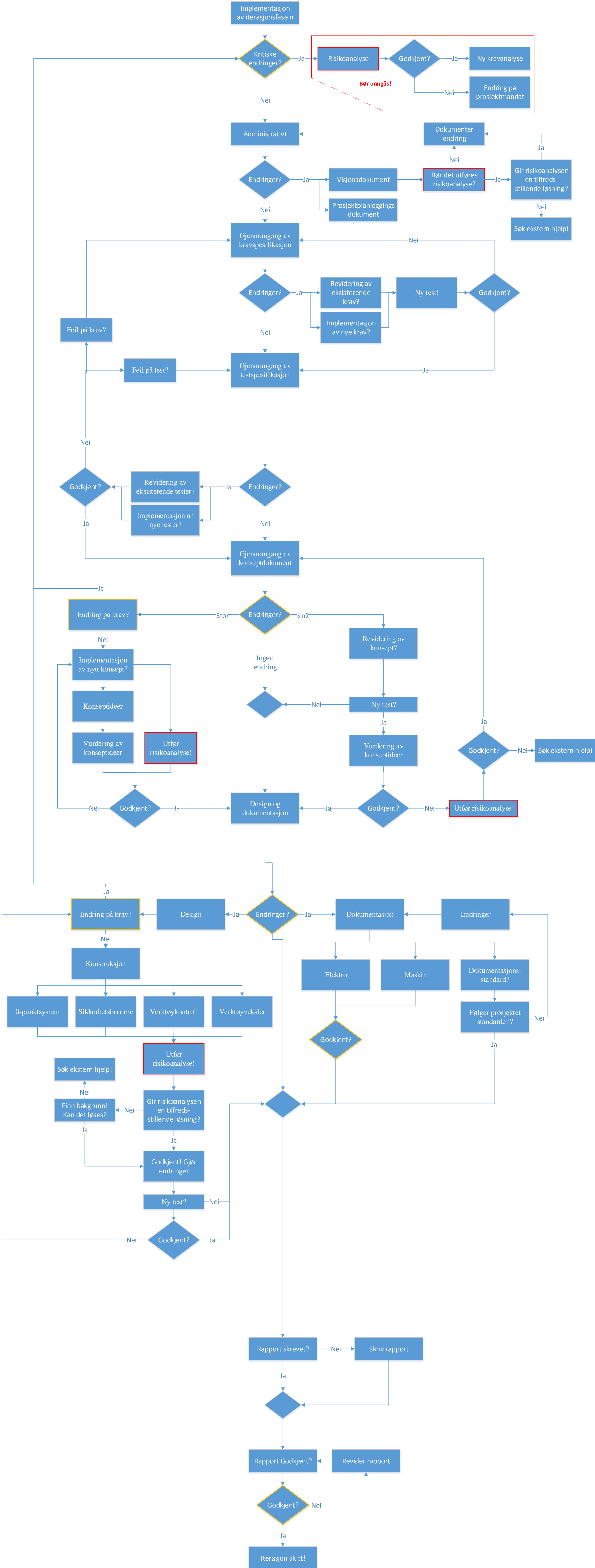
Test-ID	Timer HBV estimert	HBV	GAN	KTT	Merknader
TOB_01	4	x			Ingen.
TOB_02	0		x	x	Ingen.
TOB_03	4	x			Ingen.
TOB_04	1	x			Ingen.
TOB_05	2	x			Ingen.
TOB_06	2	x			Ingen.
TOB_07	2	x			Ingen.
TBSVV_01	2	x			Ingen.
TBSVV_02	2	x			Ingen.
TBSVV_03	3	x		x	Ingen.
TBSVV_04	3	x			Ingen.
TBMVV_01	1	x			Ingen.
TBMVV_02	1	x			10 ukers slitasjeperiode!!
TBEA_01	1	x			Ingen.
TBEA_02	1	x			Ingen.
TBEA_03	1	x			Ingen.
TBEVV_01	2	x			Ingen.
TBEVV_02	1	x			Ingen.
TBEVV_03	1	x			Ingen.
TBSVK_01	1	x			Ingen.
TBEVK_01	2	x			Ingen.
TBEVK_02	2	x			Ingen.
TBEVK_03	2	x			Ingen.
Totalt	41				

HBV: Prosjektgruppen utfører denne testen.

GAN: GKN Aerospace Norway utfører denne testen.

KTT: Kongsberg Terotech utfører denne testen.

Sammenslåing av tester, og dermed besparelse av tid, er ikke tatt med i oversikten



Sikkerhetsdatablad
iht. 1907/2006/EC, artikkel 31

Utskriftsdato 31.05.2012



Versjon 5

Revisjon: 31.02.2012

AVSNITT 1: Identifikasjon av stoffet/blandingen og ansvarlig selskap/foretak

- **1.1 Produktidentifikasjon**
- **Produktnavn:** IonoPlus IME-MH
- **Artikkelnummer:** A100510
- **Tidligere artikkelnummer (til juni 2012):** 50090
- **1.2 Relevante identifiserte anvendelser av stoffet eller blandingen og anvendelser som frarådes**
- **Bruk av stoffet / preparatet** Industriell bruk
- **1.3 Informasjon om leverandøren av sikkerhetsdatabladet**
- **Produsent/Leverandør:** oelheld GmbH Ulmer Str. 135-139 70188 Stuttgart
TYSKLAND
Tlf.: +49-(0)711-16863-0
Faks: +49-(0)711-16863-40
E-post: hutech@oelheld.de Internett: www.oelheld.de
- **Annen informasjon fås ved henvendelse til:** Forsknings- og utviklingsavdeling +49-(0)711-16863-71
- **E-post til informert person:** msds@oelheld.de (på tysk eller engelsk)
- **1.4 Telefonnummer i nødstilfeller:** i åpningstiden, se over. Utenfor åpningstiden på tysk (eller engelsk): Mrs Haas Tlf. +49 71 11 68 63-991 Dr. Storr Tlf. +49 71 11 68 63-992 (privat +49 71 11 68 63-993) Mr Speth Tlf. +49 71 11 68 63-994 Mr Martin Storr Tlf. +49 71 11 68 63-995 eller kontakt giftinformasjonssentralen

AVSNITT 2: Fareidentifisering

- **2.1 Klassifisering av stoffet/blandingen**
- **Klassifisering i henhold til direktivene 67/548/EØF og 1999/45/EF**
-  **Xn; Skadelig**
R65: Skadelig: Kan forårsake lungeskade ved svelging.
R66: Gjentatt eksponering kan gi tørr eller sprukket hud.
- **Informasjon vedrørende bestemte farer for mennesker og miljø** Produktet må merkes på grunn av beregningsprosedyren til EUs "Generell klassifiseringsretningslinje for tilberedninger", siste gyldige versjon.
- **Klassifiseringssystem:** Klassifiseringen er i henhold til seneste utgaver av EU-lister, og utvidet med bedrifts- og literaturredata.
- **2.2 Merking**
- **Merking iht. EU-direktiver:** Produktet er klassifisert og merket iht. EU-direktiver / Ordinance on Hazardous Materials.
- **Produktets kodebokstav og fareangivelse:**  **Xn Skadelig**
- **Farebestemmende komponenter for merking:** Syntetiske alifatiske hydrokarboner
- **Risikosetninger:** 65 Skadelig: Kan forårsake lungeskade ved svelging.
66 Gjentatt eksponering kan gi tørr eller sprukket hud.
- **Sikkerhetssetninger:** 24 Unngå hudkontakt. 62 Ved svelging må ikke brekning fremkalles: Kontakt lege omgående og vis denne etiketten eller emballasjen.
- **2.3 Andre farer**
- **Resultater av PBT og vPvB-vurdering**
- **PBT:** Kriteriene for å identifisere en ingrediens som et PBT-stoff i samsvar med REACH er i henhold til vår informasjon for øyeblikket ikke tilgjengelig.
- **vPvB:** Kriteriene for å identifisere en ingrediens som et vPvB-stoff i samsvar med REACH er i henhold til vår informasjon for øyeblikket ikke tilgjengelig.

NO
(Forts. på side 2)

Sikkerhetsdatablad
iht. 1907/2006/EC, artikkel 31

Utskriftsdato 31.05.2012

Versjon 5

Revisjon: 31.02.2012

Produktnavn: IonoPlus IME-MH

(Forts. på side 1)

AVSNITT 3: Stoffblandingers sammensetning og stoffenes klassifisering

- **3.2. Kjemisk karakteristikk: Blandinger**
- **Beskrivelse:** Blanding av syntetiske alifatiske hydrokarboner og aktive substanser.

- Farlige komponenter:

CAS: 64771-72-8 EINECS: 265-233-4	Syntetiske alifatiske hydrokarboner	Xn R65 R66 ----- Asp. Tox. 1, H304	25 - 50%
CAS: 64742-47-8 EINECS: 265-149-8	Syntetiske alifatiske hydrokarboner	Xn R65 R66 ----- Asp. Tox. 1, H304	

- **Tilleggsinformasjon:** For oversikt over angitte risikosetninger, se avsnitt 16.

AVSNITT 4: Førstehjelpstiltak

- **4.1 Beskrivelse av førstehjelpstiltak**
- **Generelle opplysninger:** Fjern klær som er tilsølt med produktet.
Kontakt lege dersom det oppstår symptomer eller hvis du er i tvil.
Vis fram dette sikkerhetsdatabladet til legen.
- **Etter inhalering:** Sørg for frisk luft; kontakt lege ved klager.
- **Etter kontakt med hud:** Vask huden med vann og såpe og skyll grundig.
- **Etter kontakt med øyne:** Skyll det åpne øyet i flere minutter under rennende vann. Kontakt lege hvis symptomene vedvarer.
- **Etter svelging:** Fremkall ikke brekninger, kontakt lege øyeblikkelig.
- **4.2 Viktigste symptomer og virkninger, både akutte og forsinkede** Ingen ytterligere relevant informasjon er tilgjengelig.
- **4.3 Indikasjon på behov for øyeblikkelig medisinsk hjelp og spesialbehandling** Ingen ytterligere relevant informasjon er tilgjengelig.

AVSNITT 5: Brannslukkingstiltak

- **5.1 Slukkemedier**
- **Egnede brannslukningsmedier:** CO2, pulver eller vannstråle. Større brann bekjempes med alkoholbestandig skum.
- **Ueguede brannslukningsmedier av sikkerhetsmessige årsaker:** Vann med full styrke
- **5.2 Spesielle farer som kommer fra stoffet eller blandingen** Under visse brannforhold kan spor etter andre giftige gasser ikke utelukkes, f.eks.: Karbonmonoksid (CO)
- **5.3 Råd for brannmenn**
- **Beskyttelsesutstyr:** Bruk selvforsynt åndedrettsbeskyttelsesutstyr.
- **Tilleggsopplysninger** Brannrester og forurenset brannslukningsvann må deponeres i samsvar med offisielle bestemmelser.
Kjøøl utsatte beholdere med vannsprut.

AVSNITT 6: Tiltak ved utilsiktet utslipp

- **6.1 Personlige forholdsregler, verneutstyr og nødprosedyrer.** Sørg for tilstrekkelig ventilasjon.
Særlig skilfare når produktet er lekket ut.
- **6.2 Miljømessige forholdsregler:** La ikke produktet komme i kloakksystemet, i overflate- eller grunnvann.
Må ikke komme i bakken/jordsmonnet.
Samle opp forurenset vaskevann og tøm det korrekt.
- **6.3 Metoder og materialer for oppdemming og opprensing:** Absorber med væskebindende materiale (sand, diatoméjord, universalbindemiddel, sagmugg).
Deponer kontaminert materiale som avfall iht. punkt. 13.
- **6.4 Henvisninger til andre avsnitt** Se avsnitt 7 for informasjon om sikker håndtering.
Se avsnitt 8 for informasjon om personlig verneutstyr.
Se avsnitt 13 for informasjon om deponering.

AVSNITT 7: Håndtering og oppbevaring

- **7.1 Forholdsregler for sikker håndtering** Sørg for god ventilering/avtrekk på arbeidsplassen.
Vær forsiktig under åpning og håndtering.
Anbefaling: Dielektrisk nivå over erosjonsstedet min. 40 mm.

(Forts. på side 3)

NO

Sikkerhetsdatablad
iht. 1907/2006/EC, artikkel 31

Utskriftsdato 31.05.2012

Versjon 5

Revisjon: 31.02.2012

Produktnavn: IonoPlus IME-MH

(Forts. av side 2)

- **Informasjon om brann - og eksplosjonsbeskyttelse:** Damp kan blande seg med luft over flammepunktet.
- **7.2 Betingelser for sikker oppbevaring, inkludert eventuell uforenlighet**
- **Lagring:**
- **Krav som oppbevaringsrom og beholdere må oppfylle:** Må kun oppbevares i den originale emballasjen.
- **Informasjon om oppbevaring i ett felles lageranlegg:** Ikke nødvendig.
- **Mer informasjon om lagringsforholdene:** Beskyttes mot varme, direkte sollys og UV-stråler. Oppbevares kjølig og tørt og i godt forseglete beholdere. Ved temperaturer under ca. 0 grd. C kan produktet krystallisere seg og bli fast. I slike tilfeller må produktet varmes opp litt før bruk. Lagringsstabilitet under angitte forhold: 24 måneder.
- **7.3 Tiltent bruk** Ingen ytterligere relevant informasjon er tilgjengelig.

AVSNITT 8: Eksponeringskontroll/personlig verneutstyr

- **Tilleggsinformasjon om konstruksjon av tekniske anlegg:** Ingen informasjon; se punkt 7.
- **8.1 Kontrollparametere**
- **Ingredienser med grenseverdier som krever overvåking på arbeidsplassen:** Produktet inneholder ikke relevante mengder materialer med kritiske verdier som må overvåkes på arbeidsplassen.
- **8.2 Eksponeringskontroll**
- **Personlig verneutstyr:**
- **Generelle beskyttelsestiltak og hygieniske tiltak:** Vanlige sikkerhetstiltak må overholdes ved håndtering av kjemikalier. Vask hendene før pauser og når du er ferdig med arbeidet. Ikke ha impregnerte rengjøringskluter i bukselommene. Unngå hudkontakt.
- **Åndedrettsvern:** Ikke nødvendig hvis rommet er godt ventilert. Bruk egnet åndedrettsvern ved utilstrekkelig ventilasjon.
- **Håndbeskyttelse:** Vernehansker eller beskyttende hudkrem
- **Materiale i hanskene** Nitrilgummi, NBR
- **Inntrengingstid til hanskematerialet** I henhold til produsenten er gjennomtrengningsverdien i samsvar med EN 374 for kjemisk lignende produkter ved en hansketykkelse på ca. 0,4 mm: >480 min. (nedbrytning EN 374 klassifiseringsklasse 6)
Disse dataene er basert på laboratorietester som ikke kan simulere de nøyaktige arbeidsforholdene. Ansvar for å velge riktige hansker for dette bruksområdet ligger hos sluttbrukeren.
- **Øyebeskyttelse:** Briller anbefales under påfylling
- **Kroppsbekkyttelse:** Verneklær

AVSNITT 9: Fysiske og kjemiske egenskaper

- **9.1 Informasjon om grunnleggende fysiske og kjemiske egenskaper**
- **Generell informasjon**
- **Utseende:**
- **Form:** Væske
- **Fluorescerende grønn** Fluorescerende grønn
- **Lukt:** Lutfri
- **pH-verdi:** Ikke relevant.
- **Endring i tilstand**
- **Kokepunkt/kokeområde:** >240°C
- **Flytepunkt:** -15°C
- **Flammepunkt:** 107°C
- **Antenningstemperatur:** >220°C
- **Eksplisjonsfare:** Produktet er ikke eksplosivt. Dannelse av eksplosiv luft-/dampblandinger over flammepunktet eller ved kraftig tåke er likevel mulig.
- **Tetthet ved 15 °C:** 0.79 g/cm²
- **Løselighet i / Blandbarhet med vann:** Kan ikke blandes eller er vanskelig å blande.
- **Viskositet:**
- **Dynamisk:** Ikke påvist.

(Forts. på side 4)

NO

Sikkerhetsdatablad
iht. 1907/2006/EC, artikkel 31

Utskriftsdato 31.05.2012

Versjon 5

Revisjon: 31.02.2012

Produktnavn: **IonoPlus IME-MH**

(Forts. av side 3)

Kinematisk ved 20°C	3,8 mm ² /s
Kinematisk ved 40°C	2,5 mm ² /s
- Løsemiddelinnhold	
Organiske løsemidler	Ingen
VOC (EF)	Ingen
- 9.2 Andre opplysninger	Ingen ytterligere relevant informasjon er tilgjengelig.
- Tilleggsopplysninger	Egenskapene som er beskrevet over er målt iht. del A i vedlegg V i EU-forskrift 67/548/EF eller iht. andre sammenlignbare metoder.

AVSNITT 10: Stabilitet og reaktivitet

- 10.1 Reaktivitet
- 10.2 Kjemisk stabilitet
- Termisk nedbryting / tilstander som må unngås:
Ingen nedbryting hvis det brukes iht. spesifikasjonene.
- 10.3 Mulighet for farlige reaksjoner
Ingen farlige reaksjoner er kjent.
- 10.4 Forhold som skal unngås
Se ovenfor
- 10.5 Uforenlige materialer:
Sterkt oksiderende stoffer
- 10.6 Farlige nedbrytingsprodukter:
Ingen farlige farlige spaltningsprodukter er kjent.

AVSNITT 11: Opplysninger om helsefare

- 11.1 Informasjon om toksikologiske virkninger
- Akutt giftighet:

LD/LC50-verdier relevant for klassifisering:**64771-72-8 Syntetiske alifatiske hydrokarboner**

Svelging	LD50	> 2000 mg/kg (rotte)
Derma	LD50	> 2000 mg/kg (rotte)

64742-47-8 Syntetiske alifatiske hydrokarboner

Svelging	LD50	> 5000 mg/kg (rotte)
Derma	LD50	> 3000 mg/kg (kanin)

- Primær irriterende virkning:
på huden: Gjentatt/langvarig eksponering kan gi tørr hud og dermed hudirritasjoner.
- på øyet: Ingen irriterende virkning.
- Allergi: Ingen allergivirkninger er kjent.
- Tilleggsinformasjon om toksikologi: Produktet viser følgende farer iht. beregningsmetoden til EUs "Generell klassifiseringsretningslinje for tilberedninger" i siste versjon: Farlig:

AVSNITT 12: Miljøopplysninger

- 12.1 Toksisitet
- Vanngiftighet: Ingen ytterligere relevant informasjon er tilgjengelig.
- 12.2 Persistens og nedbrytbarhet
Ikke lett biologisk nedbrytbart
- 12.3 Bioakkumulasjonspotensial
Ingen ytterligere relevant informasjon er tilgjengelig.
- 12.4 Mobilitet i jord
Ingen ytterligere relevant informasjon er tilgjengelig.
- Miljømessige virkninger:
- Adferd i kloakkanlegg: Produktet kan separeres mekanisk.
- Økologisk tilleggsinformasjon:
- Generelle opplysninger: Vannfareklasse 1 (tysk forordning, selvklassifisering): Litt farlig for vann
Ikke la produktet komme i grunnvann, vannavløp eller kloakkanlegget.
- 12.5 Resultater av PBT og vPvB-vurdering
- PBT: Kriteriene for å identifisere en ingrediens som et PBT-stoff i samsvar med REACH er i henhold til vår informasjon for øyeblikket ikke tilgjengelig.
- vPvB: Kriteriene for å identifisere en ingrediens som et vPvB-stoff i samsvar med REACH er i henhold til vår informasjon for øyeblikket ikke tilgjengelig.
- 12.6 Andre skadevirkninger
Ingen ytterligere relevant informasjon er tilgjengelig.

AVSNITT 13: Fjerning av avfall

- 13.1 Avfallsdeponering
- Anbefaling: Må ikke deponeres sammen med husholdningsavfall Ikke la produktet komme i kloakkanlegget.

(Forts. på side 5)
NO

Sikkerhetsdatablad
iht. 1907/2006/EC, artikkel 31

Utskriftsdato 31.05.2012

Versjon 5

Revisjon: 31.02.2012

Produktnavn: **IonoPlus IME-MH**


(Forts. av side 4)

- | | |
|-----------------------------------|---|
| - Europeisk avfallskatalog | |
| 12 01 07 | mineralbaserte bearbeidingsoljer uten halogener (unntatt emulsjoner og løsninger) |
| 15 01 10 | emballasje som inneholder rester av eller er forurensnet av farlige stoffer |
- **For produktet:** 12 01 07
 - **Emballasje som ikke er rengjort:**
 - **Anbefaling:** Deponering må utføres iht. offisielle forskrifter.
Forklaring til fjerning av avfall: 15 01 10

AVSNITT 14: Opplysninger om transport

- **14.1 FN-nummer**
- **ADR, ADN, IMDG, IATA** Gjelder ikke
- **14.2 Forsendelsesnavn iht. FN**
- **ADR, ADN, IMDG, IATA** Gjelder ikke
- **14.3 Transportfareklasse(r)**
- **ADR**
- **Klasse** Gjelder ikke
- **Etikett** Gjelder ikke
- **ADN/R-klasse:** Gjelder ikke
- **14.4 Emballasjegruppe**
- **ADR, IMDG, IATA** Gjelder ikke
- **14.5 Miljøfarer:**
- **Marin forurensning:** Ingen
- **14.6 Spesielle forholdsregler for bruker** Ikke relevant.
- **14.7 Transport i bulk iht. tillegg II til MARPOL 73/78 og IBC-koden** Ikke relevant.
- **Transport/Tilleggsinformasjon:** Ikke farlig i henhold til spesifikasjonene over.
- **ADR**
- **Begrensede mengder (LQ)** Gjelder ikke
- **Transportkategori** Gjelder ikke
- **Tunnel BEGRENSNINGSKODE** Gjelder ikke
- **IMDG:** Gjelder ikke
- **IATA** Gjelder ikke

AVSNITT 15: Opplysninger om lover og forskrifter

- **15.1 Lover/forskrifter for helse, miljø og sikkerhet som er spesifikke for stoffet eller blandingen**
- **Merking iht. EU-direktiver:** Produktet er klassifisert og merket iht. EU-direktiver / Ordinance on Hazardous Materials.
- **Produktets kodebokstav og fareangivelse:**
 Xn : Skadelig
- **Farebestemmende komponenter for merking:** Syntetiske alifatiske hydrokarboner
- **Risikosetninger:** 65 Skadelig: Kan forårsake lungeskade ved svelging.
66 Gjentatt eksponering kan gi tørr eller sprukket hud.
24 Unngå hudkontakt.
- **Sikkerhetssetninger:** 62 Ved svelging må ikke brekning fremkalles: Kontakt lege omgående og vis denne etiketten eller emballasjen.
- **Nasjonale forskrifter:**
- **Vannfareklasse:** Vannfareklasse 1 (selvklassifisering): Litt farlig for vann
- **15.2. Vurdering av kjemisk sikkerhet:** Den kjemiske sikkerhetsvurderingen kan ikke gjøres før alle data er gitt av underleverandører. Det er ikke utført en kjemisk sikkerhetsvurdering.

AVSNITT 16: Andre opplysninger

Denne informasjonen er basert på vår nåværende kunnskap. Den utgjør imidlertid ingen garanti for noen bestemte produkttegenskaper, og skal ikke fastsette et lovmessig gyldig kontraktsmessig forhold.

(Forts. på side 5)
NO

Sikkerhetsdatablad
iht. 1907/2006/EC, artikkel 31

Utskriftsdato 31.05.2012

Versjon 5

Revisjon: 31.02.2012

Produktnavn: **IonoPlus IME-MH**

(Forts. av side 5)

- **Årsak til endringer** Generell oppdatering.
- **Relevante setninger** H304 Kan være dødelig ved svelging og hvis det kommer ned i luftveiene.

R65 Skadelig: Kan forårsake lungeskade ved svelging.
R66 Gjentatt eksponering kan gi tørr eller sprukket hud.
- **Department som utgir HMS-datablad:** Avdeling for forskning og utvikling
+49-(0)711-16863-71
- *** Data sammenlignet med tidligere versjon endret**

NO

Balluff- Werkzeugidentifikation

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Hinweise zum Lesen des Dokuments	3
1.2	Änderungsverzeichnis	3
2	Systemübersicht	4
2.1	Balluff-Werkzeugidentifikationssystem BIS	4
2.1.1	Auswerteeinheit	4
2.1.2	Schreib-/Leseköpfe	4
2.1.3	Codeträger	5
2.2	Übersicht Verarbeitung von Werkzeugdaten	5
3	Konfiguration der Hardware	6
3.1	Konfiguration der Auswerteeinheit	6
3.1.1	Konfiguration einer Auswerteeinheit für Protokoll 007	6
3.1.2	Konfiguration der Auswerteeinheit BIS C-60_2	6
3.2	Konfiguration der seriellen Schnittstellen an der TNC	7
4	Programmierung	8
4.1	Allgemeines	8
4.1.1	Programmierung der PLC-Module in Spawn-Prozessen	8
4.1.2	Konfigurationsdatei	8
4.1.3	Konvertierung der Werkzeugdaten	9
4.1.4	Zuordnung einer seriellen Schnittstelle	9
4.2	PLC-Module zum Auslesen und Beschreiben eines Codeträgers	10
4.2.1	PLC-Module 9108 und 9118 zum Lesen von Daten	10
4.2.2	PLC-Module 9109 und 9119 zum Schreiben von Daten	14
4.2.3	PLC-Modul 9117 zum Rücksetzen einer Auswerteeinheit	17
4.2.4	Fehlercodes der PLC-Module	17
4.3	Umsetzen der Werkzeugdaten	19
4.3.1	Arbeitsverzeichnis	19
4.3.2	Aufbau der Dateien	19
4.3.3	Datenverarbeitung in den Beschreibungsdateien	21
4.3.4	Der Parser	22
4.3.5	Beispiele	23
4.3.6	Vergleich von Werkzeugnamen bei PLC-Modul 9109	23
5	Anhang	24
5.1	Beschreibung und Wertebereiche der Werkzeugh Tabelle	25
5.2	Erweiterungen TNC-Zeichensatz	26
5.3	Einheiten der Spalten in der Werkzeugh Tabelle	26
5.4	Implementierungsdetails	27

1 Einleitung

1.1 Hinweise zum Lesen des Dokuments

Dieses Dokument beinhaltet die notwendigen Informationen für die Inbetriebnahme eines elektronischen Identifikationssystems der Firma BALLUFF an einer TNC426, TNC430 und iTNC530.

In diesem Dokument ist eine beispielhafte Hardware-Konfiguration beschrieben, die für den Endanwender nicht verbindlich ist. Die Auswerteeinheit muß bei Betrieb an einer der seriellen Schnittstellen ein bestimmtes Protokoll unterstützen. Der Betrieb am Profibus setzt eine bestimmte Profibuskonfiguration voraus.

Für weitere Informationen bzgl. der möglichen Gerätekonfigurationen wenden Sie sich bitte an die Firma BALLUFF.

(Gebhard Balluff GmbH & Co., Gartenstraße 21-25, D-73765 Neuhausen, Telefon.: +49 (0) 71 58/1 73 0)

1.2 Änderungsverzeichnis

Datum	Wer?	Grund der Änderung
17.02.1999	Rie	Überarbeitung des Dokuments (Version 2.0)
01.03.1999	Rie	Neue Elemente CAL-OF1, CAL-OF2, CAL-ANG in Tooltabelle
03.12.1999	Rie	Informationen zu Datenformaten auf Codeträger
20.01.2000	Rie	Erweiterungen für Spalte DIRECT.
20.01.2000	Rie	Erweiterung Speichergrößen Spalten Heidenhain-Tooltabelle
26.11.2001	SB	Erweiterung Schnittstelle iTNC, Speicherverwaltung Big/Little Endian
02.03.2004	Rie	Erweiterung bzgl. Profibus-Auswerteeinheit BIS C-60_2
02.03.2004	Rie	Erweiterung Tabelle Werkzeugdaten
05.07.2005	Rie	Erweiterung Tabelle Werkzeugdaten und Zahlenbereiche Korrektur Parameterbytes der Auswerteeinheit BIS C-60_2
04.11.2005	Rie	Fehlertabelle überarbeitet
31.08.2006	Rie	Erweiterung Tabelle Werkzeugdaten
24.05.2007	Rie	Korrektur und Erweiterung Konfiguration Auswerteeinheit BIS C-60_2

2 Systemübersicht

2.1 Balluff-Werkzeugidentifikationssystem BIS

Ein elektronisches Identifikationssystem BIS der Firma BALLUFF kann - von einer TNC gesteuert - für die Werkzeugidentifikation eingesetzt werden. Ein solches System gliedert sich wie folgt:

- | | | |
|------------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| ▪ Auswerteeinheit: | Datenverwaltung: | Schnittstelle zu Schreib-/Leseköpfen |
| ▪ Schreib-/Leseköpfe: | Datenflußebene: | Schnittstelle zu Codeträgern |
| ▪ Codeträger: | Materialflußebene: | Speicher für Werkzeugdaten |

Bei bestimmten Hardware-Konfigurationen muß zwischen der Auswerteeinheit und den Schreib-/Leseköpfen noch ein Umsetzer vorhanden sein.

2.1.1 Auswerteeinheit

Die TNC unterstützt das **BALLUFF-Protokoll 007** für serielle Schnittstellen. Der Befehlssatz und der Telegrammaufbau dieses Protokolls ist für verschiedene Auswerteeinheiten gültig. Von den Profibusgeräten wird die Auswerteeinheit BIS C-60_2 mit einer bestimmten Konfiguration unterstützt.

- Auswerteeinheit der Versuchshardware: BIS C-600-007, BIS C-60_2

Für die Steuerung mit dem Protokoll 007 werden von der TNC die Befehle Lesen und Schreiben und bei Fehlern das Kommando Reset unterstützt (bei fehlerhaften Betrieb wird eine Auswerteeinheit von der NC in den Grundzustand versetzt).

- **L** Codeträger auslesen mit Angabe der Kopfnummer und Blockgröße
- **P** Codeträger beschreiben mit Angabe der Kopfnummer und Blockgröße
- **Q** Abbruch und Rücksetzen der Auswerteeinheit in den Grundzustand

Bei der Profibus-Auswerteeinheit BIS C-60_2 werden die Befehle Schreiben und Lesen unterstützt. Zum Rücksetzen steht ein anderes Verfahren zur Verfügung.

2.1.2 Schreib-/Leseköpfe

Die Schreib-/Leseköpfe werden direkt an einer Auswerteeinheit oder an einem zwischen Auswerteeinheit und Schreib-/Lesekopf geschalteten Umsetzer angeschlossen. Auf diese Weise sind Entfernungen bis zu 100m möglich.

- Schreib-/Lesekopf der Versuchshardware: BIS C-300

2.1.3 Codeträger

Die Codeträger eines BIS unterscheiden sich anhand der Bauform, an den Speicherkapazitäten und in der Speicherverwaltung. Zur Zeit sind sie mit Kapazitäten bis zu 2 kByte erhältlich. Bei Codeträgern unter 2 kByte ist der Speicher in Seiten zu je 32 Byte organisiert. Ab 2kByte Speichergröße erfolgt die Organisation in Blöcken zu je 64 Byte.

- Codeträger der Versuchshardware: BIS C-103-02, BIS C-100-05

Der Datenaustausch zwischen dem Codeträger und einem Schreib-/Lesekopf erfolgt berührungslos. Die Codeträger benötigen keine eigene Stromversorgung. Ein getaktetes Energiesignal wird dem Codeträger zum Beschreiben und Auslesen seines Datenspeichers induktiv eingekoppelt.

2.2 Übersicht Verarbeitung von Werkzeugdaten

Die folgende Abbildung 1 zeigt den allgemeinen Ablauf der Verarbeitung von Daten aus einem Codeträger oder aus der Werkzeugtabelle mit den in Kapitel 4 beschriebenen PLC-Modulen 9108, 9109, 9118 und 9119.

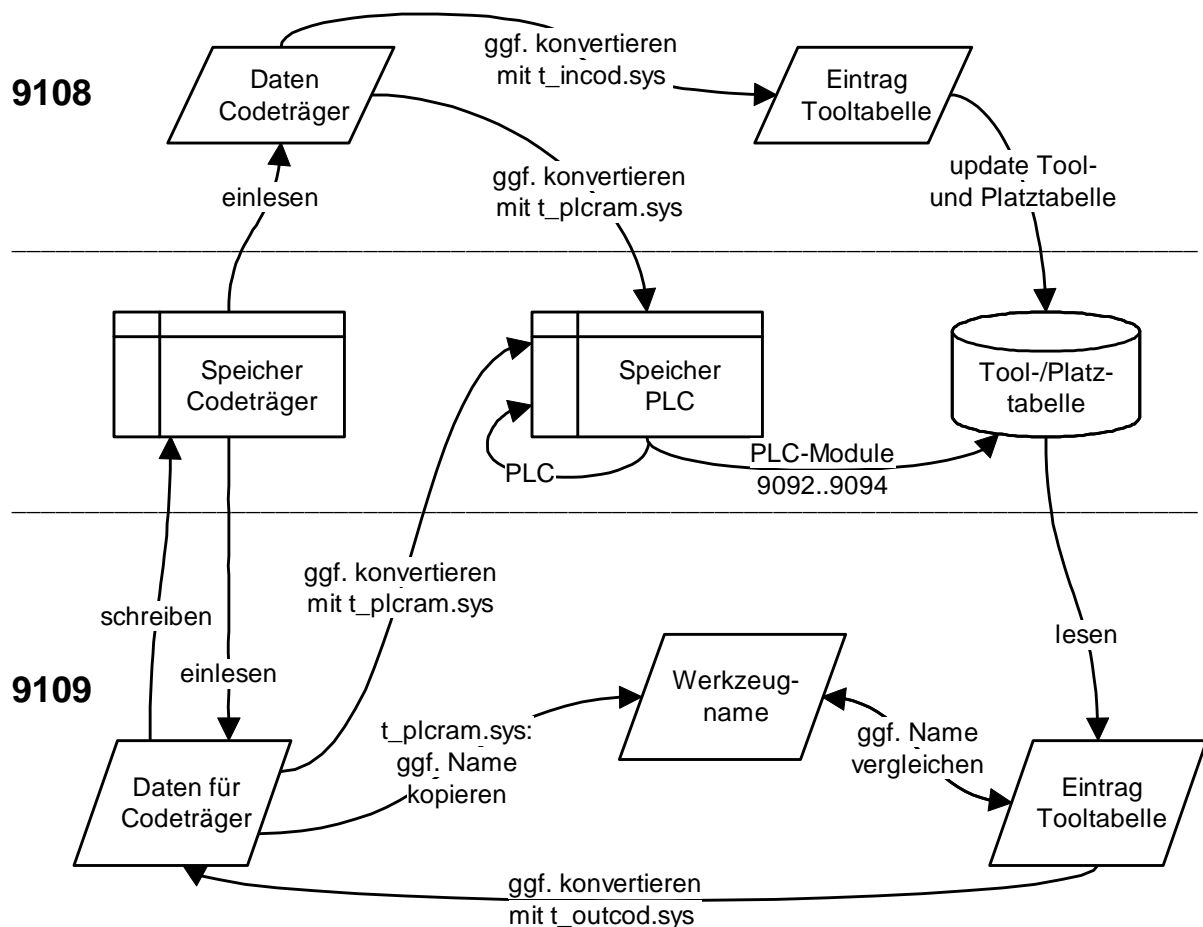


Abbildung 1: allgemeiner Ablauf der Verarbeitung von Werkzeugdaten

3 Konfiguration der Hardware

3.1 Konfiguration der Auswerteeinheit

Die Konfiguration der Auswerteeinheiten für die seriellen Schnittstellen unterscheidet sich von der Konfiguration der Auswerteeinheit BIS C-60_2 für Profibus.

3.1.1 Konfiguration einer Auswerteeinheit für Protokoll 007

Die Auswerteeinheit muß mit DIL-Schaltern oder mit Hilfe einer PC-Software konfiguriert werden. Die Auswerteeinheit muß wie folgt eingestellt sein:

- keine Meldung von '*' bei Codeträger erkannt
- Telegrammabschluß mit Blockcheck, keine zusätzliche Endekennung
- Protokoll mit Fehlernummer nach ACK/NAK
- Blockgröße der Codeträger: Identisch zu Parameter der PLC-Module
- ohne Dynamikbetrieb, Standardbetrieb (nicht mit BALLUFF-Software BISEDIT)

Die TNC und die Auswerteeinheit arbeiten über die seriellen Schnittstellen mit dem von der Firma BALLUFF festgelegten **Protokoll 007**. Deshalb ist für den Betrieb kein Hardware-Handshake notwendig. Auf Seite der Auswerteeinheit ist für diese Betriebsart eine bestimmte Verdrahtung zu realisieren, die dem BALLUFF-Handbuch entnommen werden muß.

3.1.2 Konfiguration der Auswerteeinheit BIS C-60_2

Eine Profibus-Konfiguration muss mit der HEIDENHAIN-Software IOconfig erstellt werden.

Konfiguration der Slave-Ebene (Parameter-Bytes der Auswerteeinheit):

- CRC16-Datenprüfung wird nicht unterstützt
- Simultane Datenübertragung (es können kürzere Schreib-/Lesezeiten erreicht werden)
- Betrieb mit zweiter Bitleiste
- 10 Bytes für Kopf 1, die restlichen 10 Bytes stehen Kopf 2 zur Verfügung
- Funktion "Auto-Lesen" wird für beide Köpfe nicht unterstützt
- Weitere Konfigurationsmöglichkeiten obliegen dem Maschinenhersteller

IOconfig verwendet als Parameter zunächst die voreingestellten Werte aus der Gerätedatei (gsd-Datei). Bei Abweichungen müssen folgende typischen Werte gesetzt werden

- 0x04 0x80 0x00 0x82 0x80 0x0A (1.Byte .. 6.Byte BALLUFF-Handbuch)

Konfiguration Slave-Modul:

Die Konfiguration der Modul-Ebene ist 16-Bit-orientiert. Mit "10 word I and O" wird für den Eingangs- und für den Ausgangspuffer jeweils ein Bereich von 20 Input- und 20 Output-Bytes (Operanden IB und OB der PLC) festgelegt.

Konfiguration der Klemmen:

Die Klemmendefinition erfolgt durch Einfügen von jeweils 20 Klemmen vom Typ Byte der Datenrichtung Eingang und Ausgang ("Mehrere E/A-Klemmen hinzufügen"). Die Option "Alle

E/A-Klemmen hinzufügen" darf nicht verwendet werden, da in diesem Fall die halbe Anzahl der benötigten Klemmen vom Typ "Wort" (16-Bit) erzeugt werden.

Bei der Klemmenkonfiguration erfolgt die Zuordnung zu Symbolischen Operanden und zu Operandenadressen im PLC-Programm. Näheres hierzu kann der Beschreibung der Software IOconfig entnommen werden.

3.2 Konfiguration der seriellen Schnittstellen an der TNC

Die Auswerteeinheiten gibt es u. a. für die V24- und für die V11-Schnittstelle. Die Betriebsart der jeweiligen Schnittstelle muß über MP5000ff der Schnittstellen-Konfiguration der Auswerteeinheit angepaßt werden. Zur Festlegung des BALLUFF-Protokolls muß im **MP5030.2** der Wert **2** eingetragen werden!

An der TNC müssen die eingezeichneten Brücken verdrahtet sein. Zwischen den beiden Geräten dürfen nur die Signalleitungen GND, RxD, TxD und 0V (und die Signale RxD und TxD der V11-Schnittstelle) verbunden sein. Die restlichen Signale, die für einen Hardware-Handshake zuständig wären, müssen aufgetrennt werden.

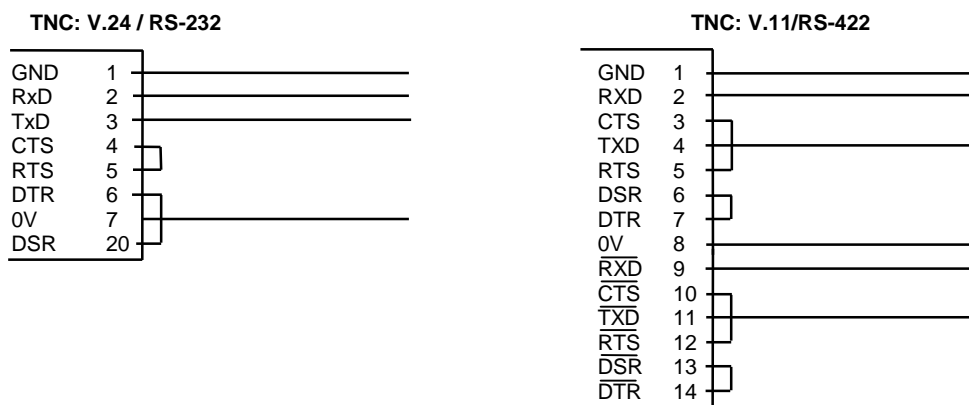


Abbildung 2a: Belegung der seriellen Schnittstellen bei der TNC 426 / TNC 430

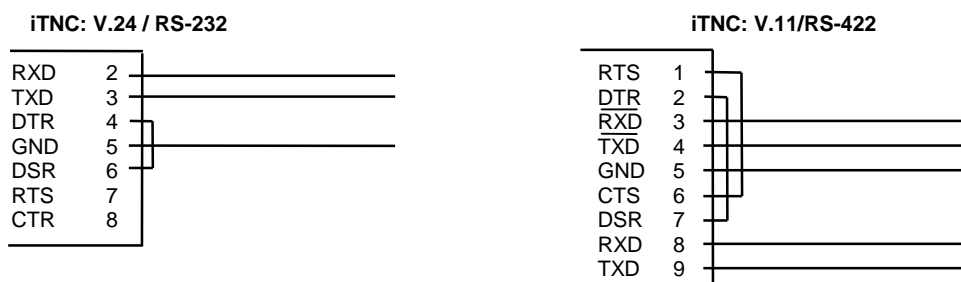


Abbildung 2b: Belegung der seriellen Schnittstellen bei der iTNC 530

4 Programmierung

4.1 Allgemeines

Zum besseren Verständnis werden an dieser Stelle als Einführung einige wichtige Punkte erwähnt, auf die zum Teil in den folgenden Kapiteln näher eingegangen wird.

Informationen zu Themen, die in den folgenden Kapiteln nicht näher behandelt werden, entnehmen Sie bitte den entsprechenden Kapiteln im Technischen Handbuch der TNC426, TNC430 bzw. iTNC530.

4.1.1 Programmierung der PLC-Module in Spawn-Prozessen

Der Betrieb eines BIS erfordert relativ viel Zeit, da die Schreib- und Lesevorgänge in Sekundenbereichen liegen können. Bei fehlerhaftem Betrieb (z. B. BCC-Fehler) wird die gesamte Prozedur bei seriellen Auswerteeinheiten maximal dreimal wiederholt, außer es treten gravierende Fehler (Kabelbruch, Telegrammformat, Schnittstellenfehler, ...) auf.

Der Betrieb eines BIS in einem Submit-Job ist somit wegen der hohen Ausführungszeiten nicht zu empfehlen, da während dieser Zeit alle anderen Submit-Jobs blockiert sind.

Mit dem **SPAWN-Befehl** der PLC können PLC-Prozesse erzeugt werden, die parallel zu anderen Prozessen laufen. Schreib- und Lesezugriffe eines BIS sollen wegen der genannten Gründe als eigene parallele PLC-Prozesse programmiert werden.

Von allen programmierten Spawn-Prozessen kann immer nur ein Prozeß parallel ausgeführt werden (kooperatives Multitasking wie z. B. bei Windows 3.x). Der Kontextwechsel (anderer Spawn-Prozeß wird aktiviert) wird u. a. mit PLC-Modulen realisiert.

Die beiden PLC-Module zum Auslesen und Beschreiben der Codeträger erlauben bei Wartezeiten selbständig den Kontextwechsel zu anderen lauffähigen Spawn-Prozessen. Deshalb ist die Beeinflussung des PLC-Speichers durch verschiedene Spawn-Prozesse zu beachten!

4.1.2 Konfigurationsdatei

In einer Konfigurationsdatei muß festgelegt werden, wie groß der verwendete Datensatz auf dem Codeträger ist. Falls bei dem Schreibvorgang auf den Codeträger ein Vergleich der Werkzeugnamen durchzuführen ist (siehe Abbildung 1), so muß in der Konfigurationsdatei auch die maximale Länge des Werkzeugnamen definiert werden.

Ab der iTNC530 ist der Speicher intern im Format Little Endian organisiert. Falls Codeträger verwendet werden, deren Speicherorganisation Big Endian ist, kann dies in der Konfigurationsdatei eingestellt werden. Die 16- und 32-Bit Wörter werden in diesem Fall von den PLC-Modulen zur Weiterverarbeitung angepasst.

4.1.3 Konvertierung der Werkzeugdaten

Da die Werkzeugdaten auf den Codeträgern in einem beliebigen Format abgelegt sind, können diese Daten nicht direkt in die Werkzeugtabelle der TNC übernommen werden bzw. nicht direkt von der Werkzeugtabelle auf den Codeträger geschrieben werden.

Aus diesem Grund ist bei den Lese- und Schreibvorgängen ein Zwischenschritt notwendig, bei dem Sie die Daten in das richtige Format umsetzen und danach in die Werkzeugtabelle bzw. in den Codeträger übertragen.

Die Programmierung dieses Zwischenschritts erfolgt über sog. **Beschreibungsdateien**, in denen die Konvertierung der Daten für das Auslesen und Beschreiben der Codeträger festgelegt ist (siehe Abbildung 1,3 und 4).

In den Beschreibungsdateien sind folgende Datenformate umsetzbar:

- **ganzzahlige 8-/16-/32-Bit Binärdaten (Big Endian!!!)**
- **ASCII-codierte Daten**
- **BCD-codierte Daten**

Es ist bisher nicht möglich, Gleitkommazahlen, die im Binärformat vorhanden sind, zu verarbeiten.

Da das Konvertieren von ASCII- und BCD-codierten Daten einen erhöhten Programmieraufwand in den Beschreibungsdateien erfordert, setzen Sie sich bitte mit HEIDENHAIN in Verbindung.

Die Programmierung der Beschreibungsdateien erfolgt mit einem erweiterten Formel-Parser, der auf der Syntax der Programmiersprache C basiert. Falls bei der Abarbeitung der Beschreibungsdateien Fehler auftreten, werden diese in einer Fehlerdatei protokolliert.

Bei der Programmierung der Beschreibungsdateien sind als Ziel und Quelle die Daten aus dem Codeträger, die PLC-Operanden und die Daten in der Werkzeugtabelle adressierbar. Für den Vergleich der Werkzeugnamen ist noch die Angabe eines Namensfeldes möglich.

4.1.4 Zuordnung einer seriellen Schnittstelle

Bevor mit den PLC-Modulen 9108 und 9109 von Codeträgern gelesen bzw. auf Codeträger geschrieben werden kann, muß der PLC mit dem PLC-Modul 9100 eine serielle Schnittstelle für diese Aufgabe zugeordnet worden sein.

4.2 PLC-Module zum Auslesen und Beschreiben eines Codeträgers

Mit den PLC-Modulen 9108 und 9118 werden (Werkzeug-) Daten aus Codeträgern eingelesen. Die eingelesenen Daten müssen mit der Beschreibungsdatei *T_INCOD.SYS* auf das Format der Werkzeugtabelle umgesetzt werden, falls eine Übernahme in die Werkzeugtabelle erwünscht wird (siehe Abb. 1 und Abb. 3).

Mit den PLC-Modulen 9109 und 9119 werden (Werkzeug-) Daten auf Codeträger geschrieben. Falls Daten auf den Codeträger geschrieben werden sollen, müssen diese anhand der Beschreibungsdatei *T_OUTCOD.SYS* auf das gewünschte Chip-Format umgesetzt werden (siehe Abb. 1 und Abb. 4).

Bei allen Modulen kann mit der Beschreibungsdatei *T_PLCRAM.SYS* vor dem Abarbeiten der eigentlichen Beschreibungsdatei der PLC-Speicher modifiziert werden. Diese Beschreibungsdatei muß auch bei den PLC-Modulen 9109 und 9119 verwendet werden, falls ein Vergleich der Werkzeugnamen durchzuführen ist.

Mit dem Modul 9117 ist es möglich, die Auswerteeinheit BIS C-60_2 in den Grundzustand zu versetzen.

4.2.1 PLC-Module 9108 und 9118 zum Lesen von Daten

Bei der Bestückung des Werkzeugmagazins werden die Werkzeugdaten in die TNC eingelesen. Den Modulen muß deshalb der Platz, an dem das Werkzeug im Magazin abgelegt wird, programmiert werden. Für ein Werkzeug, das nicht im Magazin ist, ist die Angabe einer gültigen Platznummer nicht notwendig. Für diesen Fall kann ein Eintrag in die Platztabelle über den Modus-Parameter verhindert werden.

Über den Modus-Parameter kann weiterhin beeinflusst werden, ob und an welcher Stelle ein Eintrag in die Werkzeugtabelle generiert wird. Außerdem kann über diesen Parameter die Verkettung von Schwesterwerkzeugen für das eingelesene Werkzeug aktiviert werden.

Falls das Lesen und Umsetzen der Daten in die Werkzeug- und Platztabelle fehlerfrei abgelaufen ist, liefern die Module die Werkzeugnummer zurück, die dem eingelesenen Werkzeug in der Werkzeugtabelle zugewiesen wurde.

Nähere Informationen bzgl. der möglichen Fehlercodes, die die beiden PLC-Module als Rückgabewerte liefern, sind im Kapitel 4.2.4 aufgelistet.

Das Diagramm in Abbildung 3 zeigt den vereinfachten Ablauf der beiden PLC-Module.

Modul-Aufrufe:

PS	B/W/D/K	Kopfnummer	Nummer Schreib/Lesekopf (1..4)
PS	B/W/D/K	Blockgröße	Speicherblockgröße Codeträger (0=64,1=32Byte)
PS	B/W/D/K	Platznummer	Platznummer für Eintrag in Platztabelle
PS	B/W/D/K	Schnittstelle	Serielle Schnittstelle (0=V24,1=V11)
PS	B/W/D/K	Modus	Modul-Einstellungen (Bit 0..4)
CM	9108		
PL	B/W/D	Fehlercode	Fehlercode (siehe Kapitel 4.2.3)
PL	B/W/D	Werkzeug	Werkzeugnummer in Werkzeugtabelle
PS	B/W/D/K	Kopfnummer	Nummer Schreib/Lesekopf (1..2)
PS	B/W/D/K	Blockgröße	Speicherblockgröße Codeträger (0=64,1=32Byte)
PS	B/W/D/K	Platznummer	Platznummer für Eintrag in Platztabelle
PS	B/W/D/K	Modus	Modul-Einstellungen (Bit 0..4)
PS	B/W/D/K	Startadresse	Eingangspuffer (IBx)
PS	B/W/D/K	Startadresse	Ausgangspuffer (OBx)
CM	9118		
PL	B/W/D	Fehlercode	Fehlercode (siehe Kapitel 4.2.4)
PL	B/W/D	Werkzeug	Werkzeugnummer in Werkzeugtabelle

Aufrufparameter:

- **Kopfnummer:** Anhand der Kopfnummer wählen Sie eine der maximal vier möglichen Schreib-/Lesestationen als Datenquelle.
- **Blockgröße:** Mit diesem Parameter legen Sie fest, wie der Speicher auf dem verwendeten Codeträger organisiert ist. Für Codeträger mit 64-Byte-Pages müssen Sie den Wert 0, für Codeträger mit 32-Byte-Pages den Wert 1 programmieren.
- **Platznummer:** Hier wählen Sie den Platz im Magazin, an dem das Werkzeug abgelegt wird.
- **Schnittstelle (nur Modul 9108):** Bei Verwendung der V24-Schnittstelle muß der Wert 0, bei Verwendung der V11-Schnittstelle muß der Wert 1 programmiert werden. Die Schnittstelle muß zuvor der PLC mit dem PLC-Modul 9100 zugeordnet werden.
- **Startadresse Eingangspuffer (nur Modul 9118):** absolute Adresse des ersten Input-Bytes im Eingangspuffer IBx der Auswerteeinheit.
- **Startadresse Ausgangspuffer (nur Modul 9118):** absolute Adresse des ersten Output-Bytes im Ausgangspuffer OBx der Auswerteeinheit.
- **Modus:** Mit diesem Parameter legen Sie das Verhalten des Moduls bzgl. der Einträge in der Werkzeug- und Platztabelle fest:

Bit 0: Eintrag in der Platztabelle generieren:

Bei *gesetzten Bit* wird die Werkzeugnummer, die dem Werkzeug in der Werkzeugtabelle zugeordnet wurde, in der Platztabelle am programmierten Platz eingetragen.

Bit 1: Eintrag in der Werkzeugtabelle generieren:

Bei *gesetzten Bit* wird das Umsetzen der Daten in den PLC-Speicher und in die Werkzeugtabelle durchgeführt. Falls vorhanden, wird zuerst die Beschreibungsdatei *T_PLCRAM.SYS*, danach die Datei *T_INCOD.SYS* abgearbeitet, und es wird ein Eintrag in der Werkzeugtabelle in Abhängigkeit von den folgenden Bits generiert.

Bei *nicht gesetzten Bit* wird nur das Kopieren und Umsetzen der Daten in den PLC-Speicher durchgeführt, falls die Beschreibungsdatei *T_PLCRAM.SYS* existiert.

Bit 2: Zeile in Werkzeugtabelle wählen (siehe auch Bit 4!):

Bei *gesetzten Bit* werden die Werkzeugdaten der Werkzeugnummer zugeordnet, die in der Platztabelle am programmierten Platz eingetragen ist.

Bei *nicht gesetzten Bit* wird das erste Werkzeug mit dem gleichen Werkzeugnamen überschrieben, falls dessen Werkzeugnummer in der Platztabelle keinem Platz zugeordnet ist. Ansonsten wird nach anderen freien Einträgen gesucht, oder es wird ein neuer Eintrag am Ende der Werkzeugtabelle generiert. Auch bei diesen Fällen werden nur Einträge verwendet, die in der Platztabelle keinem Platz zugeordnet sind.

Bit 3: Schwesterwerkzeug-Verkettung:

Bei *gesetzten Bit* wird das neue Werkzeug zum Schwesterwerkzeug eines anderen Werkzeug, falls das andere Werkzeug **gleichen Namens** in der Platztabelle vorhanden ist.

Bit 4: Zeile in der Werkzeugtabelle wählen (siehe auch Bit 2):

Bei *gesetzten Bit* wird immer ein leerer Eintrag überschrieben oder ein neuer Eintrag am Tabellenende angehängt. Voraussetzung ist, daß diesen Einträgen kein Platz zugeordnet ist. Einträge mit gleichen Werkzeugnamen ohne Platzzuordnung bleiben in der Werkzeugtabelle unverändert. Dieses Bit dient somit der Verwaltung von Werkzeugen ohne Platzzuordnung. Falls dieses Bit gesetzt ist, ist Bit 2 **ohne Wirkung!**

Ablaufdiagramm PLC-Module 9108 und 9118 (Lesen von Werkzeugdaten):

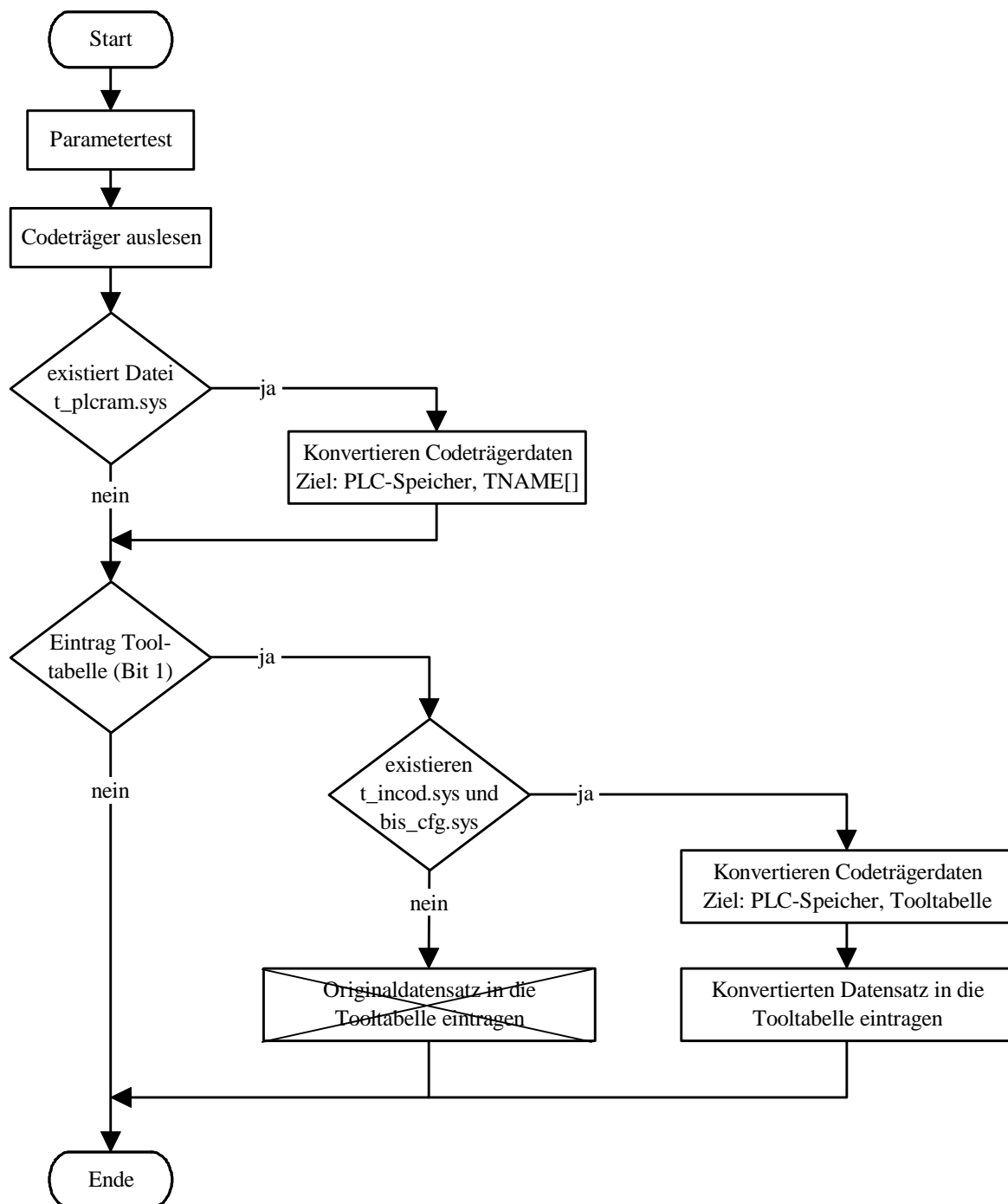


Abbildung 3: vereinfachtes Ablaufdiagramm PLC-Module 9108 und 9118

Anmerkung zu den Ablaufdiagrammen in Abbildung 3 und Abbildung 4:

Es wäre möglich, daß die Werkzeugdaten auf den Codeträgern im Format der Werkzeugtabelle abgelegt werden. Dadurch könnte dann auf die Konvertierung der Werkzeugdaten verzichtet werden. Dies ist jedoch noch nicht implementiert!

4.2.2 PLC-Module 9109 und 9119 zum Schreiben von Daten

Bei einem Werkzeugwechsel müssen die Werkzeugdaten auf dem Codeträger eventuell aktualisiert werden (z. B. Standzeit, Werkzeugstatus, ...). Bei der Entnahme eines Werkzeugs kann die Werkzeug- und die Platztabelle verändert werden.

Über den Modus-Parameter kann weiterhin beeinflusst werden, ob bei einem Schreibvorgang ein Vergleich der Werkzeugnamen durchzuführen ist. Dabei wird der Name des programmierten Werkzeugs und der Werkzeugname auf dem Codeträger miteinander verglichen. Außerdem kann über den Modus-Parameter die Verkettung von Schwesterwerkzeugen für das Werkzeug aufgehoben werden.

Falls das Lesen, Umsetzen und Schreiben der Daten, sowie die Änderungen in der Werkzeug- und Platztabelle fehlerfrei abgelaufen sind, liefern die Module die programmierte Werkzeugnummer zurück. Ein Codeträger wird nur aktualisiert, falls sich dessen Inhalt verändert hat.

Nähere Informationen bzgl. der möglichen Fehlercodes, die die beiden PLC-Module als Rückgabewerte liefern, sind im Kapitel 4.2.4 aufgelistet.

Das Diagramm in Abbildung 4 zeigt den vereinfachten Ablauf der PLC-Module.

Modul-Aufruf:

PS	B/W/D/K	Kopfnummer	Nummer Schreib/Lesekopf (1..4)
PS	B/W/D/K	Blockgröße	Speicherblockgröße Codeträger (0=64,1=32Byte)
PS	B/W/D/K	Werkzeug	Platznummer oder Werkzeugnummer
PS	B/W/D/K	Schnittstelle	Serielle Schnittstelle (0=V24,1=V11)
PS	B/W/D/K	Modus	Modul-Einstellungen (Bit 0..4)
CM	9109		
PL	B/W/D	Fehlercode	Fehlercode (siehe Kapitel 4.2.4)
PL	B/W/D	Werkzeug	Werkzeugnummer in Werkzeugschreib- und Lesetabelle
PS	B/W/D/K	Kopfnummer	Nummer Schreib/Lesekopf (1..2)
PS	B/W/D/K	Blockgröße	Speicherblockgröße Codeträger (0=64,1=32Byte)
PS	B/W/D/K	Werkzeug	Platznummer oder Werkzeugnummer
PS	B/W/D/K	Modus	Modul-Einstellungen (Bit 0..4)
PS	B/W/D/K	Startadresse	Eingangspuffer (IBx)
PS	B/W/D/K	Startadresse	Ausgangspuffer (OBx)
CM	9119		
PL	B/W/D	Fehlercode	Fehlercode (siehe Kapitel 4.2.4)
PL	B/W/D	Werkzeug	Werkzeugnummer in Werkzeugschreib- und Lesetabelle

Aufrufparameter:

- **Kopfnummer:** Anhand der Kopfnummer wählen Sie eine der maximal vier möglichen Schreib-/Lesestationen als Datenspeicher.
- **Blockgröße:** Mit diesem Parameter legen Sie fest, wie der Speicher auf dem verwendeten Codeträger organisiert ist. Für Codeträger mit 64-Byte-Pages müssen Sie den Wert 0, für Codeträger mit 32-Byte-Pages den Wert 1 programmieren.
- **Werkzeug:** Hier wählen Sie das Werkzeug, dessen Daten auf den Codeträger geschrieben werden sollen (siehe Bit 4 der Modus-Einstellung).

- **Schnittstelle (nur Modul 9109):** Bei Verwendung der V24-Schnittstelle muß der Wert 0, bei Verwendung der V11-Schnittstelle muß der Wert 1 programmiert werden. Die Schnittstelle muß zuvor der PLC mit dem PLC-Modul 9100 zugeordnet worden sein.
- **Startadresse Eingangspuffer (nur Modul 9119):** absolute Adresse des ersten Input-Bytes im Eingangspuffer IBx der Auswerteeinheit.
- **Startadresse Ausgangspuffer (nur Modul 9119):** absolute Adresse des ersten Output-Bytes im Ausgangspuffer OBx der Auswerteeinheit.
- **Modus:** Mit diesem Parameter legen Sie das Verhalten des Moduls bzgl. der Einträge in der Werkzeug- und Platztabelle fest:

Bit 0: Platzfreigabe:

Bei *gesetzten Bit* wird der programmierte Platz in der Platztabelle gelöscht. Falls eine Werkzeugnummer programmiert wurde, wird der dazugehörige Platz in der Platztabelle gesucht und dieser ebenfalls gelöscht.

Bit 1: Werkzeugeintrag löschen:

Bei *gesetzten Bit* werden die Daten des programmierten Werkzeuges in der Werkzeugetabelle gelöscht. Die Schwesterverkettung wird dabei aufgehoben.

Bit 2: Aufheben der Schwesterwerkzeug-Verkettung:

Bei *gesetzten Bit* wird das Werkzeug aus der Schwesterwerkzeug-Verkettung entfernt.

Bit 3: Namensvergleich beim Beschreiben des Codeträgers:

Bei *gesetzten Bit* wird nach dem Einlesen der Originaldaten ein Vergleich der Werkzeugnamen durchgeführt. Dazu muß in der Beschreibungsdatei *T_PLCRAM.SYS* das Feld *TNAME[]* mit dem originalen Werkzeugnamen beschrieben werden.

Bit 4: Festlegung Werkzeugnummer oder Platznummer:

Bei *gesetzten Bit* wird der Aufrufparameter **Werkzeug** als Platznummer interpretiert. Die Werkzeugnummer wird über diese Platznummer in der Platztabelle ermittelt.
Bei *nicht gesetzten Bit* wird die programmierte Nummer direkt als Werkzeugnummer verarbeitet.

Hinweis:

Mit dem PLC-Modul 9096 können Einträge in der Werkzeugetabelle unabhängig von den Modulen 9109 und 9119 gelöscht werden. Dabei wird das Werkzeug aus der Schwesterverkettung genommen und es besteht die Möglichkeit den entsprechenden Platz in der Platztabelle als unbenutzt zu deklarieren.

Ablaufdiagramm für PLC-Module 9109 und 9119 (Schreiben von Werkzeugdaten):

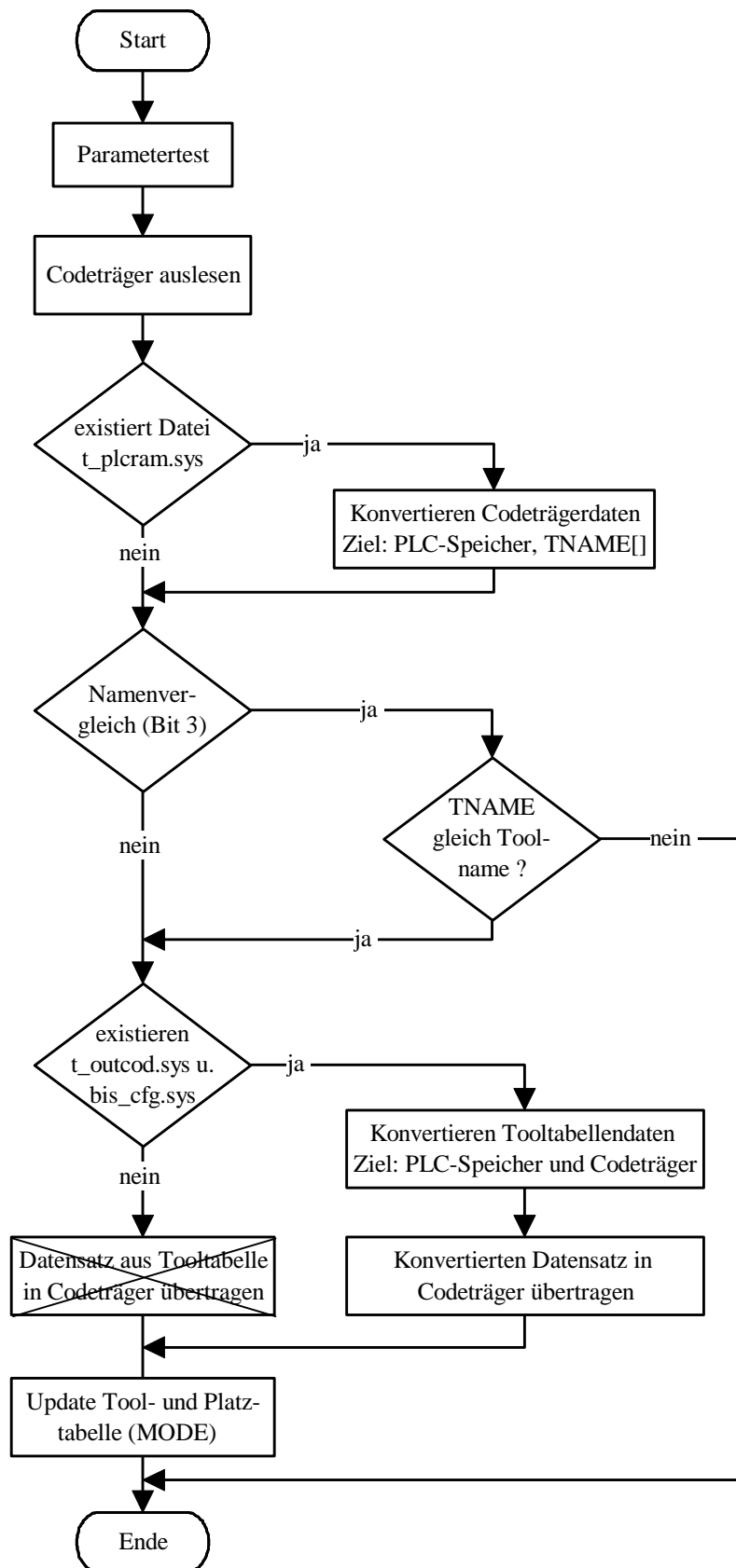


Abbildung 4: vereinfachtes Ablaufdiagramm PLC-Module 9109 und 9119

4.2.3 PLC-Modul 9117 zum Rücksetzen einer Auswerteeinheit

Das PLC-Programm kann mit dem Modul 9117 bei einer Auswerteeinheit BIS C-60_2 jeden der beiden Schreib-/Leseköpfe in den Grundzustand versetzen. Das Modul darf nicht während der Abarbeitung eines Schreib-/Leseauftrags gerufen werden.

Modul-Aufruf:

PS	B/W/D/K	Kopfnummer	Nummer Schreib/Lesekopf (1..2)
PS	B/W/D/K	Startadresse	Eingangspuffer (IBx)
PS	B/W/D/K	Startadresse	Ausgangspuffer (OBx)
CM	9117		

Nähere Informationen bzgl. der möglichen Fehlercodes sind im Kapitel 4.2.4 aufgelistet.

4.2.4 Fehlercodes der PLC-Module

Anhand der Fehlernummer, die die PLC-Module als Rückgabewert liefern, können folgende Fehlerfälle unterschieden werden:

▪ Rückgabewert der Module:

Fehlernummer	Fehlerart	Beschreibung
0	Ohne Fehler	PLC-Modul wurde fehlerfrei abgearbeitet
> 0	Fehlercode BIS	Fehlerbeschreibung siehe BIS-Handbuch
-1	PLC-Fehler	Fehlerbeschreibung laut Fehlercode in W1022

▪ **PLC-Fehlermeldungen in W1022 (Fehlercode bei Rückgabewert –1):**

W1022	Fehlerbeschreibung
1	- ungültige Kopfnummer, Mode-Einstellung oder Schnittstellennummer
2	- ungültiger Parameter für Platz- oder Toolnummer
3	- BIS C-60_2: ungültige Adressen für Ein-/Ausgangsbereiche
8	- BIS C-60_2: für programmierten Kopf nicht betriebsbereit
11	- unterschiedliche Toolnamen bei Namensvergleich (nur Modul 9109)
13	- keine Verbindung (Timeout oder Schnittstelle nicht bereit) - BIS C-60_2: Verbindungsabbruch (Timeout bei Befehlsabarbeitung)
14	- angewählte Schnittstelle ist bereits belegt oder nicht bereit
15	- Sendepuffer ist nicht leer
16	- Empfangspuffer ist leer
18	- Übertragungsfehler (falscher BCC oder allgemeiner Fehler) - kein ACK/NAK als Abschlußzeichen von Auswerteeinheit - BIS sendet mehr als die erwartete Anzahl von Zeichen - Empfangspuffer nicht leer nach Protokollende - Ein-/Ausgabe nicht bereit - BIS C-60_2: Abbruch wegen Protokollfehler
20	- Modul wurde nicht im Submit/Spawn gerufen
29	- Konfigurationsdatei nicht vorhanden
34	- Reset der Auswerteeinheit fehlerhaft ausgeführt
36	- Dateifehler bei der Umsetzung von Werkzeugdaten - allgemeiner Fehler bei Dateioperationen - Datei nicht vorhanden
37	- zu wenig Systemspeicher
38	- allgemeiner Fehler bei der Abarbeitung einer Beschreibungsdatei
41	- Wertebereich einer Spalte der Werkzeugtabelle bei Abarbeitung einer Beschreibungsdatei nicht eingehalten (siehe Tabelle in Kap. 5.1)
45	- BIS C-600_: Abbruch der Kommunikation wegen Fehlermeldung von BIS

4.3 Umsetzen der Werkzeugdaten

4.3.1 Arbeitsverzeichnis

Auf Seite der TNC besteht die Möglichkeit, die Umsetzung der Daten auf das Format der Heidenhain-Werkzeigtabelle und auf das Format der PLC-Operanden, mit Ausdrücken der Programmiersprache C in sog. Beschreibungsdateien zu realisieren.

Die Beschreibungsdateien (*T_PLCRAM.SYS*, *T_INCOD.SYS*, *T_OUTCOD.SYS*) und die Konfigurationsdatei *BIS_CFG.SYS* müssen alle in einem Verzeichnis in der PLC-Partition abgelegt sein. In diesem Pfad wird auch die Fehlerdatei *BISERROR.LOG* abgelegt, die aufgetretene Fehler bei der Umsetzung der Daten protokolliert.

Der Pfad, in dem die Dateien abgelegt sind, muß in der Datei *OEM.SYS* dem Eintrag *BISPATH* (z. B. *BISPATH=PLC:\TOOLIDNT\BIS1*) zugewiesen werden. Falls in der Datei *OEM.SYS* kein Verzeichnis angegeben wurde, versucht die TNC die Dateien in dem Standardpfad *PLC:\BIS* zu finden.

Hinweis: Mit den Modulen 9270 und 9271 ist es möglich, die Einträge der Datei *OEM.SYS* zu bearbeiten. Diese können gelesen, geschrieben und überschrieben werden. Somit können in verschiedenen Verzeichnissen auf der PLC-Partition zur Laufzeit verschiedene Versionen für die Umsetzung der Daten angewählt werden.

4.3.2 Aufbau der Dateien

Wie schon erwähnt arbeitet das System mit den drei Beschreibungsdateien, einer Konfigurationsdatei und einer Fehlerdatei.

Grundsätzlich werden die Daten nur umgesetzt und transferiert, wenn die dem Modul entsprechende Beschreibungsdatei und die Konfigurationsdatei vorhanden sind. Einträge in der Fehlerdatei werden generiert, falls ein Ausdruck beim Umsetzen der Daten nicht abgearbeitet werden konnte.

Konfigurationsdatei *BIS_CFG.SYS*:

Die Konfigurationsdatei enthält Vereinbarungen über die Größe und die Speicherorganisation des Datensatzes. Falls ein Namensvergleich durchgeführt werden soll, muß hier auch die Länge der Werkzeugnamen definiert werden, die für einen Vergleich relevant ist.

Da die iTNC 530 (Little Endian) mit einer anderen Speicherorganisation arbeitet als die TNC 426 / TNC 430 (Big Endian) und wenn die Datenträger austauschbar sein sollen, muß die Speicherorganisation mit den Schlüsselwörtern *BIG ENDIAN* und *LITTLE ENDIAN* definiert werden. Werden die Schlüsselwörter nicht angegeben, geht die Steuerung davon aus, dass die Speicherorganisation auf den Datenträgern der der Steuerung entspricht. Die Schlüsselwörter müssen mit einem Strichpunkt abgeschlossen sein.

Die Größe des Datensatzes wird in Bytes in C-Notation angegeben. C-Ausdrücke müssen immer mit einem Strichpunkt abgeschlossen sein. Es müssen die Schlüsselwörter *CHIP* und *TNAME* verwendet werden.

Beispiel:

```
LITTLE ENDIAN;  
CHAR CHIP[63];      /* Datensatz Werkzeugdaten: 63 Bytes*/  
CHAR TNAME[10];     /* Länge Werkzeugname: 10 Bytes*/
```

hier darf nur ein Leerzeichen stehen!

Kommentar

▪ Fehlerdatei **BISERROR.LOG**:

Die Fehlerdatei beinhaltet den letzten Ausdruck, der vom Parser nicht abgearbeitet werden konnte (ohne abschließenden Strichpunkt). Am Beginn eines Eintrags wird der Name der betreffenden Beschreibungsdatei abgelegt.

Falls bei dem Einlesen der Werkzeugdaten der Wertebereich einer Spalte in der Werkzeugtabelle überschritten wird, wird am Ende des Eintrags zusätzlich eine Fehlermeldung generiert. Der abgearbeitete Ausdruck war aber trotzdem syntaktisch richtig.

▪ Beschreibungsdateien **T_PLCRAM.SYS, T_INCOD.SYS, T_OUTCOD.SYS**:

Die Datei *T_PLCRAM.SYS* setzt Codeträgerdaten in den PLC-Speicher um. Die Werkzeugtabelle und der Codeträger können nicht als Datensenke programmiert werden. Diese Beschreibungsdatei wurde implementiert, um eine klare Trennung zwischen den Daten für die PLC und den Daten für die Werkzeugtabelle zu ermöglichen. Falls vorhanden, wird diese Datei bei beiden Modulen unabhängig von der Modus-Einstellung immer abgearbeitet.

Die Datei *T_INCOD.SYS* setzt Codeträgerdaten in die Werkzeugtabelle um. Es können auch PLC-Operanden programmiert werden.

Die Datei *T_OUTCOD.SYS* setzt Daten aus der Tooltabelle in den Codeträger um. Es können auch PLC-Operanden programmiert werden.

Aufbau:

- In den Beschreibungsdateien ist Groß- und Kleinschreibung der einzelnen Variablennamen erlaubt.
- Zuweisungen, Rechenausdrücke und Kommentare müssen in C-Notation angegeben werden.
- C-Ausdrücke müssen immer mit einem Strichpunkt enden.

Die Programmierung der PLC-, Werkzeug- und Chipdaten ist im Kapitel 4.3.3 aufgeführt. Beispiele für Einträge in einer Beschreibungsdatei sind im Kapitel 4.3.5 aufgeführt.

4.3.3 Datenverarbeitung in den Beschreibungsdateien

In den drei Beschreibungsdateien können keine Variablen definiert werden. Zuweisungen und Zugriffe sind nur auf die folgenden Daten erlaubt:

- **PLC-Operanden M/I/O/C/T/B/W/D/S:**

Die PLC-Operanden werden wie in PLC-Programmen programmiert. Die einzelnen Stellen der PLC-Strings adressieren Sie wie folgt:

S<Stringnummer 0..7>[<Position im String 0..127>] (z. B. S3[15])

Hinweis: Nach dem letzten kopierten Zeichen sollte eine Endekennung ($Sx[y] = 0$) programmiert werden. Das Auffüllen mit Leerzeichen ist auch möglich.

- **Codeträgerdaten CHIP.B/W/D:**

Die Daten auf einem Codeträger werden wie PLC-Operanden programmiert. Die programmierten Operanden müssen auf dem Codeträger nicht wie in der PLC auf geraden Wort- bzw. Doppelwortadressen liegen.

Der Adresse muß das Schlüsselwort *CHIP* mit einem Punkt als Trennung vorangestellt sein. Bei ASCII-Zeichenketten können vorläufig nur die einzelnen Zeichen byteweise adressiert werden.

Beispiel: CHIP.B20, CHIP.W25, CHIP.D30

- **Daten der Werkzeugtabelle TOOL.<Spaltenname><[index]>:**

Die Daten der Werkzeugtabelle werden über deren Spaltennamen programmiert. Dem Spaltennamen muß das Schlüsselwort *TOOL* mit einem Punkt als Trennung vorangestellt sein. Bei ASCII-Zeichenketten der Werkzeugtabelle können vorläufig nur die einzelnen Zeichen adressiert werden. Bei Stufenwerkzeugen muß zusätzlich in eckigen Klammern der Werkzeugindex programmiert sein.

Beispiel: TOOL.L, TOOL.L[<index>], TOOL.NAME[0], TOOL.NAME[<index>][0]

Einschränkungen bei der Programmierung von Werkzeugdaten:

- Anstatt den Spaltennamen TT:L-OFFS, TT:R-OFFS, PLC-VAL, CAL-OF1, CAL-OF2 und CAL-ANG müssen in den Beschreibungsdateien die Bezeichner LOFFS, ROFFS, PLCVAL, CALOF1, CALOF2 und CALANG verwendet werden. Diese Einschränkungen sind notwendig, da der Parser für die Umsetzungen wegen des Bindestrichs in den Spaltennamen einen Rechenausdruck erkennt.

- **Werkzeugname für Namensvergleich TNAME[x]:**

Weitere Informationen bzgl. des Namenvergleiches sind in Kapitel 4.3.5 zu finden.

4.3.4 Der Parser

Der Parser für die Abarbeitung der in den Beschreibungsdateien definierten Konvertierungen unterstützt die aufgelisteten Operatoren der Programmiersprache C. Beispiele finden Sie in Kapitel 4.3.5.

Der Parser verhält sich nach den Vorrangregeln der Programmiersprache C. Auf diese Vorrangregeln wird hier nicht näher eingegangen. Konflikte vermeiden Sie durch Verwendung von Klammern!

- **Konstanten:**

Dezimalzahlen: $[\pm]\{0..9\}$ Hexadezimalzahlen: $\$\{0..9,A..F\}$

- **Arithmetische Operatoren:**

+	Addition	-	Subtraktion	*	Multiplikation
/	Division	%	Modulo		

- **Bitweise Operatoren:**

&	AND		OR	^	XOR
~	NOT	>>	Right Shift	<<	Left Shift

- **Logische Operatoren:**

&&	AND		OR	!	NOT
----	-----	--	----	---	-----

- **Vergleichsoperatoren:**

>	größer	>=	größer-gleich	<	kleiner
<=	kleiner-gleich	==	gleich	!=	ungleich

- **Zuweisungsoperatoren:**

=	Zuweisung	+=	Addieren und Zuweisung
-=	Subtrahieren und Zuweisung	*=	Multiplizieren und Zuweisung
/=	Dividieren und Zuweisung	%=	Modulo und Zuweisung
>>=	Right Shift und Zuweisung	<<=	Left Shift und Zuweisung
&=	bitweises AND und Zuweisung	=	bitweises OR und Zuweisung

- **Bedingter Ausdruck (?-Operator):**

Syntax: (Ausdruck1) ? (Ausdruck2) : (Ausdruck3)

Falls der Wert von *Ausdruck1* ungleich 0 ist, ist das Resultat *Ausdruck2*, sonst *Ausdruck3*. Der ?-Operator kann für alternative Zuweisungen und als Ersatz für ein if-then oder ein if-then-else-Konstrukt verwendet werden.

4.3.5 Beispiele

In diesem Kapitel sind einige Beispiele für die Programmierung in den Beschreibungsdateien aufgeführt. Der Befehlsumfang des Parsers ist im Kapitel 4.3.4 beschrieben.

- **Zuweisung von Codeträgerdaten zu PLC-Operanden:**

```
D2000      = CHIP.D4; /*Zuweisung PLC-Doppelwort D2000 */
M968       = CHIP.B5; /*bei CHIP.B5 <> 0: M968 gesetzt */
S4[12]     = CHIP.B20; /*CHIP.B20 an 12. Stelle von S4  */
```

- **Zuweisung von Codeträgerdaten zu Spalten der Werkzeugtabelle:**

```
TOOL.CUT.      = CHIP.B15;          /* Achtung: bei diesen */
TOOL.DIRECT.   = CHIP.B43;          /* Spaltennamen Punkt */
TOOL.CUR.TIME  = CHIP.B37;          /* nicht vergessen!!! */
TOOL.LOFFS     = CHIP.W24;          /* Achtung:hier abwei- */
TOOL.ROFFS     = CHIP.W26;          /* chende Spaltennamen! */
TOOL.PLCVAL    = CHIP.D10*1000;     /* Rechenausdruck      */
TOOL.L         = D18*100;           /* Datum PLC-RAM */
TOOL.NAME[0]   = CHIP.B40;          /* Bilden String */
TOOL.NAME[1]   = CHIP.B41;          /* usw. */
```

- **Zuweisung von PLC-Operanden und Tabellendaten auf Codeträger:**

```
CHIP.B2       = B2500;              /* Chipdaten festlegen */
CHIP.D40      = TOOL.DL/10;          /* ggf. Umrechnungen  */
```

- **if-then-Abfrage:**

```
/* falls B50 auf Codetr. gleich 0x40: Zuweisung Spalte */
/* ansonsten wird nichts ausgeführt (Ausdruck (0)) */
(CHIP.B50==$40) ? (TOOL.PLC = B51) : (0);
```

- **Alternative Zuweisungen (if-then-else-Abfrage):**

```
/* Merker M20 gesetzt: Ausdruck 2 in die Zielvariable */
/* Merker M20 nicht aktiv: Ausdruck 3 in Zielvariable */
TOOL.PLC = (M20) ? (TOOL.PLC) : (TOOL.PLC&B2500);
```

- **Verwendung von Stufenwerkzeugen:**

```
TOOL.NAME[index][0]= CHIP.B2;      /* Werkzeugnamenindex */
TOOL.L[index]       = CHIP.D8;      /* Werkzeuglängenindex */
```

- **Rechenausdrücke:**

```
D1234 = ((CHIP.W12 >> 4) & 0x0F); /* MaskierenBit4..7 */
TOOL.CUR.TIME = CHIP.D21 / 60;     /* Zeitberechnung */
```

4.3.6 Vergleich von Werkzeugnamen bei PLC-Modul 9109

Das PLC-Modul 9109 muß vor dem Beschreiben eines Codeträgers den ursprünglichen Inhalt lesen, um Daten, die nicht über die Beschreibungsdatei modifiziert wurden, unverändert zurückzuschreiben.

Hierfür bietet das PLC-Modul 9109 die Möglichkeit einen Vergleich des Werkzeugnamen der Werkzeugtabelle mit dem Namen auf dem Codeträger durchzuführen.

Aktiviert wird der Vergleich mit Bit 3 der Modus-Einstellung im PLC-Modul 9109. Bei Werkzeugen mit Indexeinträgen (Stufenwerkzeuge) wird der Name des Haupteintrages (Index 0) für den Vergleich verwendet.

Falls ein Vergleich der Werkzeugnamen durchgeführt werden soll, muß das Feld *TNAME[]* in der Konfigurationsdatei definiert sein. Dabei wird die Länge des Werkzeugnamen festgelegt. Die maximale Länge eines Werkzeugnamen beträgt 16 Zeichen.

In der Beschreibungsdatei *T_PLCRAM.SYS* muß der Werkzeugname aus dem Codeträger vollständig in das Feld *TNAME[]* kopiert werden. Der Rest des Feldes muß bis zur vereinbarten Länge mit Leerzeichen gefüllt werden, oder es ist ein Stringende nach C-Standard (0) zu setzen.

Beispiel für einen Werkzeugnamen mit zehn Zeichen:

```
/* Eintrag Konfigurationsdatei */
CHAR TNAME[10]; /* Länge Werkzeugname festlegen */

/* Einträge Beschreibungsdatei */
TNAME[0]=CHIP.B33; /* für Vergleich Namen in NC */
...
TNAME[9]=0x20; /* Rest mit Leerzeichen belegen */
/* o. Stringende z.B.TNAME[8]=0; */
```

Falls bei dem Vergleich der Werkzeugnamen ein Konflikt auftritt, werden die Daten nicht in den Codeträger geschrieben; die Einträge in der Werkzeugtabelle und in der Platztabelle bleiben unverändert und das PLC-Modul legt einen entsprechenden Fehlercode im W1022 ab.

5 Anhang

5.1 Beschreibung und Wertebereiche der Werkzeugtabelle

Bei der Spalte für den Wertebereich sind ggf. in Klammern noch Ergänzungen angegeben, die die Behandlung der jeweiligen Spalte bei den PLC-Modulen 9092, 9093 und 9094 betreffen. Der gültige Wertebereich ist so beschrieben, wie die Steuerung die einzelnen Spalten darstellt.

Feldbezeichner (Spaltenname)	Anzahl Bytes	gültiger Wertebereich
NAME	16 ASCII	String
L	4	-99999,9999 ... +99999,9999
R	4	- " -
R2	4	- " -
DL	4	-99,9999 ... +99,9999
DR	4	- " -
DR2	4	- " -
TL	1	0..255, ausgewertet wird nur Bit 0
RT	2	0 ... 65535 (Module: -1: Taste NOENT)
TIME1	2	0 ... 9999
TIME2	2	0 ... 9999
CUR.TIME	4	0 ... 99999 / 0 ... 99999*60
DOC	8	String
CUT.	1	0 ... 20
LTOL	2	0 ... 0,9999
RTOL	2	- " -
DIRECT.	1	Implementierungsdetails in Kapitel 5.4
PLC	1	%00000000 / 0 ... 255
TT:L-OFFS	4	-99999,9999 ... +99999,9999
TT:R-OFFS	4	- " - (Modul: größte positive Zahl 0x7FFFFFFF: 'R')
LBREAK	2	0 ... 0,9999
RBREAK	2	- " -
LCUTS	4	-99999,9999 ... +99999,9999
ANGLE	4	0 ... 90,0000
TYP	5 ASCII	String
TMAT	16 ASCII	String
CDT	16 ASCII	String
PLC-VAL	4	Größte positive Zahl 0x7FFFFFFF
CAL-OF1	4	-99999,9999 ... +99999,9999
CAL-OF2	4	-99999,9999 ... +99999,9999
CAL-ANG	4	-99999,9999 ... +99999,9999
PTYP	1	0..99
NMAX	4	0..999999
LIFTOFF	1	0..1
P1	4	-99999,9999 .. +99999,9999
P2	4	-99999,9999 .. +99999,9999
P3	4	-99999,9999 .. +99999,9999
KINEMATIC	16 ASCII	String
T-ANGLE	4	-180,0000..+180,0000
PITCH	4	0..99999,9999
HAC	11 ASCII	String

5.2 Erweiterungen TNC-Zeichensatz

Wegen der Möglichkeiten des Parsers mußte der Zeichensatz der TNC wie folgt erweitert werden:

- **binäres ODER:**

'|' = Shift + '!''

- **unäres NOT:**

'~' = Shift + '^'

5.3 Einheiten der Spalten in der Werkzeugtabelle

- **Werkzeug-Geometriedaten:**

Einheit: 1/10 µm

- **Standzeiten TIME1 und TIME2:**

Einheit: Minuten

- **Aktuelle Standzeit:**

Einheit: Sekunden, (Maximalwert 9999*60)

Im Editor und in den PLC-Modulen 9093/9094 erfolgt die Darstellung in Minuten!

- **Eintauchwinkel:**

Einheit: Grad * 10000

5.4 Implementierungsdetails

- **Programmierung der Spalte Schneidrichtung (DIRECT.):**

Ab den NC-Software-Versionen 280476-07, 280474-16 und 280472-14 werden für das Einlesen der Schneidrichtung folgende Kennungen unterstützt:

Das Beschreiben von Codeträgern mit Informationen bzgl. dieser Spalte muß in Abhängigkeit des gewählten Formats erfolgen, da die interne Darstellung von Heidenhain festgelegt ist.

+/-	0/-1	(internes Format der Heidenhain-Werkzeugtabelle)
+/-	0/+1	(Programmierung wie bei Modulen 9092..9094)
+/-	0x2B/0x2D	(ASCII-Code von + und -)

- **Software 280 472-0x, 280 474-01, 280 474-02:**

Diese Software-Versionen unterstützen keine Stufenwerkzeuge.

- **Bekannter Fehler in den Versionen bis 280 474 03:**

In der NC-Software 280 474-01 bis 03 (und 280 472-0x) funktioniert der Fragezeichenoperator des Parsers nicht richtig.

Falls in den Ausdrücken 2 und 3 des Fragezeichenoperators Zuweisungen programmiert wurden, so können diese falsch ausgeführt werden.

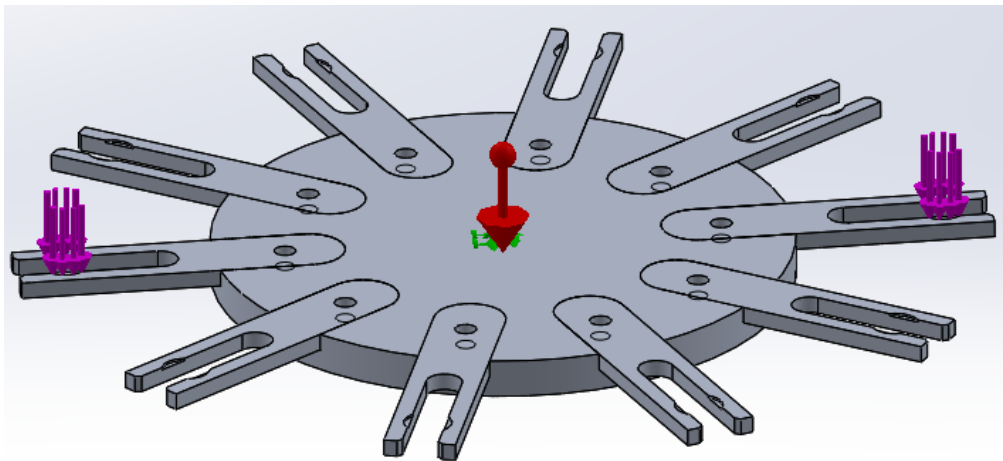
- **BIS C-60_2:**

Diese Profibus-Auswerteeinheit wird ab der Software 340422 10 unterstützt.

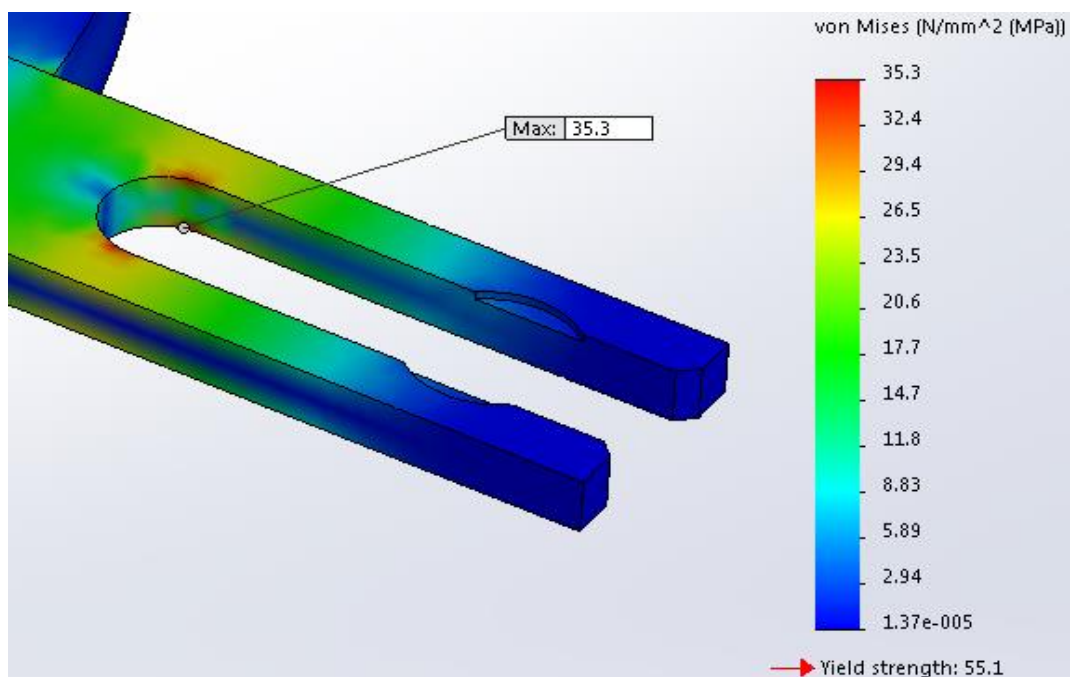
Resultater av FEM-analyse

Dette dokumentet inneholder alle bildene som har blitt klippet ut fra Solidworks under analysering av komponenter og systemer. Bildene baserer seg på FEA.

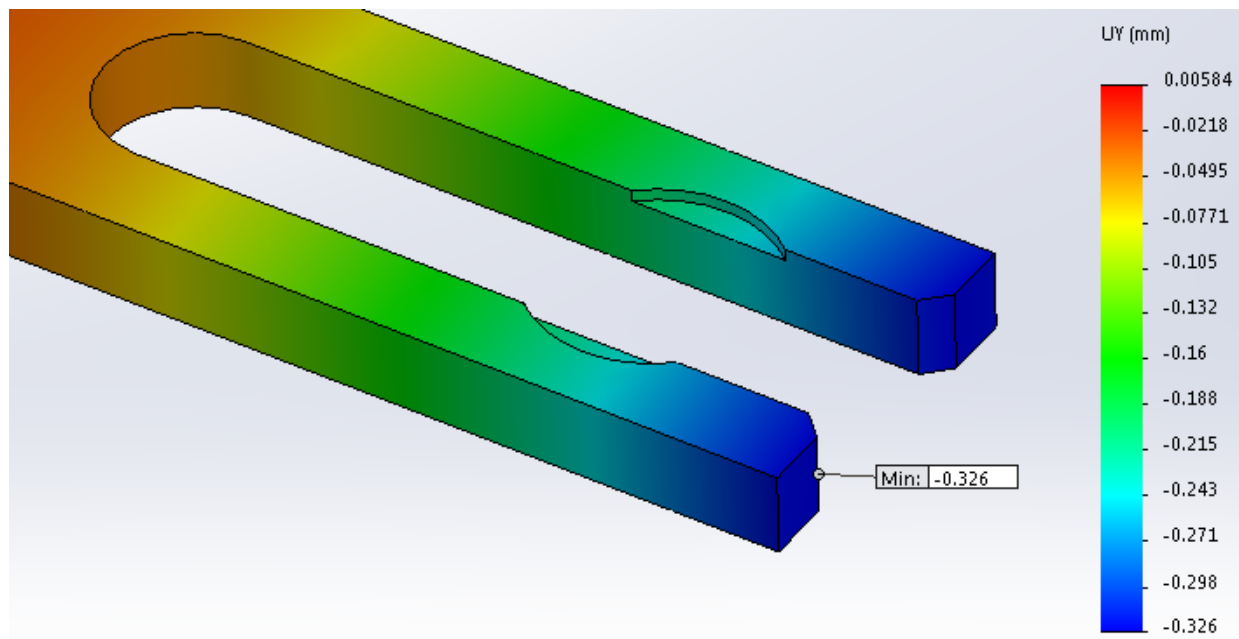
Verktøyholder_Øvre_Del



Bilde 1: Verktøyholder_Øvre_Del_Før_Analyse

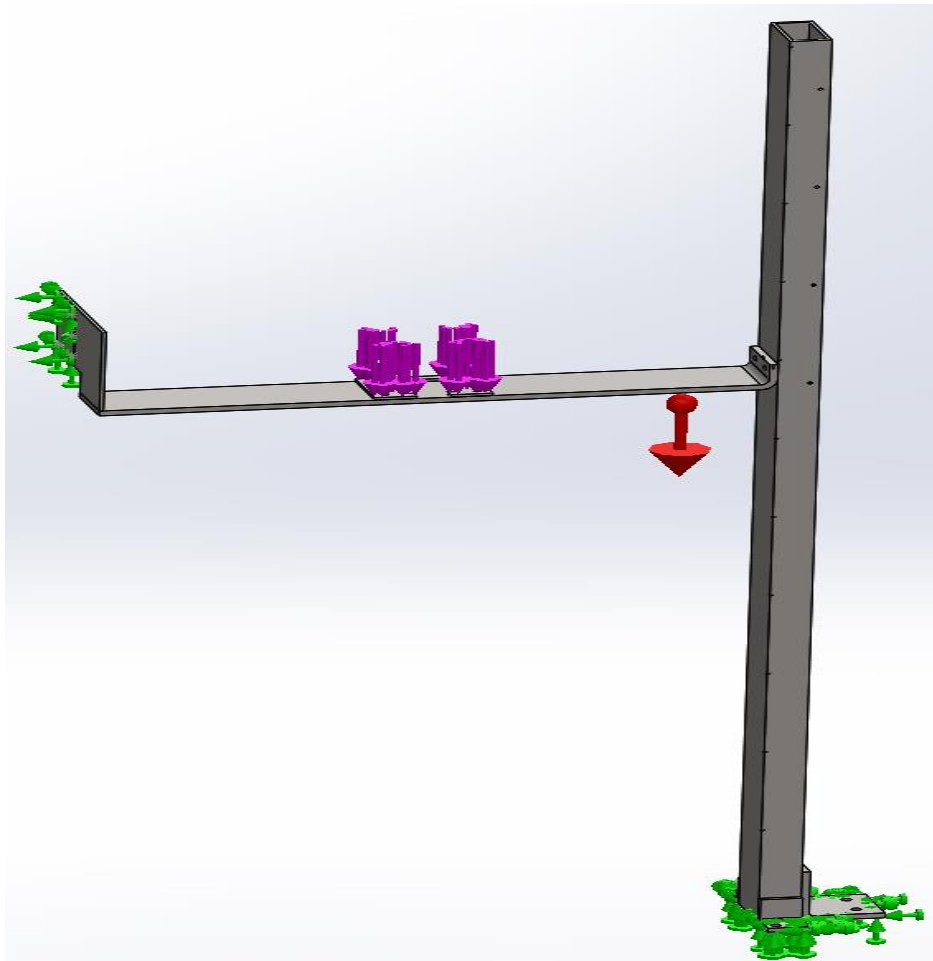


Bilde 2: Verktøyholder_Øvre_Del_Belastning

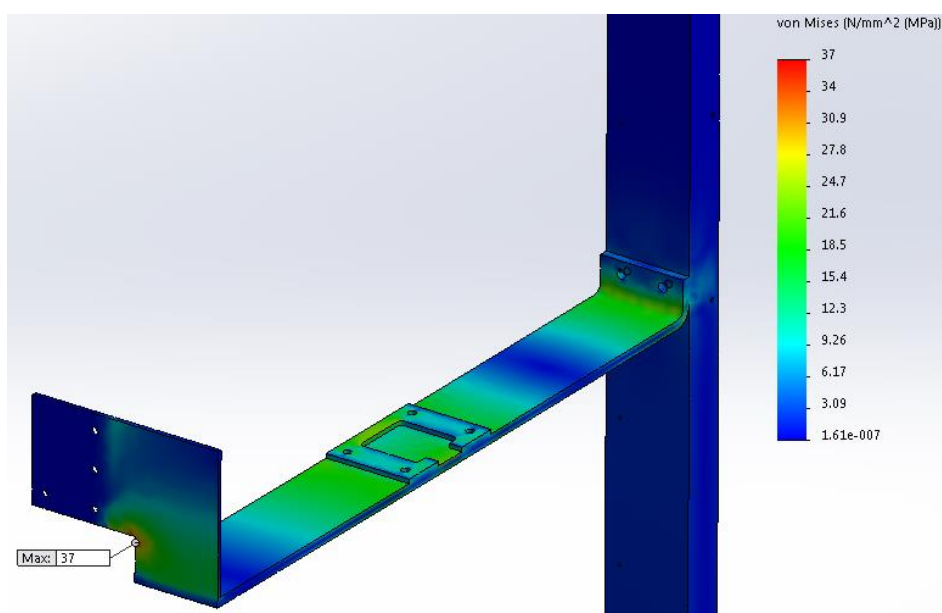


Bilde 3: Verktøyholder_Øvre_Del_Største_Nedbøyning

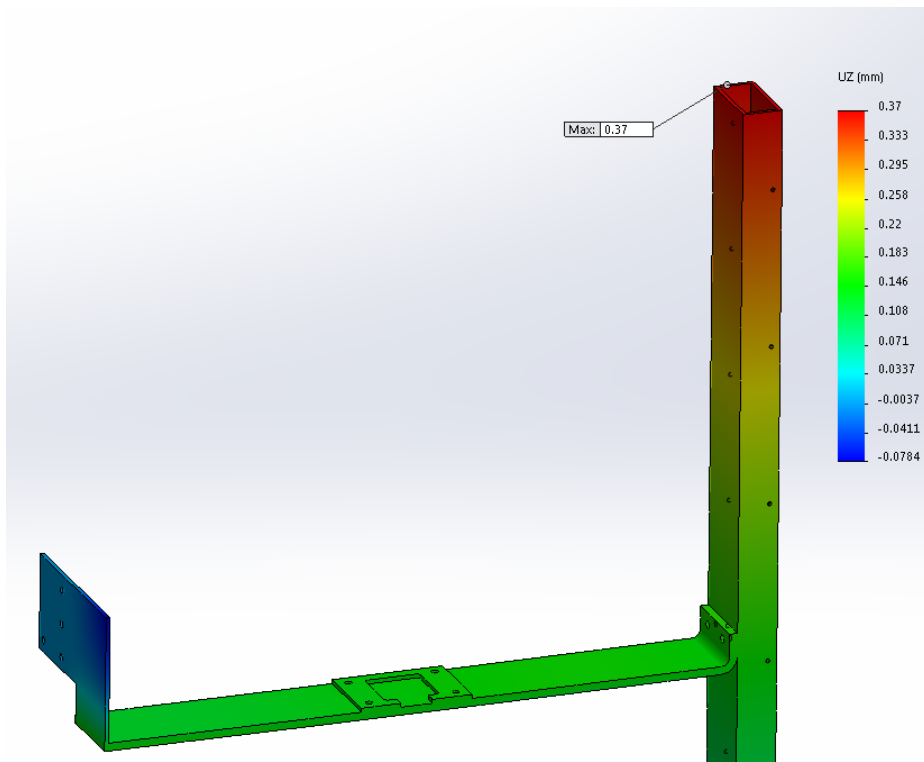
Rammverk_Verk_tøyholder



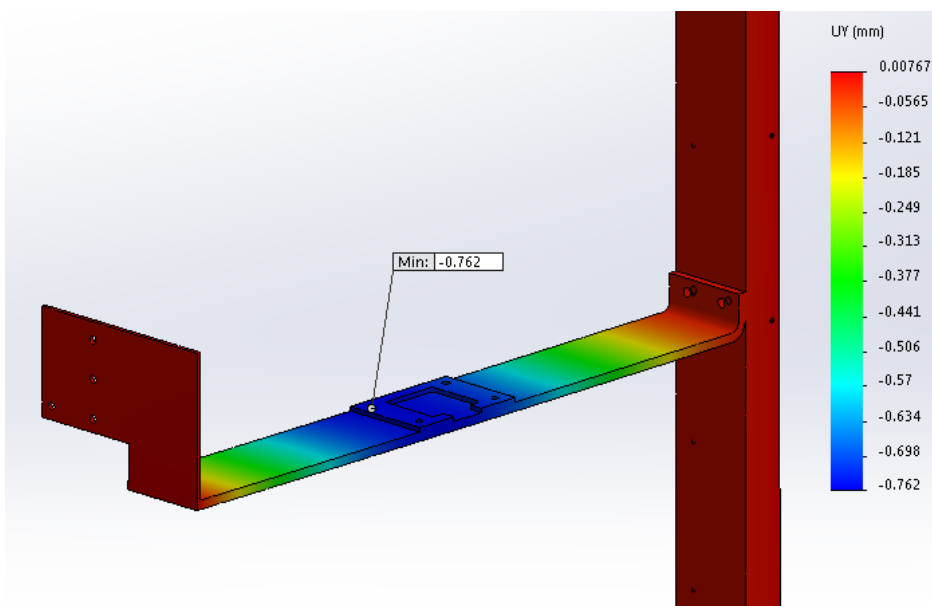
Bilde 4: Rammverk_Verk_tøyholder_Før_Analyse



Bilde 5: Rammverk_Verk_tøyholder_Belastning

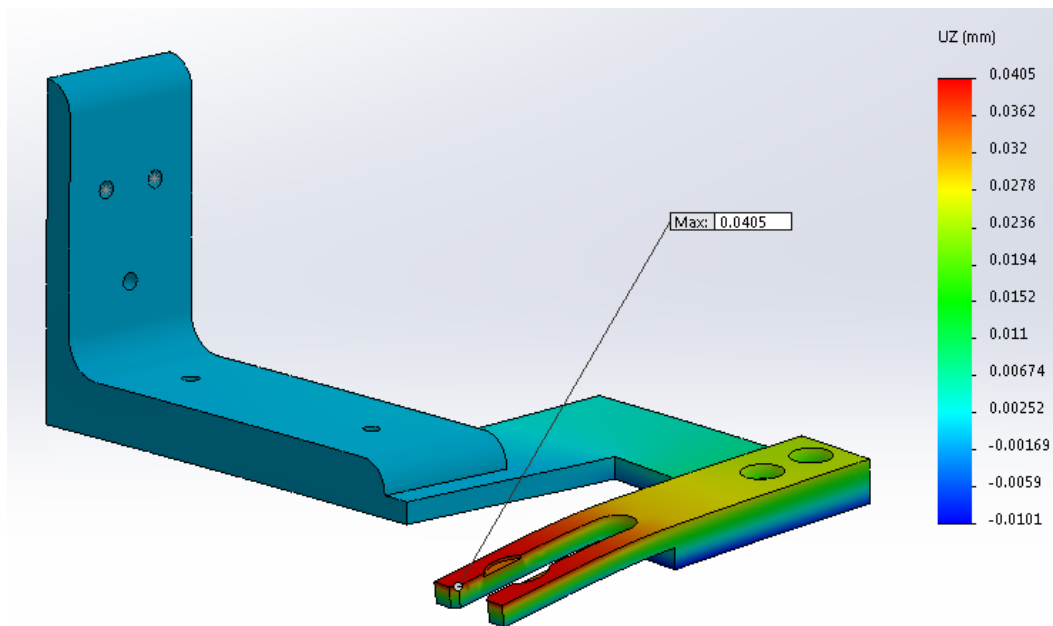


Bilde 6: Rammeverk_Verk_tøyholder_Maks_Forflytning_Y-akse

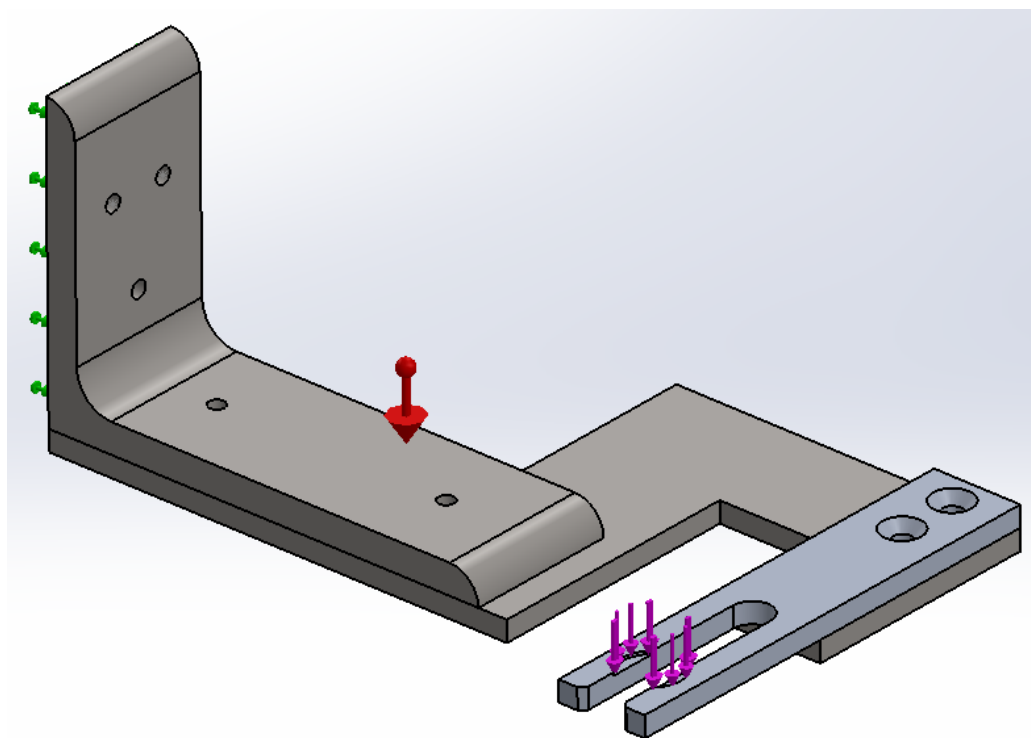


Bilde 7: Rammeverk_Verk_tøyholder_Maks_Forflytning_Z-akse

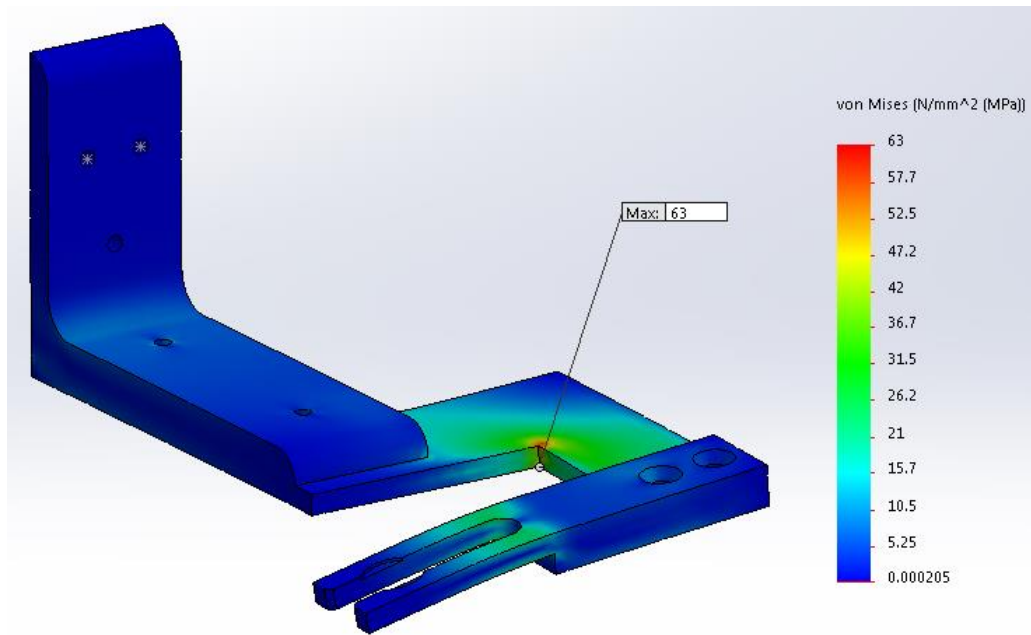
Vinklet_elektrodeholder



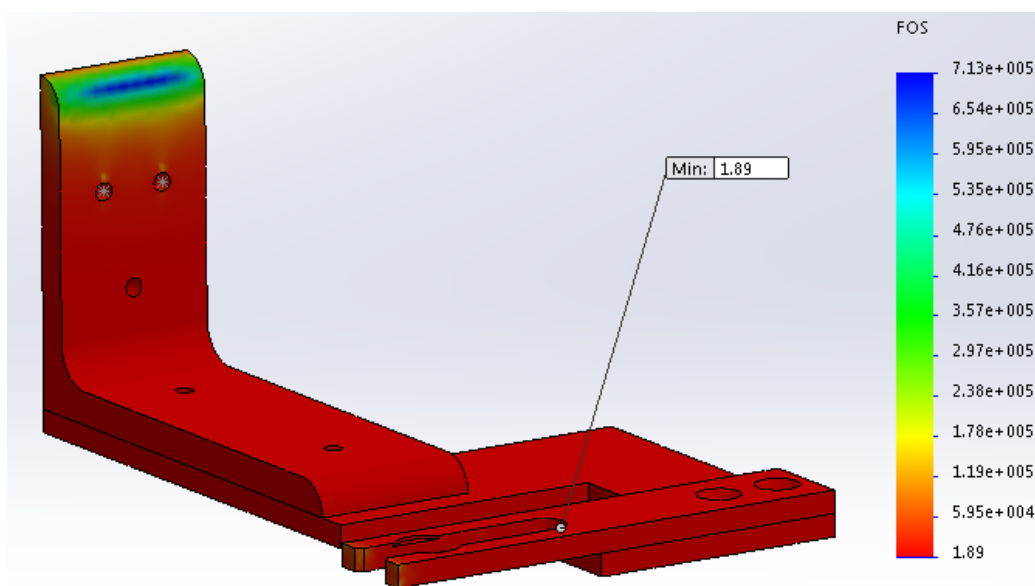
Bilde 8: Vinklet_Elektrodeholder_Lineærføring_Forflytning_Y-akse



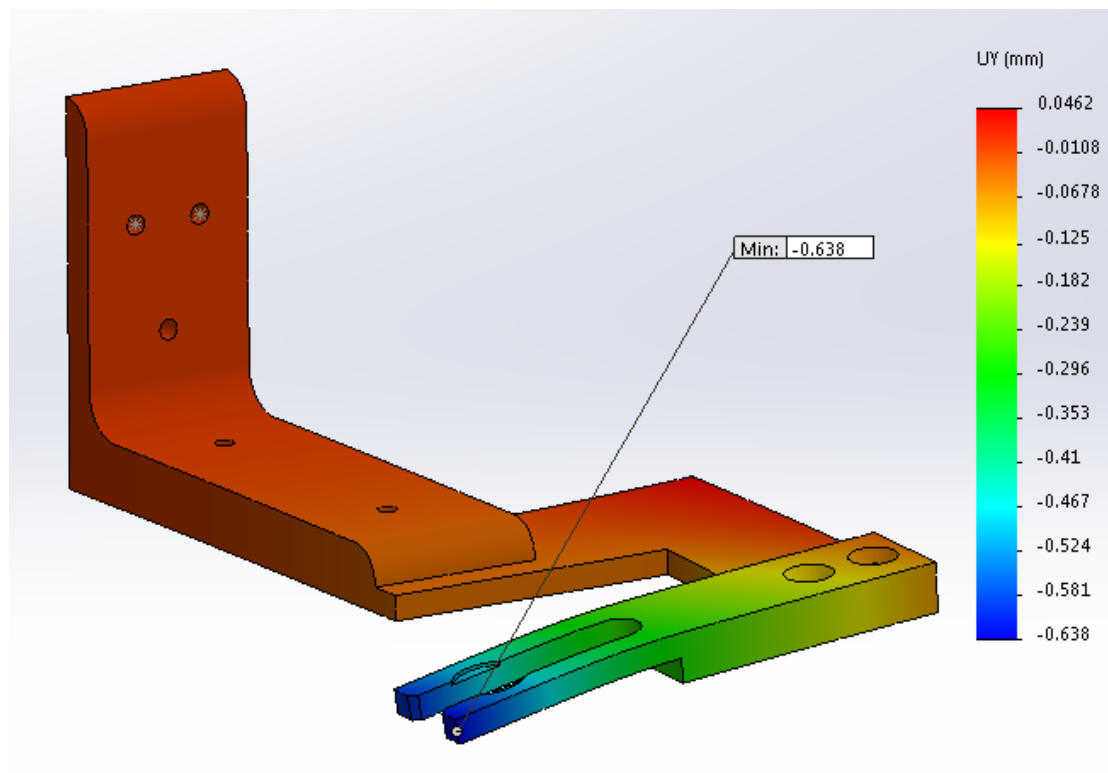
Bilde 9: Vinklet_Elektrodeholder_Lineærføring_Før_Analyse



Bilde 10: Vinklet_Elektrodeholder_Lineærføring_Belastning

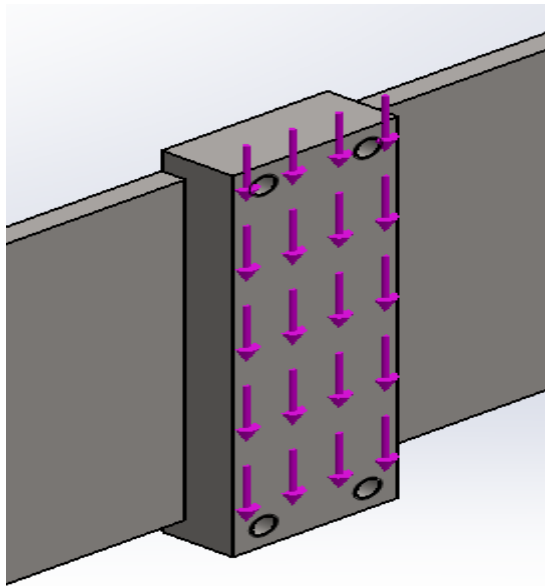


Bilde 11: Vinklet_Elektrodeholder_Lineærføring_Sikkerhetsfaktor

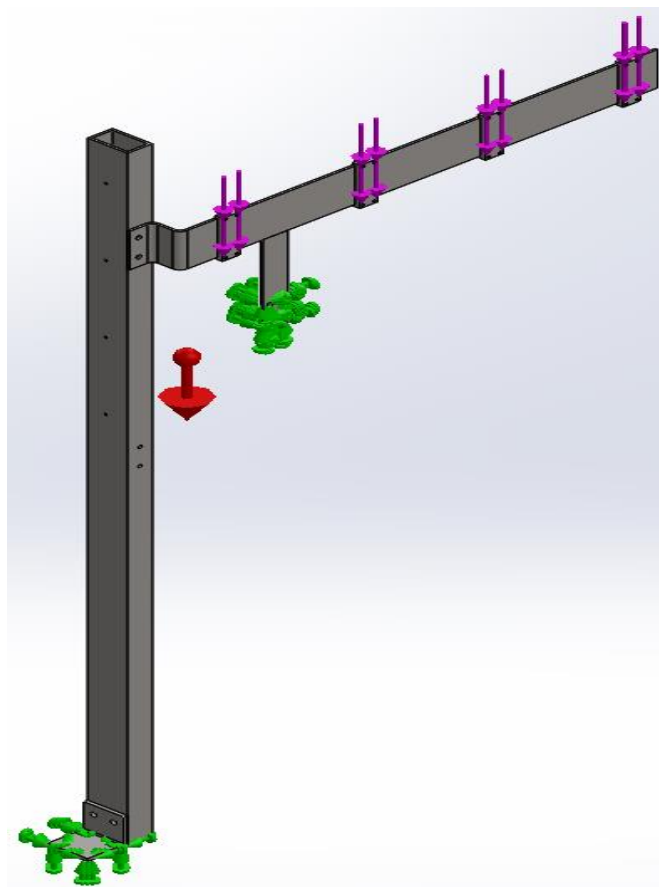


Bilde 12: Vinklet_Elektrodeholder_Lineærføring_Forflytning_Z-akse

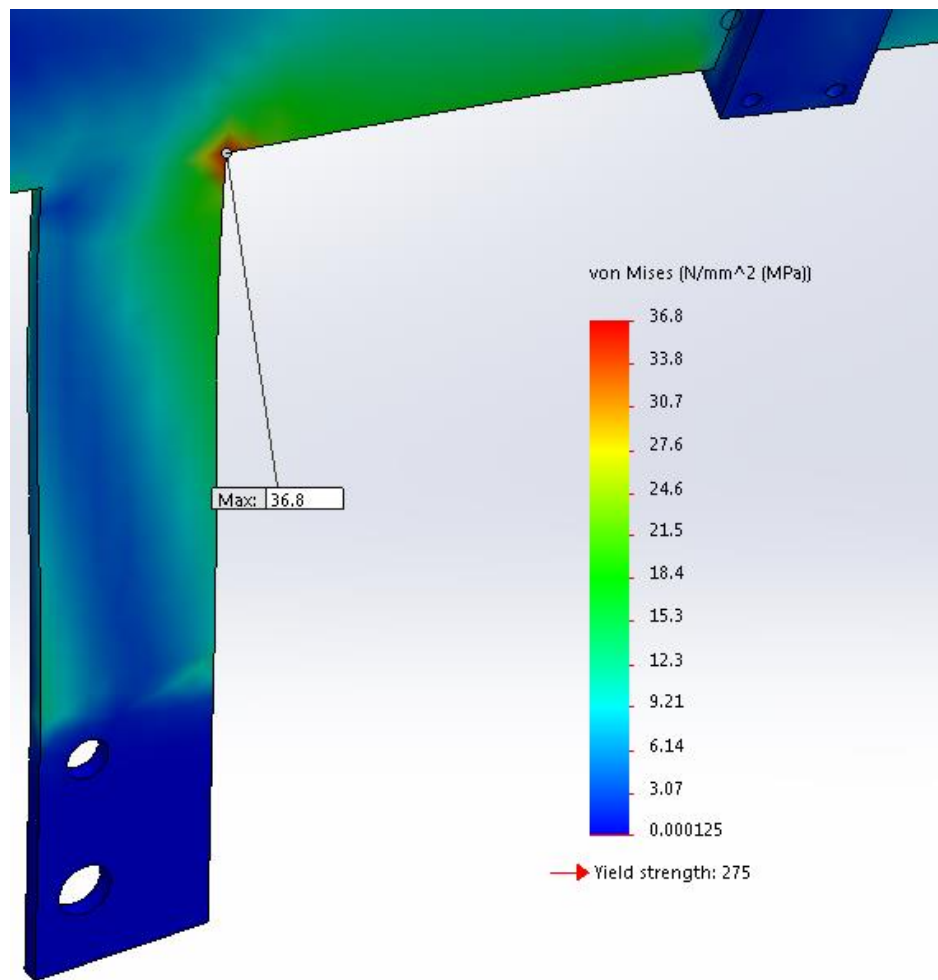
Rammeverk_Lineærakuator



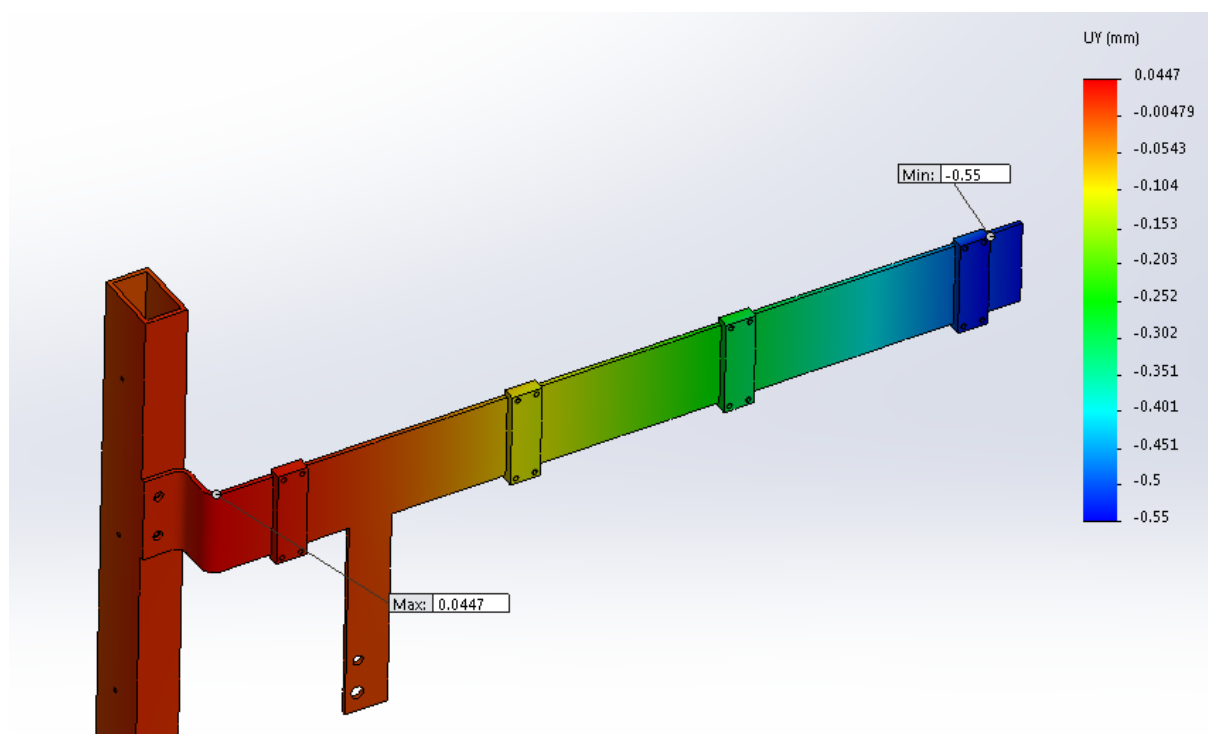
Bilde 13: Rammeverk_Lineærakuator_Plassering_Av_Kraft



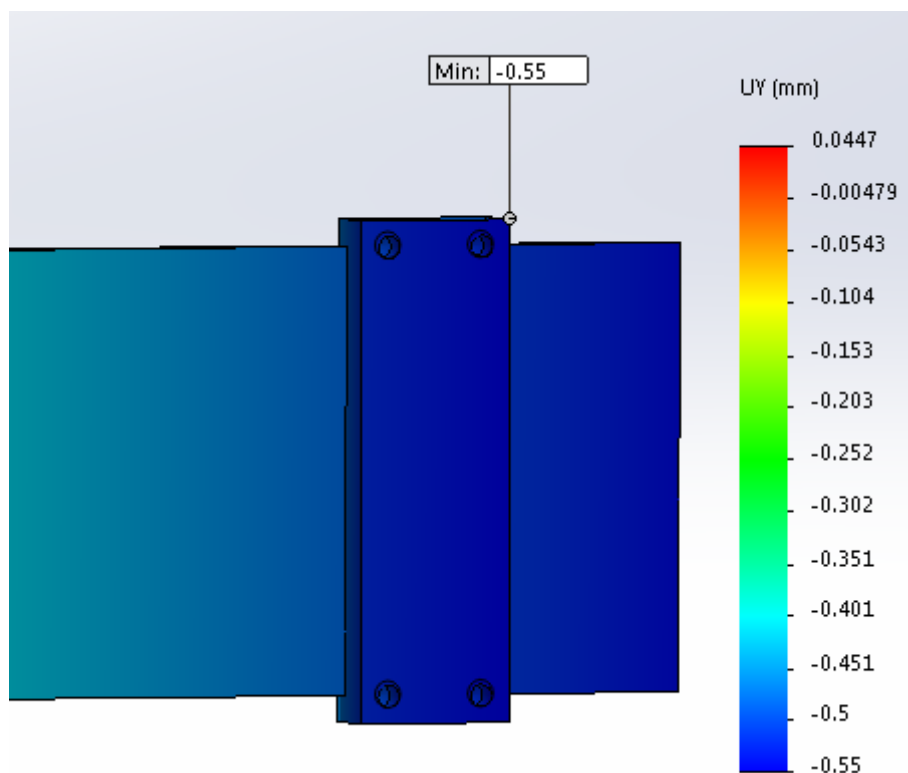
Bilde 14: Rammeverk_Lineærakuator_Før_Analyse_2



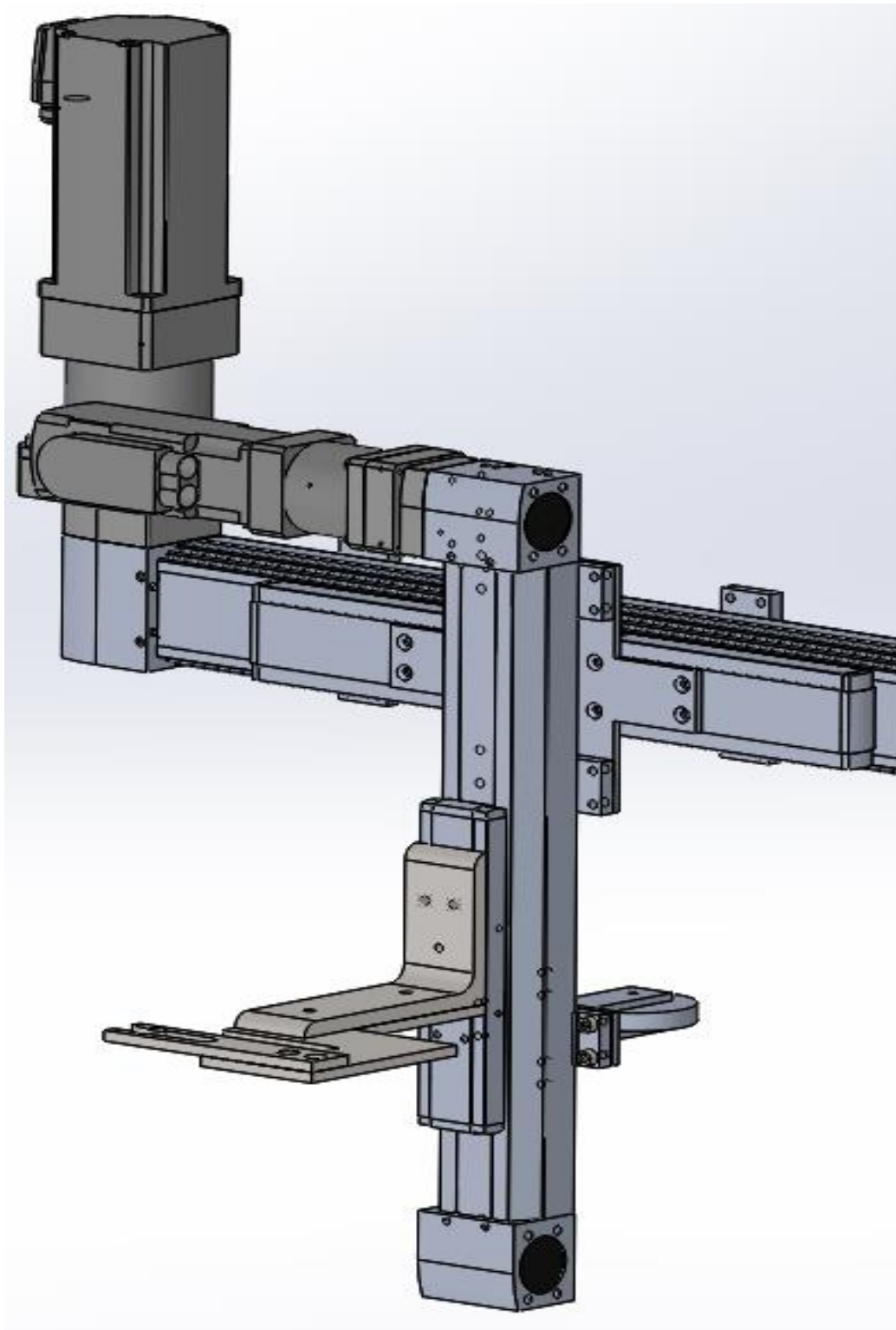
Bilde 15: Rammeverk_Lineæraktuator_Belastning



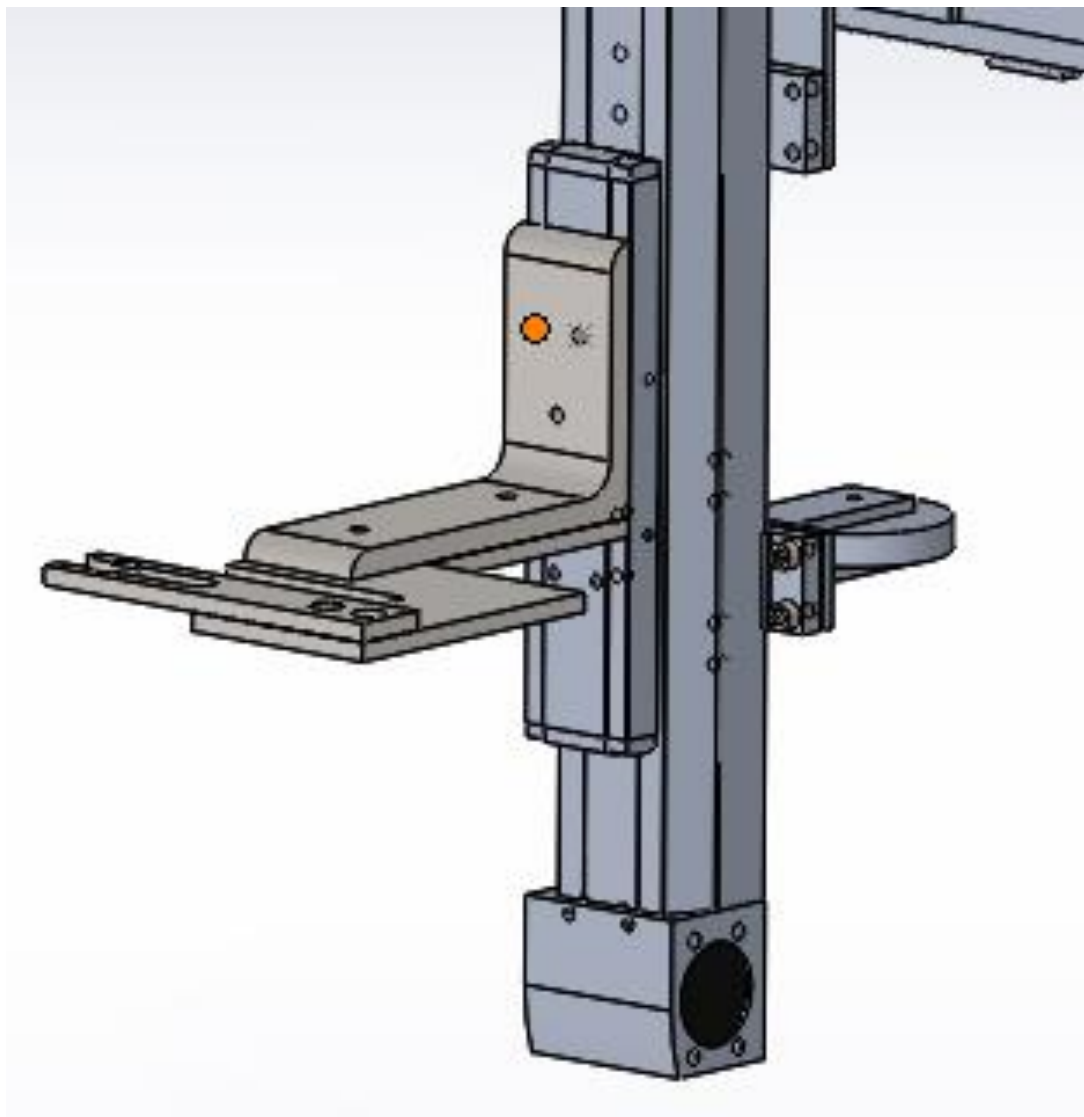
Bilde 16: Rammeverk_Lineærakuator_Nedbøyning_1



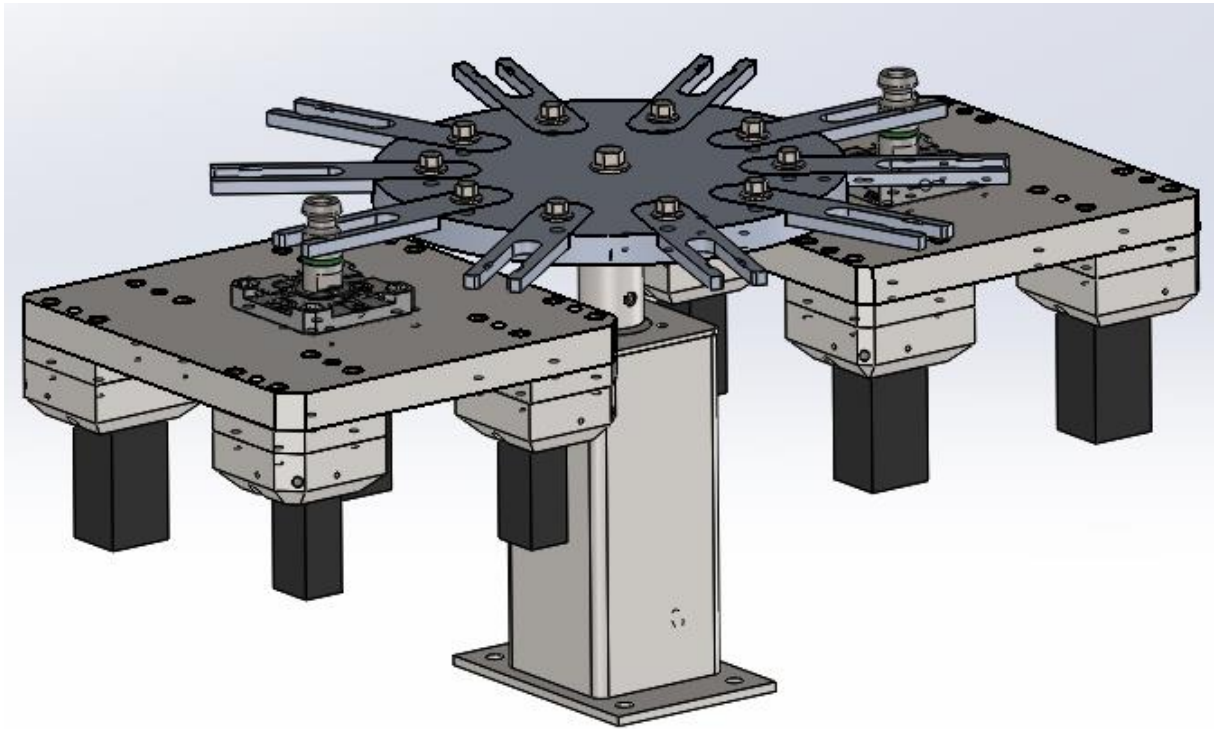
Bilde 17: Rammeverk_Lineærakuator_Nedbøyning_2



Bilde 18: Guide_Horizontal_Akse (x-aske)



Bilde 19: Guide_Vertikal_Akse (z-akse)



Bilde 20: Roterende_Verk_tøyholder (c-akse)

Verktøykontrollsystem elektroteknisk						
ID	Antall	Artikkelnummer	Del.nr	Beskrivelse	Pris/stk	Pris
1	5	BIS C-122-04/L	BIS0011	Balluff RFID brikke R/W 512 bytes	kr 250.00	kr 1 250.00
2	2	BIS C-6002-019-650-03-KL2		Balluff prosessor PROFIBUS 2 lesehoder	kr 9 000.00	kr 18 000.00
3	2	BIS C-300-PU1-05	BIS005Z	Balluff RFID lese-/skrivehode til BIS C-122-04/L	kr 1 500.00	kr 3 000.00
4	1	BIS C-300-HG1		Håndtak BIS C-300-xx lesehode	kr 600.00	kr 600.00
5	1			Styreskap berøringsskjerm	kr 1 000.00	kr 1 000.00
6	1	6AV2123-2GA03-0AX0		Siemens berøringsskjerm	kr 5 300.00	kr 5 300.00
7	1	6AG1333-4BA00-7A0		Siemens strømforsyning 24VDC/8A	kr 4 270.00	kr 4 270.00
8						kr 0.00
9		BIS C-810-0-003		Balluff Handy programmer incl. carrying case	kr 12 000.00	kr 0.00
10		BIS C-851		Balluff R/W head handy programmer	kr 2 000.00	kr 0.00
11		BIS C-102-A		Balluff charging cradle handy programmer	kr 3 500.00	kr 0.00
12		BIS C-522-PVC-02		Balluff RS232 adapter kabel 2 meter	kr 1 250.00	kr 0.00
13						kr 0.00
14		BIC C-870-1-008-x-000		Balluff Handheld	kr 22 960.00	kr 0.00
15		11023834		Baluff docking station handheld	kr 2 200.00	kr 0.00
16						kr 0.00
17	1			Deler kobling Heidenhain iTNC530 kontroller - Balluff	kr 10 000.00	kr 10 000.00
18						kr 0.00
19						kr 0.00
20				Programmering & ibedriftstillelse handy programmer	kr 1 000.00	kr 0.00
21				Programmering & ibedriftstillelse handheld	kr 1 000.00	kr 0.00
22	32			Tilpassing styresystem Heidenhain iTNC kontroller	kr 1 000.00	kr 32 000.00
23	16			Montering, programmering & idriftsettelse lese-/skrivestasjon ved fresemaskin	kr 1 000.00	kr 16 000.00
24	8			Montering, programmering & idriftsettelse lese-/skrivestasjon ved EDM-maskin	kr 1 000.00	kr 8 000.00
25						kr 0.00
					Subtotal:	kr 99 420.00

Produktoptimalisering - EDM5129

Verktøyveksler

Utstyr	Stk	Kommentar	Spesifikasjon	Leverandør	Type	Delenummer	Nett pris	Tilbud
Siemens S7-1500	1	CPU 1511-1PN	24VDC/0.7A	Siemens	6ES7511-1AK00-0AB0	4546951	5470	5470
Siemens PWR	1	Strømforsyning	230VAC-24VDC/3A	Siemens	6EP1332-4BA00	4505122	970	970
Profibus modul	1	CM1542-5	Slaves: 125	Siemens	6GK7542-5DX00-0XE0	4546935	7400	7400
ET200 Base enhet	2			Siemens	6ES7193-6BP00-0DA0	4546987	408	408
ET200 Profibus interface	1		24VDC/0.25A	Siemens	6ES7155-6BA00-0CN0	4504566	2340	2340
ET200 Digital ut	1		8x24VDC/0.5A	Siemens	6ES7132-6BF00-0BA0	4546978	498	498
ET200 Digital inn	1		8x24VDC	Siemens	6ES7131-6BF00-0AA0		365	365
SIMATIC HMI, KTP900 BASIC	1	HMI display	24VDC/0.32A	Siemens	AV2123-2JB03-0AX0	4505166	9270	9270
Profibus kabel			RS485	Siemens			5000	5000
Sum:							31721	31721
Festo PWR	1	Strømforsyning	230VAC/3A-24VDC/10A	FESTO	CACN-3A-1-10	2247682	1834	1834
Festo PWR	1	Strømforsyning, c-akse	230VAC/5A-48VDC/10A	FESTO	CACN-3A-7-10	2247684	3625	3625
Sikring	1	Sentral skap	230VAC/4A/Kar.-C	ELFA	C60H-2P-4A-C-10KA	3609686	574	574
Sikring	1	Lokal skap	230VAC/13A/Kar.-C	EFA	G102-C-13-13A	1644672	189	189
Sikkerhetsbryter	1	Til lokal skap	230V/20A, 3polet, IP65	Moeller	T0-2-1/EA/SVB	1456246	200	200
Kabel, tilførsel		Tilsvarende PFSP(oljebestandig)	TFXP 2x2,5mm^2	NEK kabel	MR-Flex	1019167	300	300
Nødstoppbryter, V.V.	1	Montert på EDM-maskin	1 NO + 1 NC	ELFA	FAK-R/V/KC11/IY	3511819	937	937
Nødstoppbryter, L.S.	1	Montert på lokal skap	1 NO + 1 NC	ELFA	44-712.001	3511870	246	246
Sikkerhetsrelé	3	For nødstopp	1 kanal, 1 utganger, 24VAC/DC	PHOENIX	PSR-MS20-1NO-1DO-24DC-	2904950	1000	2000
Sentral skap	1	Med PLS, PWR, Profibus	400x400x220mm, IP66, Grå	ELFA	12506-012	1077968	979	979
Lokal skap	1	Med verktøyveksler komponenter	1000x600x320mm, IP66, Grå	ELFA	12506-041	1077980	4078	4078
Rekkeklemme	50	Vanlig	690V, 21A 2,5mm^2		WDU 2,5 3039102000	1268800	10	100
Rekkeklemme	5	Jord			WPE 2,5N 3039101620	1269148	25	25
C-akse, motor	1	Stepper	28V/5A	FESTO	EMMS-ST-57-S-SE-G2	1370475	2300	1605
C-akse, gir	1	15:1 ratio		FESTO	EMGA-60-P-G5-SST-57	549431	4100	2826
C-akse, driver	1	Profibus	Logikk: 24VDC, Load: 48VDC/5A	FESTO	CMMS-ST-C8-7-G2	572211	6900	4800
C-akse, driver	1	Sikkerhetsmodul		FESTO	CAMC-G-S1	1501330	1267	888
C-akse, Profibus plug	1			FESTO	FBS-SUB-9-WS-PB-K	533780	430	430
C-akse, motorkabel	1			FESTO	NEBM-S1G9-E-5-LE6	550740	1051	736
C-akse, enkoderkabel	1			FESTO	NEBM-M12G8-E-5-S1G9	550748	929	651
C-akse, IO plug	1			FESTO	NEFC-S1G25-C2W25-S6	8001372	500	500
Z-akse, føring	1	Størrelse: 70, lengde: 200mm		FESTO	ELGA-TB-RF-70-200-0H	1371245	5600	5109
Z-akse, aksel kitt	1			FESTO	EAMM-A-N38-60G	1202253	1780	1247
Z-akse, motor	1	Servo	360VDC/1.2A	FESTO	EMMS-AS-55-M-LS-TM-S1	1569797	10740	7515
Z-akse, gir	1	3:1 RATIO		FESTO	EMGA-60-P-G3-SAS-55	552188	3460	2424
Z-akse, driver	1	Driver med Profibus mulighet	240VAC/2.5A	FESTO	CMMP-AS-C2-3A-M3	1501325	12120	8484
Z-akse, driver	2		Socket kontakt for driver	PHOENIX	MSTB 2,5/9-ST-5,08-BK		50	50

Z-akse, driver	1	Profibus modul		FESTO	CAMC-PB	547450	2680	1877
Z-akse, driver	1	Sikkerhetsmodul		FESTO	CAMC-G-S1	1501330	1267	888
Z-akse, Profibus plug	1			FESTO	FBS-SUB-9-WS-PB-K	533780	430	430
Z-akse, IO plug	1			FESTO	NEFC-S1G25-C2W25-S6	8001372	500	500
Z-akse, motorkabel	1			FESTO	NEBM-T1G8-E-5-N-S1G15	550314	1051	712
Z-akse, enkoderkabel	1			FESTO	NEBM-T1G7-E-5-N-LE7	550306	929	986
X-akse, føring	1	Størrelse: 80, lengde: 600mm		FESTO	ELGA-TB-RF-80-600-0H	1371246	10860	7601
X-akse, aksel kitt	1			FESTO	EAMM-A-N48-80G	1258793	2280	1599
X-akse, motor	1	Motor	360VDC/3.9A	FESTO	EMME-AS-80-M-LS-AM	2093169	8260	5781
X-akse, gir	1	3:1 ratio		FESTO	EMGA-80-P-G3-EAS-80	2297690	3920	2741
X-akse, driver	1	Driver med Profibus mulighet	240VAC/3A	FESTO	CMMP-AS-C2-3A-M3	1501325	12120	8484
X-akse, driver	2		Socket kontakt for driver	PHOENIX	MSTB 2,5/9-ST-5,08-BK		50	50
X-akse, driver	1	Profibus kort		FESTO	CAMC-PB	547450	2680	1877
X-akse, driver	1	Sikkerhetsmodul		FESTO	CAMC-G-S1	1501330	1267	888
X-akse, Profibus plug	1			FESTO	FBS-SUB-9-WS-PB-K	533780	430	430
X-akse, IO plug	1			FESTO	NEFC-S1G25-C2W25-S6	8001372	500	500
X-akse, motorkabel	1			FESTO	NEBM-T1G8-E-5-N-S1G15	550314	1051	712
X-akse, enkoderkabel	1			FESTO	NEBM-T1G7-E-5-N-LE7	550306	929	986
Sum:							102431	89394
Sensorer til verktøyveksler								
Optisk sensor	1	Med reflektorpanel	PNP utgang, 12-24VDC	ELFA	CX-491-P	3763253	788	788
Monteringsbrakett	1			ELFA	MSCX22	3763256	73	73
Endebryter	1			Elmark	TZ -8104	468104	317	317
Kabel	20m	Olje- og kjemikaliebestandig	3x0.75mm2	NEK kabel	NEKFLEX-SO	1093870	500	500
Sum:							1178	1178
Overtrykk								
Trykk ventil	1	Regulerbar	70L/min, 6mm push-in con.	FESTO	LR-QS-6	153541	400	400
T-fittings	1	Pakke: 10 stk	Male 5mm/ 2x6mm Push-in	FESTO	NPQH-T-M5-Q6-P10	578391	46	46
Tubing	1	Pakke : 50m	6mm blå	FESTO	PUN	159664	483	483
T-fittings	1	Pakke: 10 stk	6mm Push-in	FESTO	NPQH-T-Q6-E-P10	578381	41	41
Elbow fittings	1	Pakke: 10 stk	Male 5mm/6mm Push-in	FESTO	NPQH-L-M5-Q6-P10	578277	32	32
Manometer	1	For panel montering	G1/4"Male	FESTO	FMAP-63-1-1/4-EN	161129	289	289
Fittings	1	Pakke: 10 stk	1/4"Female / 6mmPush-in	FESTO	NPQH-D-G14F-Q6-P10	578356	37	37
Sum:							1328	1328
0-punktsystem								
3/2 magnet ventil	1	Solenoid,	6mmPush-in, 24VDC	FESTO	VUVB-L-M32C-AD-Q6-1C1	537468	618	618
Installasjonsplate	1			FESTO	VAME-B10-20-A	576412	134	134
Plug socket	1	Elektrisk tilkoblingsmodul		FESTO	MSSD-EB	151687	19	19
Tubing	1	Pakke : 50m	6mm blå	FESTO	PUN	159664	Se lufttilførsel	
Sum:							771	771
Tilførsel luft								
Trykk ventil	1			FESTO	LR-QS-6		400	400
Tubing	1	Pakke : 50m	6mm blå	FESTO	PUN	159664	438	438
T-fittings	1	Pakke: 10 stk	6mm Push-in	FESTO	NPQH-T-Q6-E-P10	578381	41	41
S-fittings	1	Pakke: 10 stk	1/4"Male / 6mmPush-in	FESTO	NPQH-D-G14-Q6-P10	578341	21	21
Sum:							900	900

Beskyttelsesbarriere								
Pne. lineær føring	1		d=25mm, l=800mm, G1/8	FESTO	DGC-K-25-800-PPV-A-GK		3325	3325
Sikkerhetsventil	2		1/8"Male / 2x6mmPush-in	FESTO	VBNF-LBA-G18-Q6	8001460	494	494
Hastighetsregulert ventil	1		2x6mmPush-in	FESTO	GRO-QS-6	193973	170	170
Solenoid ventil	1		5/2 monostabil, 6mmPush-in, 24VDC, U3 lyddemper	FESTO	VUVS-L20-M52-MD-Q6-U3 - F7-1C1		715	715
Installasjonsplate	1			FESTO	VAME-B10-20-A	576412	134	134
Plug socket	1	Elektrisk tilkoblingsmodul		FESTO	MSSD-EB	151687	19	19
Tubing	1	Pakke : 50m	6mm blå	FESTO	PUN	159664	Se luftilførsel	
Posisjonssensor	2	Proximity med 8m kabel	PNP NO, 2-leder	FESTO	SMT-8M-A-ZS-24V-E-8-OE		577	577
Sum:							5434	5434
Arbeid								
Estimert arbeid for bygging, oppkobling og montering av verktøyveksler, beskyttelsebarriere, overtrykk og 0-punktsystem.					50 timer	500 kroner timen	25000	25000
Estimert arbeid for programmering av styresystem til verktøyveksler.					20 timer	1500 kroner timen	30000	30000
Sum:							55000	55000
Total sum							198763	185726

*Estimerte priser

Oversikt oppnåelse av krav knyttet til verktøyveksleren					
Krav	Systemkrav	Prioritet	Status	Beskrivelse	Merknad
OB_01	-	A		Tilpassning videre utviklinger	
OB_02	-	A		CE-godkjenning	Ikke komplett
OB_03	-	A		Mulig å bestille samt implementere	
OB_04	-	A		Konvertere til et 0-punktssystem	
OB_05	-	A		Risikovurdering for verktøyveksleren	Må gjennomføres
OB_08	-	A		Betales ned iløpet av ett år	Avventer pris
OB_09	-	B		Siemens PLS som styresystem	
BSVV_01	SK_01A/B	A		Beskytte operatør	
BSVV_02	SK_02	B		Redusere håndteringen av elektrodeverktøy	
BSVV_03	SK_03/SK_06	A		Redusere skader	
BSVV_04	SK_04	A		Innebygd sikkerhetssystem	
BSVV_05	SK_05	A		Redusert hastighet	Kun spesifisert 50% av normal drift.
BSVV_06	SK_06	A		Nødstop	
BMVV_01	SK_07A/B/C	A		Levere/motta verktøy til/fra EDM-maskin	
BMVV_02	SK_08	A		Plass til minst to elektrodeholdere	
BMVV_03	SK_09	B		Øke fleksibiliteten til EDM-maskinen	
BMVV_04	SK_10A/B	B		Må konstrueres med tanke på slitasje	
BEA_01	SK_11	A		Høyden på verktøyveksleren skal tilpasses operatørene	
BEA_02	SK_12	A		Mulig å komme seg rundt EDM-maskin	
BEA_03	SK_13	B		Arbeidsplass på EDM-maskinen	
BEA_04	SK_14	C		Elektrodeholderen skal gjøres mer håndterbar	
BEVV_01	SK_15	B		Styresystemet skal kommunisere med verktøykontrollsystemet	
BEVV_02	SK_16	A		Stabil opp- og nedkjøring	
BEVV_03	SK_17	A		Tilbakemelding om heiset/senket stilling	
BEVV_04	SK_18	C		Beskyttelsesbarriere skal være med i styresystemet	
BEVV_05	SK_19	A		Styres manuelt fra operatørstasjon	
	Krav oppfylt				
	On hold				
	Krav ikke oppfylt				

Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129

Cash flow

EDM 5129 GAMMEL

Elektrodestaver:

NOK/sett	1313
Antall bruk	30
Sum pr. del	43.77 NOK
Sum deler i året	459585 NOK

EDM 5129 NY (system 3R)

Elektrodeblokker:

NOK/sett	1222
Antall bruk	74
Sum pr. del	16.51 NOK
Sum deler i året	173355 NOK

KOSTNADER OMBYGGING

Ombygging til system 3R	42171 NOK
Maskindeler med arbeid	110179 NOK
Elektro med arbeid	185726 NOK
Sum uten verktøykontroll	338076 NOK

Verktøykontrollsystem	99420 NOK
Sum med verktøykontroll	437496 NOK

Besparelse:

EDM 5129 gammel	459585
EDM 5129 ny	173355
Sum bespart	286230 NOK

Forutsetninger:

Arbeidsdager i året:	350
Ant. deler i timen:	2
Ant. timer om dagen:	15
Ant. deler om dagen:	30
Ant. deler i året:	10500

Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129

Cash flow

År	EDM 5129 GAMMEL	EDM 5129 NY uten verktøykontroll	EDM 5129 NY med verktøykontroll	EDM 5129 NY uten verktøykontroll	EDM 5129 NY med verktøykontroll
0	0	338076	437496	-338076	-437496
1	459550	511468	610888	-51918	-151338
2	919100	684860	784280	234240	134820
3	1378650	858252	957672	520398	420978
4	1838200	1031644	1131064	806556	707136
5	2297750	1205035	1304455	1092715	993295
6	2757300	1378427	1477847	1378873	1279453
7	3216850	1551819	1651239	1665031	1565611
8	3676400	1725211	1824631	1951189	1851769
9	4135950	1898603	1998023	2237347	2137927
10	4595500	2071995	2171415	2523505	2424085

Forutsetninger:

Arbeidsdager i året: 350

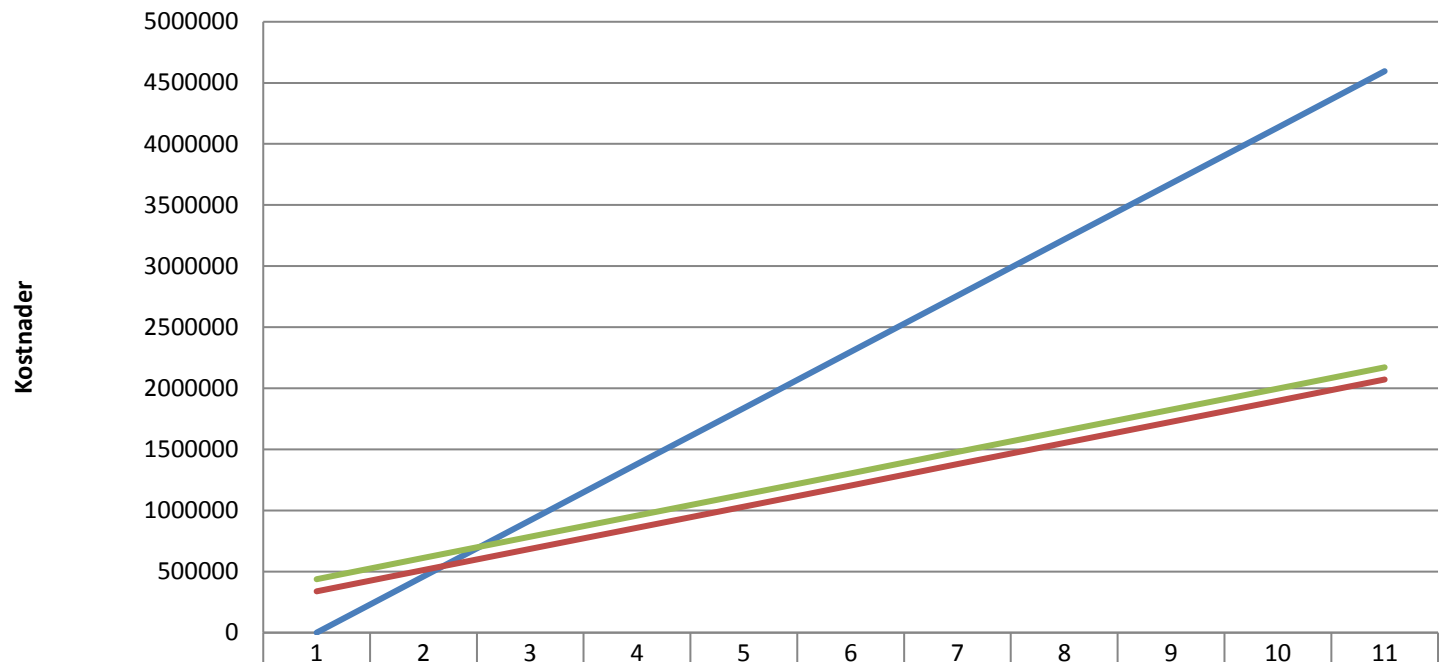
Ant. deler i timen: 2

Ant. timer om dagen: 15

Ant. deler om dagen: 30

Ant. deler i året: 10500

Kostnadsoversikt EDM 5129



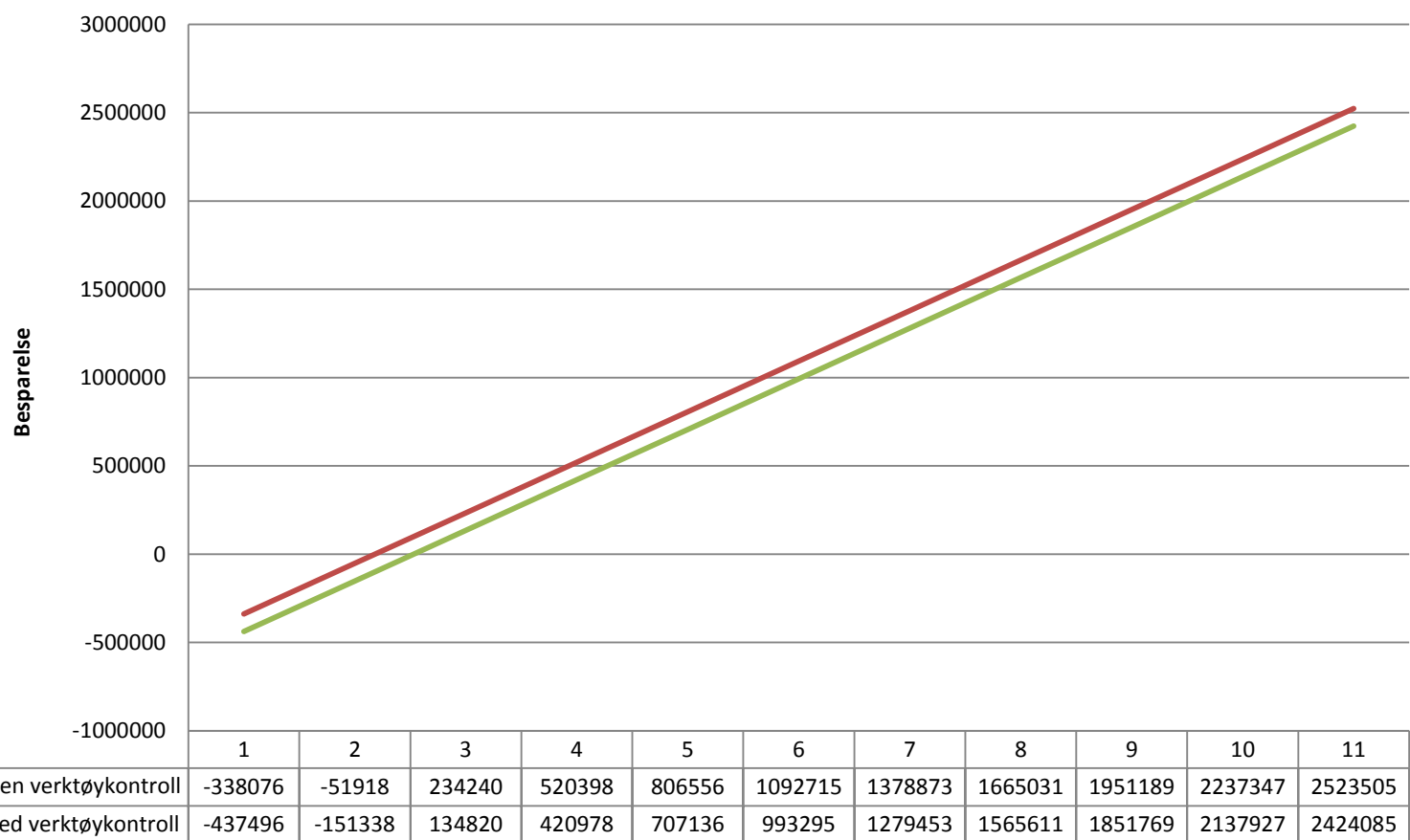
EDM 5129 GAMMEL	0	459550	919100	1378650	1838200	2297750	2757300	3216850	3676400	4135950	4595500
EDM 5129 NY uten verktøykontroll	338076	511468	684860	858252	1031644	1205035	1378427	1551819	1725211	1898603	2071995
EDM 5129 NY med verktøykontroll	437496	610888	784280	957672	1131064	1304455	1477847	1651239	1824631	1998023	2171415

Kostnader dagens system = NOK 43,77 per del

Kostnader nytt system uten verktøykontroll = kostnader ombygging uten verktøykontroll + NOK 16,51 per produsert del

Kostnader nytt system med verktøykontroll = kostnader ombygging med verktøykontroll + NOK 16,51 per produsert del

Besparelser ny oppsett EDM 5129 i forhold til dagens situasjon



Besparelse = kostnader dagens system - kostnader nytt system

Kostnader dagens system = NOK 43,77 per del

Kostnader nytt system = kostnader ombygging + NOK 16,51 per produsert del



Konstruksjon

Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM-maskin 5129

Prosjektgruppe: Eirik Brendeløkken (EB)
Morten A. Kjær (MK)
Erik Michalsen (EM)
Mark A. Steffens (MS)

Prosjektleder: Erik Michalsen

Intern veileder: Kjell Enger

Kunde: GKN Aerospace Norway AS

Ekstern veileder: Even Engebakken

Konsept

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	3
1.1. Formål med dokumentet	3
1.2. Liste over definisjoner og forkortelser	4
1.3. Oversikt	5
2. Dokumenthistorie	6
3. Maskin	7
3.1. Monteringsavisning	8
3.2. Tegningsunderlag	9
4. Elektro	10

Konsept

1. Innledning

1.1. Formål med dokumentet

Formålet med konstruksjonsdokumentet er å dokumentere alt av tegningsgrunnlag for maskin og elektro i prosjektet *Produktoptimalisering – Oppgradering av EDM-maskin 5129*. Konstruksjonsdokumentet legger grunnlaget for alle produksjonstegninger av komponenter/sammenstillinger, samt alle tegninger knyttet til el og pneumatikk.

Dokumentet er knyttet til designdokumentet, se *Design*.

Strukturen av dokumentet er satt opp uten sidetall da det vil ligge store PDF dokumenter under alle kapitler.

Konsept

1.2. Liste over definisjoner og forkortelser

Definisjoner/forkortelser	Beskrivelse
EDM	Electrical Discharge Machining
GAN	GKN Aerospace Norway

Tabell 1. Liste over definisjoner og forkortelser

Konsept**1.3. Oversikt**

Dette dokumentet er satt opp på slik måte at det tilfredsstiller intern og ekstern veileder.

Kapittel 3 inneholder dokumenter knyttet til maskin. Dette gjelder monteringsanvisning og tegningsunderlag.

Kapittel 4 inneholder tegninger knyttet til elektro.

Konsept

2. Dokumenthistorie

Versjon	Kommentar	Forfatter	Dato
0.1	Dokument opprettet.	EB	17.05.2015
1.0	Dokument ferdigstilt	EB	19.05.2015

Konsept**3. Maskin**

For maskindelen av prosjektet har det blitt utarbeidet produksjonstegninger i 3D modelleringsprogrammet SolidWorks. Alle modeller har blitt målsatt på 2D tegninger som er tilpasset produksjon hos GAN, eller en ekstern produksjonsbedrift. Under følger et dokument på 76 sider som viser hvordan alle deler og sammenstillinger skal produseres og monteres.

Konsept

3.1. Monteringsavisning

Prosjektgruppen har valgt å lage en monteringsanvisning som skal benyttes når det arbeides med oppgraderingen av EDM-maskin 5129. Dette dokumentet gir en steg for steg forklaring på hvordan man skal montere alle komponentene til sammenstillinger, og senere sammenstillingene til et totalt system skal gjøres. I tillegg til dette finnes det en liste over alt festemateriell som skal benyttes.

Konsept**3.2. Tegningsunderlag**

Tegningsunderlaget som er lagt ved består av 76 individuelle sider med deltegninger, sammenstillingstegninger og tilleggs-tegninger som dekker montering. Tegningene dekker mål, materialer, toleranser og hvor det er mulig å kjøpe varer fra.

Konsept

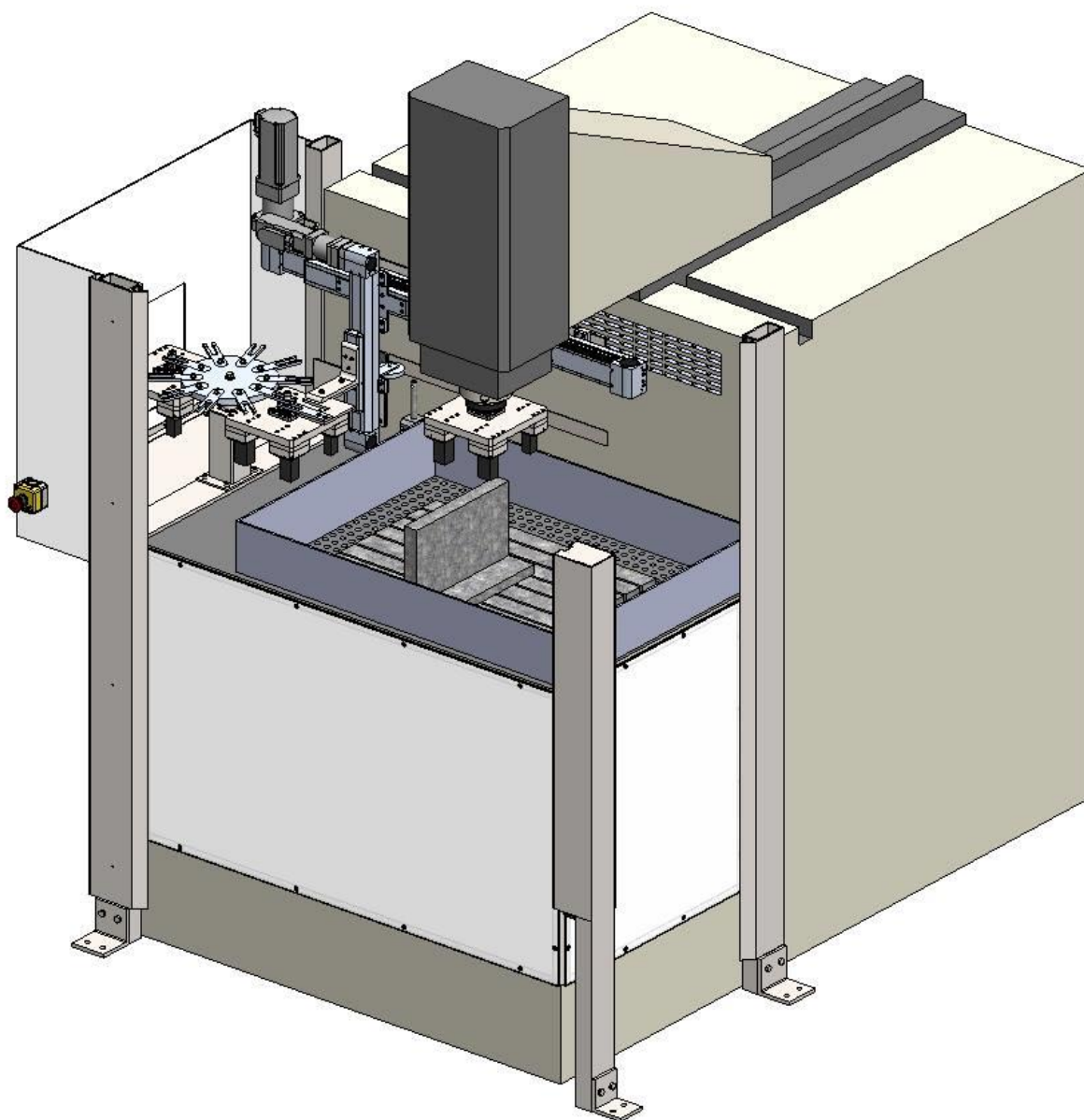
4. Elektro

Den elektrotekniske dokumentasjonen inneholder utstyrsindekser og flyt- og kretsskjemaer for utstyr- og oppkoblingsoversikt som skal brukes når verktøyvekslersystemet, beskyttelsesbarriere og 0-punktsystem skal bestilles, implementeres og bygges. Det forlegger ikke ren dokumentasjon for PLS-program, men funksjonsforklaringer og annet relevant informasjon som må brukes ved design av et slik system.

Dokumentasjonen er laget i tegneprogrammet VISIO, og inneholder 55 sider, samt et vedlegg på 5 sider viser utstyrsoversikt med spesifikasjoner, komponentkoder og del nummer for bestilling.

Monteringsanvisning

Produksjonsoptimalisering – Oppgradering av EDM maskin 5129



Monteringsanvisning

Monteringsanvisning

Da produktet som prosjektgruppen leverer til GAN er et fullstendig dokumentunderlag, så prosjektgruppen det som nødvendig å legge ved en monteringsanvisning for den mekaniske delen av prosjektet. Dette dekker alle sammenstillingene som er designet for EDM-maskin 5129, og som skal bygges i og rundt maskinen. Monteringsanvisningen spesifiserer hvordan alle sammenstillingene skal monteres, samt hvilke festemateriell som skal brukes. Det er også utarbeidet et kapittel for den totale sammenstillingen.

Monteringsanvisningen er tilknyttet dokumentet, se *Konstruksjon*, og dette betyr at det refereres til aktuelle 2D tegninger under kapittel 3, maskin. Det vil derfor være behov for å ha dette dokumentet tilgjengelig da konstruksjonen skal bygges. Det vil være nødvendig å ha alle deler til konstruksjonen ferdig maskinert før monteringen starter.

Liste over festemateriell:

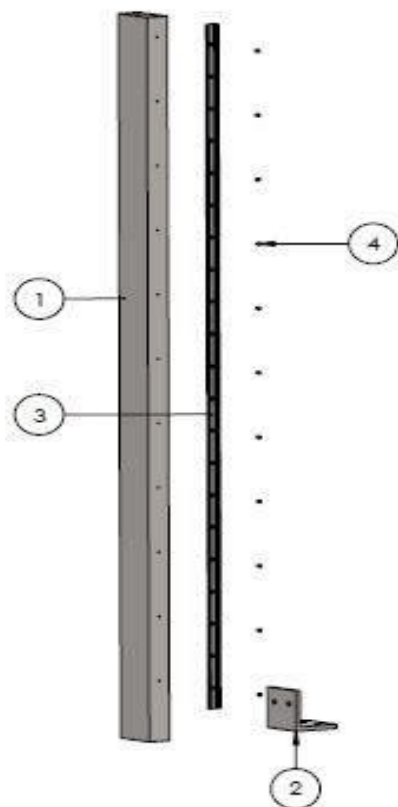
Denne listen inneholder alt festemateriell som skal benyttes under oppgraderingen av EDM-maskin 5129.

Type	Antall:	Type	Antall:
ISO 4017 – M8x16-N – Bolt	9	ISO 10642 – M4x8 – Nedsenket	22
ISO 4017 – M10x20-N – Bolt	11	ISO 10642 – M6x16---16S - Nedsenket	40
ISO 4017 – M12x30-N – Bolt	8	ISO 7040 – M6 – S – Låsemutter	40
ISO 10642 – M5x12---12N – Nedsenket	8	ISO 7040 – M4 –S – Låsemutter	8
ISO 4162 – M5x35x16-N – Bolt	1	ISO 7380 – M4x16N---16N - Bolt	8
ISO 4162 – M8x20x20-N – Bolt	10	ISO 4762 – M5x12---12N - Bolt	16
ISO 4162 – M10x35x35-N – Bolt	1	ISO 1458 – ST3,5x2,6-C-N – Selvborende	16
ISO 7043 – M5-N – Låsemutter	1	DIN 625 – Lager	2
ISO 10669 – 5,4-N - Skive	2	M12 Innslagsanker	8
ISO 10642 – M6x16---N – Bolt	2	ISO 7091 – 5 – Skive	2
ISO 4766 – M8x12-N – Bolt	2	ISO 8752 – 5x26-St – Fjær pin	2
ISO 4762 – M5x10-N – Bolt	4	ISO 4762 – M8x35---35C Bolt	1
ISO 4762 – M5x16---16N – Bolt	53	ISO 7040-M8-N – Låsemutter	1
ISO 4762 – M8x16-N – Bolt	4		
DIN EN ISO 8748 – 3x14-St – Fjær pin	2		

Sammenstilling_Rammeverk_Barriere

Aktuelle tegninger: Side nr. 4 – 7 i konstruksjonsdokumentet.

Montering:



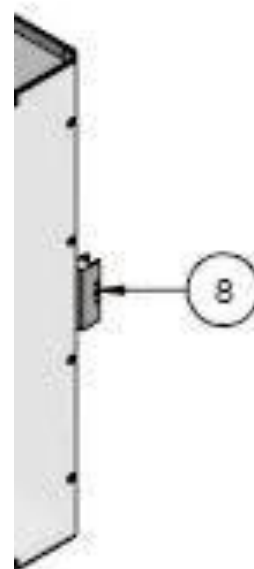
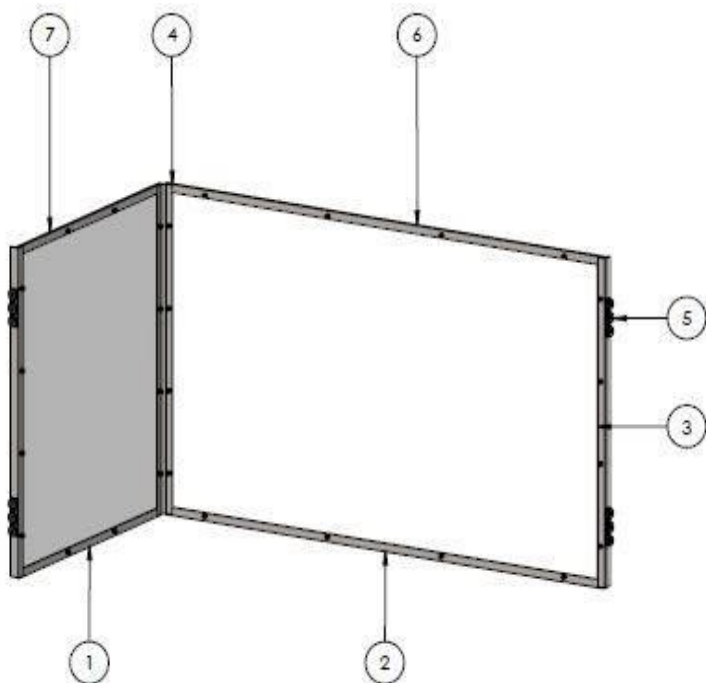
1. Fra tegning 4: Monter del 2 (vinkel) til del 1 (bjelke) i riktig posisjon. Det brukes to stk. *ISO 4017 - M10 x 20mm* bolter.
2. Videre skal del nummer 3 (skinne) festes til del nummer 1 med 11 stk. *ISO 10632 - M4 x 8mm* nedsenkbare skruer.
3. Rammeverket festes i gulvet i riktig posisjon (se side 75) med to stk. *ISO 4017 M12 x 30mm* bolter.

Sammenstilling Stillbar Barriere

Aktuelle tegninger: Side nr. 8 – 16 i konstruksjonsdokumentet.

Montering:

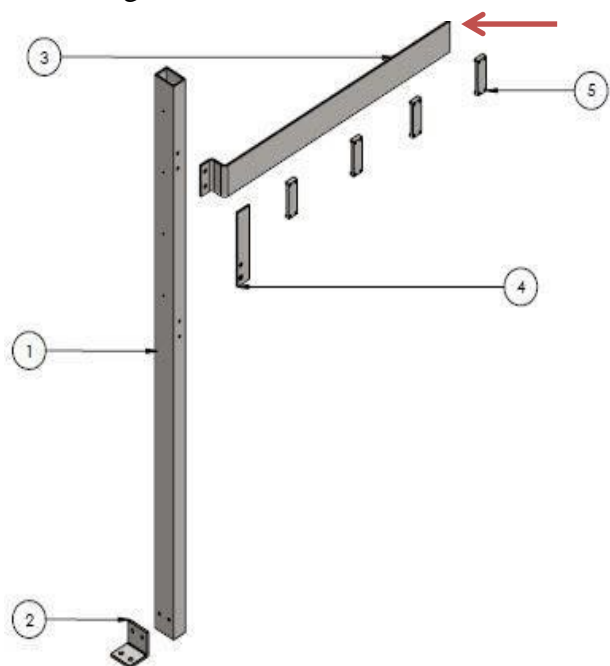
1. Fra tegning 8: Start med å feste del 8 (festekloss mot sylinder) til del nummer 4 (vinkel midt). Dette gjøres via sveising, og klossen skal plasseres i senter (vertikal retning) som vist på tegning.
2. Videre skal del 1 (pleksiglass kort) og del 2 (pleksiglass lang) monteres til del 4 som vist på tegning. Bruk 8 stk. *ISO 10642 - M6 x 16mm* nedsenkbare skruer og 8 stk. *ISO 7040 - M6* låsemutter.
3. Montere så del 3 (vinkel hjørne) på hver sin side av barrieren. Legg merke til at vinkelens lengste siden skal ligge mot pleksiglasset på den siden som skal inn mot EDM-maskinen. Det brukes her 8 stk. *ISO 10642 - M6 x 16mm* nedsenkbare skruer og 8 stk. *ISO 7040 - M6* låsemutter.
4. Del 6 (vinkel lang) og del 8 (vinkel kort) monteres så på barrieren. Bruk her resterende *ISO 10642/7040 - M6* nedsenkbare skruer og låsemuttere
5. Til slutt skal det festes på fire vogner (del 5) på hjørne vinklene. Det brukes 8 stk. *ISO 7380 - M4 x 16mm* knapphode skruer og 8 stk. *ISO 7040 - M4* låsemuttere.



Monteringsanvisning
Sammenstilling_Rammeverk_Lineæraktuator

Aktuelle tegninger: Side nr. 17 – 22 i konstruksjonsdokumentet.

Montering:



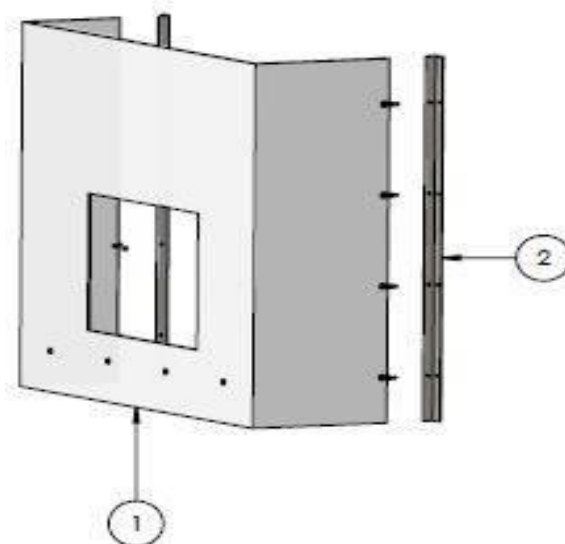
1. Fra tegning 17: Start med å montere del 2 (vinkel) til del 1 (bjelke) med 2 stk. *ISO – 4017 - M10 x 20mm* bolter. Vinkelen skal senere festes i gulvet via 2 stk *ISO 4017 - M12 x 30mm* bolter og 12mm innslagsanker.
2. Del tre (flattstål) festes med to stk *ISO 4017 - M10 x 20mm* bolter som viste på tegningen.
3. Del 4 sveises fast i del 3 på målet: fra enden merket med pil: 764mm til senter på del 4. og skal senere festes i EDM-maskinen med 1 stk. *ISO 4017 - M10 x20mm* bolt.
4. Fire stk. monteringsklosser (del 5) skal sveises på del 3. Første mål er fra ende del 3 (se pil) til senter første kloss. Videre er mål fra senter til senter på klossene
 - Til første kloss: 61,5mm
 - Til andre kloss: 275mm
 - Til tredje kloss: 251mm
 - Til fjerde kloss: 275mm

Sammenstilling_Fast_Barriere

Aktuelle tegninger: Side nr. 23 – 25 i konstruksjonsdokumentet.

Montering:

1. Fra tegning 23: Monter vinklene (del 2) til pleksiglasset (del 1) med 8 stk. *ISO 10642 – M6 x 16mm* nedsenkbare skruer og 8 stk. *ISO 7040 – M6* låsemuttere.
2. Den faste barrieren skal senere monteres til rammeverket for lineær aktuatoren og rammeverket til den roterende elektrodeholderen med 8 stk. *ISO 4762 – M5 x 12mm* bolter. I tillegg festes den til bordet med 4 stk. *ISO 10642 – M6 x 16mm* og 4 stk. *ISO 7040 – M6* låsemuttere

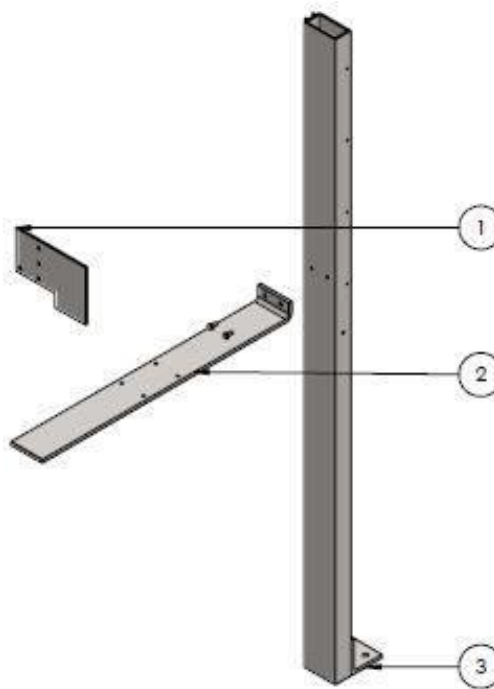


Sammenstilling_Rammeverk_Verktoyholder

Aktuelle tegninger: Side nr. 28 – 33, samt side 7 i konstruksjonsdokumentet.

Montering:

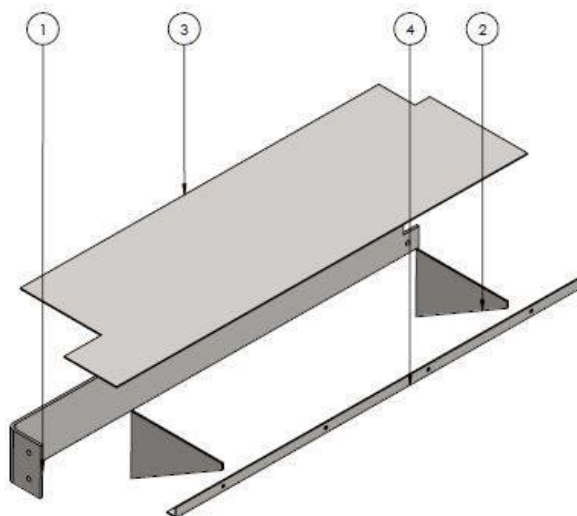
1. Fra tegning 31: Fest del 2 (vinkel) til del 1 (bjelke) med to stk. *ISO 4017 – M10 x 20mm* bolter. Del 3 (skinne) festes også med 11 stk. *ISO 10642 – M4 x 8mm* nedsenkbare skruer.
2. Fra tegning 28: Del 1 (ramme_verktoyholder_1) sveises til del 2 (ramme_verktoyholder_2) som vist på tegning.
3. Monter del 2 til del 3 (rammeverk) med 2 stk. *ISO 4017 – M8 x 16mm* bolter.
4. Rammeverket skal festes i EDM-maskinen med tre stk. *ISO 4017 – M8 x 16mm* bolter.
5. Rammeverket festes til gulv med to stk. *ISO 4017 – M12 x 30mm* bolter og 12mm innslagsanker.



Sammenstilling_Bord

Aktuelle tegninger: Side nr. 34 – 38 i konstruksjonsdokumentet.

Montering:



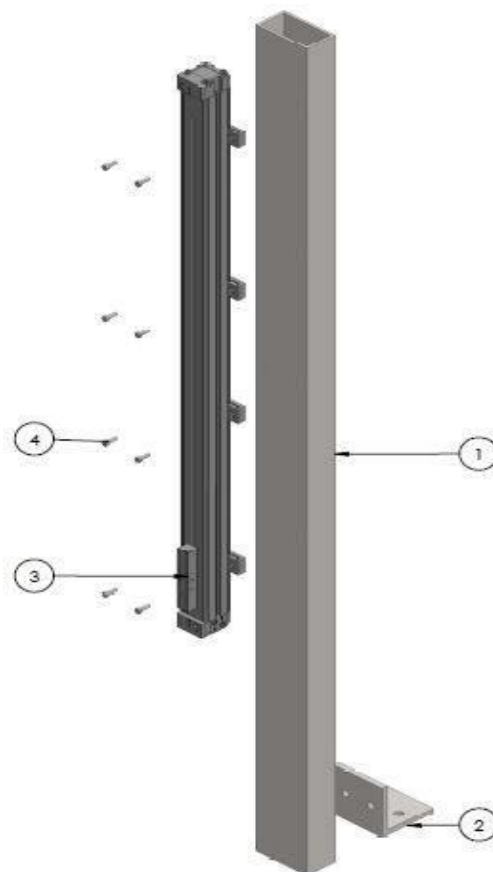
1. Hele konstruksjonen sammenføres via sveising. Se tegning nr. 76 for mål.
2. Festes til rammeverket for lineære føringer med to stk. *ISO 4017 – M8 x 16mm* bolter, og rammeverket til den roterende verktoyholderen med en *ISO 4017 – M8 x 16mm* bolt.
3. Bord og fast barriere festes sammen som nevnt i Sammenstilling_Fast_Barriere, punkt 2.

Sammenstilling_Rammekonstruksjon_For_Pneumatisk_Sylinder

Aktuelle tegninger: Side nr. 41 – 44 i konstruksjonsdokumentet.

Montering:

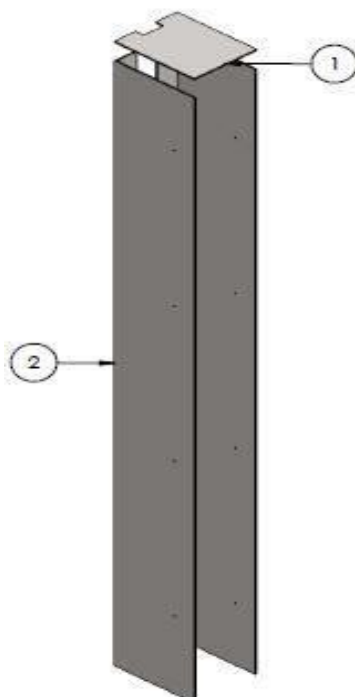
1. Fra tegning 41: Monter del 2 (vinkel) til del 1 (bjelke) med to stk. *ISO 4017 – M10 x 20mm* bolter. Vinkelen skal også festes i gulvet med to stk. *ISO 4017 – M12 x 30mm* bolter med tilhørende innslagsanker.
2. Monter til slutt del 3 (pneumatisk føring) til del 1 ved å bruke 8 stk. *ISO 4762 – M5 x 16mm* bolter.



Sammenstilling_Beskyttelse_Pneumatisk_Føring

Aktuelle tegninger: Side nr. 45 – 47 i konstruksjonsdokumentet.

Montering:



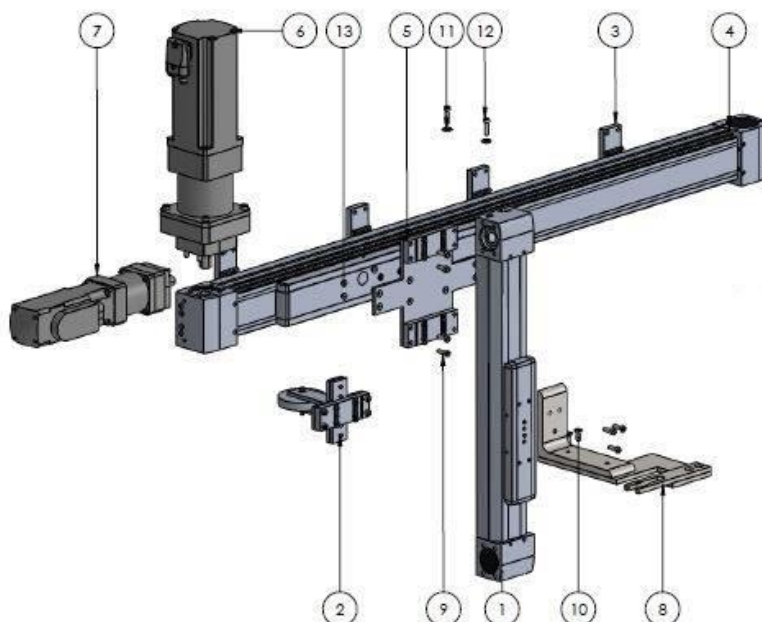
1. Fra tegning 45: Som vist på tegning skal del 1 (lokk) og to stk. av del 2 (side) sammenføres via sveising.
2. Beskyttelses skal senere festes i rammeverket for den pneumatiske sylindren med 8 stk. *ISO 1458 – ST 3,5 x 2,6* selv-borende skruer.

Monteringsanvisning

Sammenstilling Føring med Motorer

Aktuelle tegninger: Side nr. 48 – 65 i konstruksjonsdokumentet.

Montering:

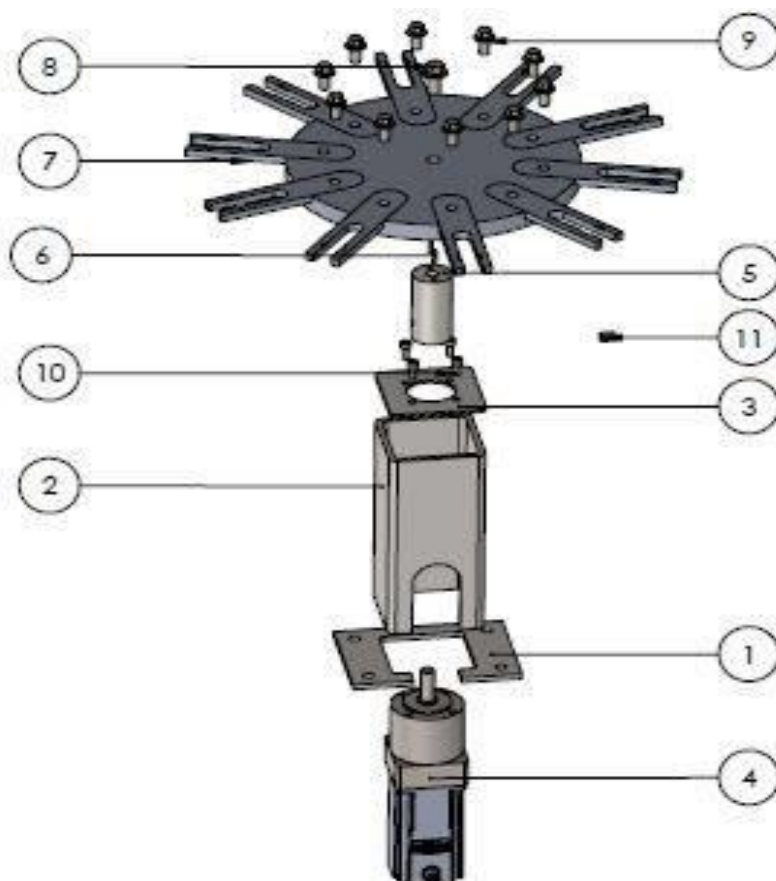


1. Fra tegning 50: Start med å feste to stk. av del 3 (vinkel) til del 1 (monteringskloss) med fire stk. *ISO 4762 – M5 x 16mm bolter*.
2. Det skal brukes 2 stk. *DIN 625* lager i hjulene. Disse presses inn før hjulet kan monteres mellom vinklene.
3. Fest videre del 5 (hjul) mellom vinklene med festemateriellet: 1 stk. *ISO 4162 – M5 x 35mm*, 1 stk. *ISO 7043 – M5 låsemutter*, samt 2 stk. *ISO 7091 – 5 skive*. Følg tegning for riktig plassering.
4. Avlastingskonstruksjonen kan festes på vertikal føring når del 2 (monteringskloss 70 føring) er festet på selve føringen. Den festes med 4 stk. *ISO 4762 – M5 x 16mm bolter*
5. Fra tegning 58: Del 1 (monteringsklossen mellom føringene) kan festes til to stk. av del 2 (monteringskloss 70 føring) etter at disse er festet på den vertikale føringen.
6. Fra tegning 62: Monter del 3 (lang vinkel) til del 2 (vinklet arm) med 2 stk. *ISO 4762 – M5 x 16mm bolter* og to skiver av typen *ISO 10669 x 5,4*
7. Del 2 (byttbar holder) monteres til den vinklede armen med 2 stk. *ISO 10642 – M6 x 16mm nedsenkbare skruer*.
8. Fra tegning 48: Komponentene fra Festo monteres som anvist på tegning. Dette gjelder del 3, 6 og 7. Del 3 (monteringskloss 80 føring) skal monteres slik at de passer med del 5 på tegning 17.
9. Monter del 5 (monteringskloss mellom føring) til del 4 (80 føring) med 8 stk. *ISO 10642 – M5 x 12mm nedsenkbare skruer*. Vertikal føring kan festes til del 5 med 4 stk. *ISO 4762 – M5 x 16mm bolter*.
10. Del 2 (avlastingskonstruksjon) festes slik som anvist i punkt 3.
11. Del 8 (vinklet elektrodeholder) festes til vertikal føringens guide med 3 stk. *ISO 4762 – M5 x 16mm bolter*.
12. Føringen festes til rammeverket med 16 stk. *ISO 4762 – M5 x 16mm bolter*.

Sammenstilling_Verktoyholder_Med_Elektrodeholdere

Aktuelle tegninger: Side nr. 66 – 74 i konstruksjonsdokumentet.

Montering:



1. Fra tegning 72: Montere ti stk. av del 2 (byttbar holder) til del 1 (holdehjul). Dette gjøres som anvist på tegning med 10 stk. *ISO 4162 – M8 x 20 x 20* bolter.
2. Fra tegning 66: Del 1 (bunnplate), del 2 (hus) og del 3 (topplate) skal sveises sammen. Som vist på tegning.
3. Komponenter fra Festo (4) skrus sammen som anvist fra leverandør.
4. Del 4 (Motor og gir) festes til topplaten når denne er sammenføyd som anvist i punkt 2. Den festes med 4 stk. *ISO 4766 – M8 x 12* bolter.
5. Montering av del 5 (aksel) krever at akselen på giret blir bearbeidet slik som det er beskrevet i dokumentet, se *design* i underkapittel: *nedre del*. Den festes med 2 stk. *ISO 4766 – M8 x 12mm* settskruer.
6. Monter til slutt del 7 (øvre del av verktøyveksleren) i akselen ved å bruke 2 stk. *DIN EN ISO 8748 – 3 x 14mm* låsepinner for riktig posisjon, samt en *ISO 4162 M10 x 35 x 35mm* bolt.
7. Avslutningsvis kan den roterende verktøyveksleren monteres til rammeverket for verktøyholderen (side 28). Dette gjøres med 4 stk *ISO 4762 – M8 x 16mm* bolter.

Monteringsanvisning

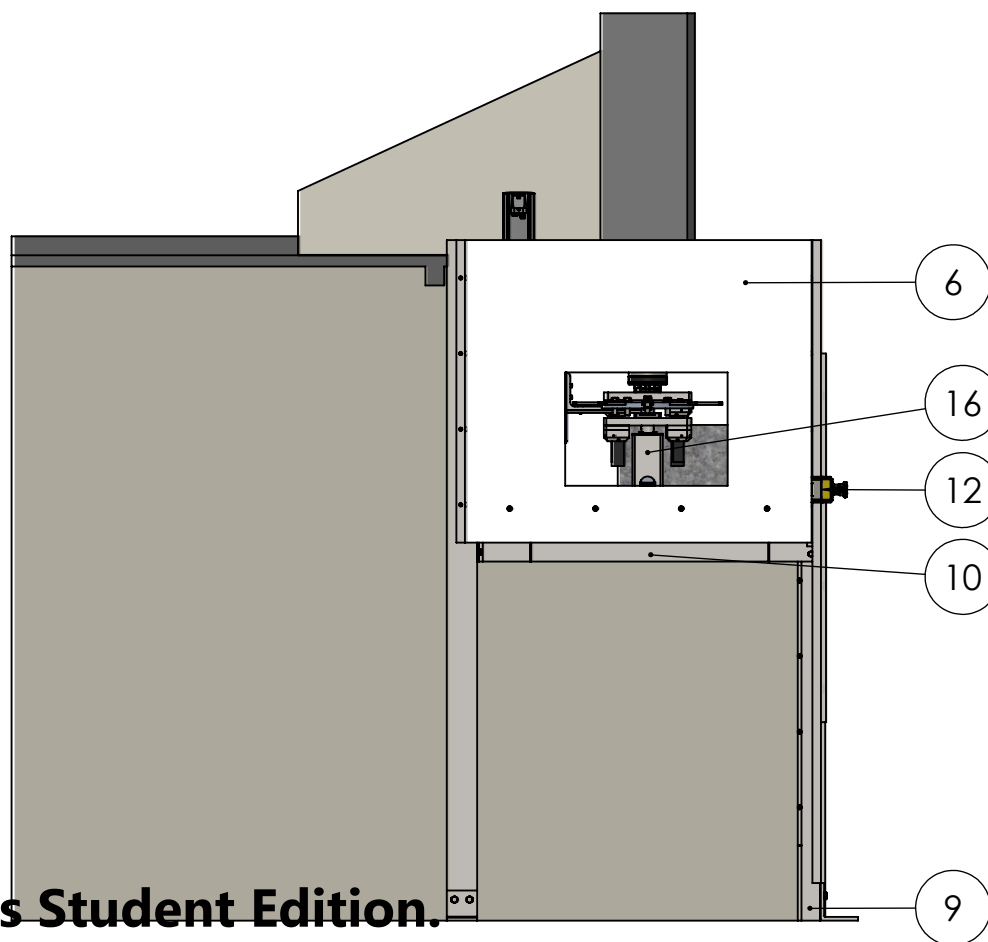
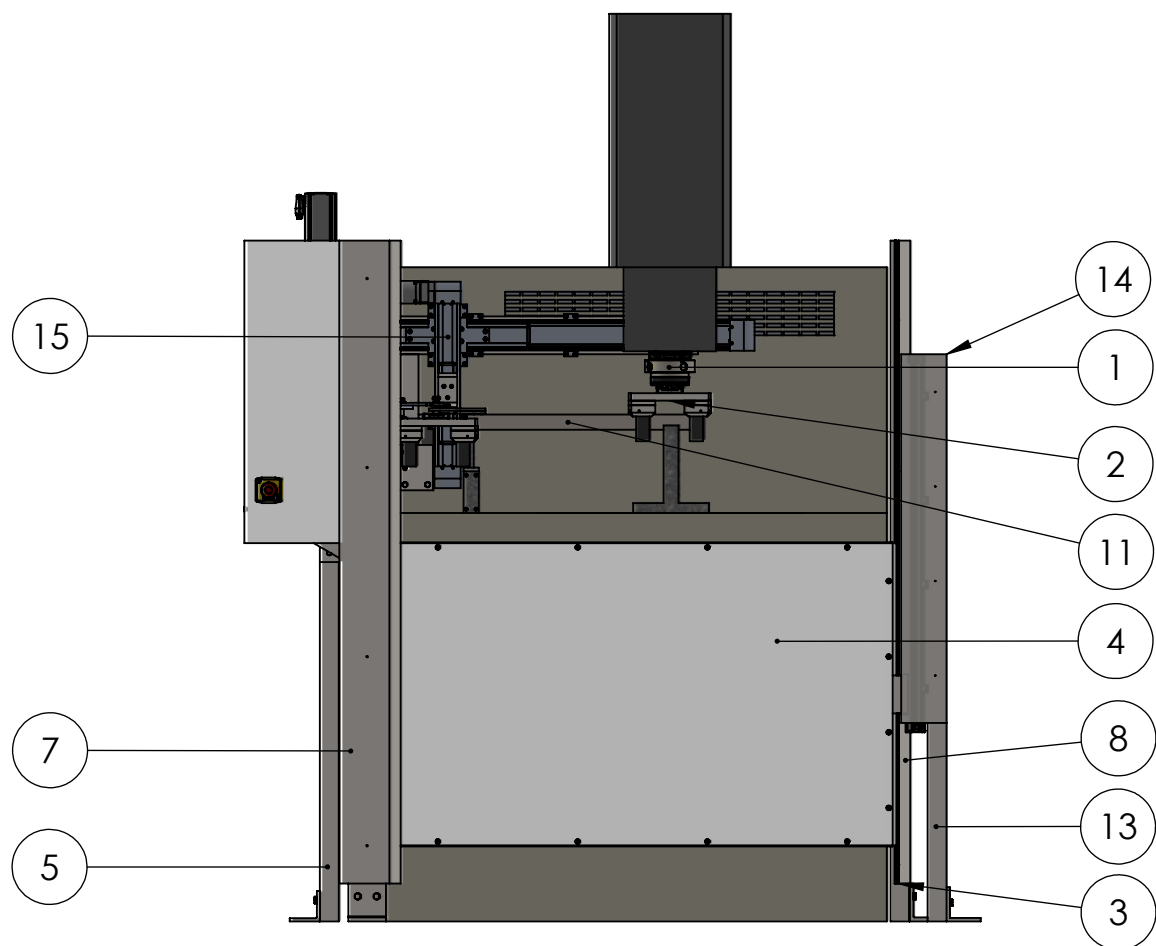
Sammenstilling EDM-maskin 5129

For å gjøre arbeidet med å monter alle komponentene sammen enklere, har prosjektgruppen laget en sammenstillingsplan som skal benyttes. Det kreves at alle mindre sammenstillinger en konstruert før monteringen starter.



1. Start med å montere alle rammeverk som anvist på tegning. Følg målsettingen på side 75
2. Montere sammenstillingen for de lineære føringene på rammeverket. Monteres med angitte skruer fra punkt 11 under Sammenstilling_Føring med_Motorer.
3. Monter den roterende verktøyveksleren som vist på tegning 1. Gjør som anvist i punkt 7 under Sammenstilling_Verktoyholder_Med_Elektrodeholdere
4. For å montere den stillbare sikkerhetsbarrieren blir det nødvendig å senke denne ned fra oversiden i skinnene som den skal gå i. Monter så barrieren til den pneumatiske føringen med festemateriellet: 2 stk. *ISO 8752 – 5x26-St*, 1 stk. *ISO 4762 – M8x35---35C* og 1 stk. *ISO 7040-M8-N*.
5. Den faste barrieren skrues fast i rammeverket for lineære føring og rammeverket for den roterende verktøyveksleren som det er forklart i punkt 2 under Sammenstilling_Fast_Barriere
6. Til slutt skal beskyttelsesdekslene monteres. Dette gjøres ved å bruke 16 stk. *ISO 1458 – ST3,5x2,6-C-N*. Fest beskyttelsesdekslene på rammeverket for barrieren, og rammeverket roterende verktøyveksler som anvist på side 1 i tegningsunderlaget. De vinklede kantene av beskyttelsesdekslene skal inn mot barrieren. Beskyttelsesdekslet for den pneumatiske føringen monteres rett på rammen. Det er kun en måte å montere denne på.

Andre komponenter:

1. Rulleplaten som hjulet på avlastingskonstruksjonen skal rulle mot festes i EDM-maskinen ved sveising. Dette gjøres uten gitte mål da den må tilpasses skruer og lignende som finnes på EDM-maskinen i dag.
2. Nødstop brytere festes til EDM-maskinen etter ønske. Det er krav om at nødstop bryteren skal stå 50 cm fra innlastingspunkt for elektrodeholdere og VAINS. Operatør må kunne nå nødstoppen på begge arbeidsplasser.

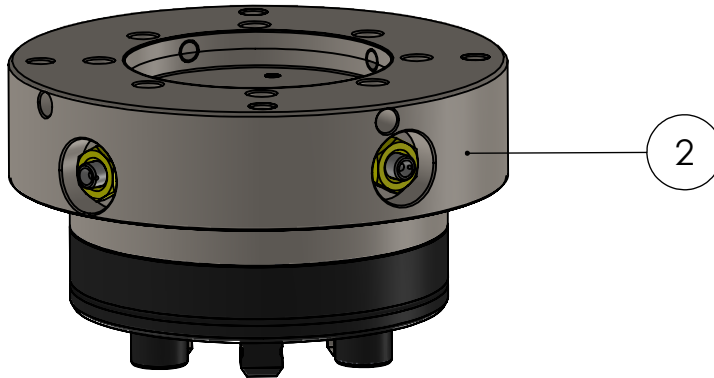
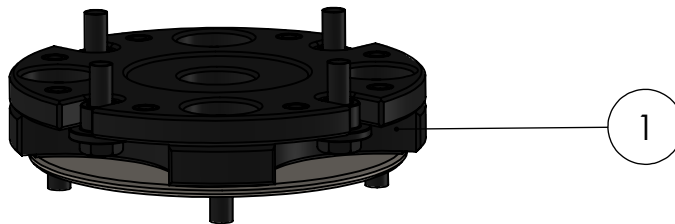
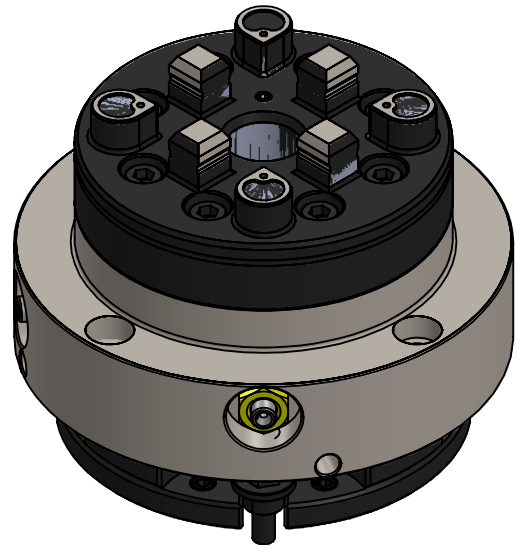


ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Sammenstilling_Chuck_Adapter	Check part	CA-001	1
2	Elektrodeholder_Sammenstilling_Med_Adapter	Check part	EH-001	1
3	Sammenstilling_Rammeverk_Barriere	Check part	BB-201	1
4	Sammenstilling_Stillbar_Barriere	Check part	BB-401	1
5	Sammenstilling_Rammeverk_Lineæraktuator	Check part	RL-001	1
6	Sammenstilling_Fast_Barriere	Check part	BB-301	1
7	Beskyttelsesdeksel_Rammeverk_Verk_tøyholder	Check part	BB-001-1	1
8	Beskyttelsesdeksel_Rammeverk_Barriere	Check part	BB-201-2	1
9	Sammenstilling_Rammeverk_Verk_tøyholder	Check part	RV-001	1
10	Sammenstilling_Bord	Check part	B-001	1
11	Rulleplate_For_Hjul	Check part	RH-001	1
12	Emergency_Stop_Button_-_Assy	Check part	ES-001	1
13	Sammenstilling_Rammekonstruksjon_For_Pneumatisk_Sylin der	Check part	RP-131	1
14	Sammenstilling_Beskyttelse_Pneumatisk_Føring	Check part	BP-001	1
15	Sammenstilling_Føringer_med_motorer	Check part	LF-001	1
16	Sammenstilling_Verk_tøyholder_Med_Elektrodeholdere	Check part	VV-001	1
17	ISO 7040-M6-N	Storage	111	1
18	torque nut 01_iso	Storage	111	3
19	ISO 4762 M5 x 16 --- 16N	Storage	111	16
20	ISO 4762 M8 x 16 --- 16N	Storage	111	4
21	ISO 4017 - M8 x 16-N	Storage	111	6
22	ISO 4017 - M10 x 20-N	Storage	111	9

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	REVISION: A	
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	04.05.2015	Sammenstilling_EDM-Maskin_5129
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen	05.05.2015	
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015		
Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129				DWG NO. 111 SCALE: 1:20 SHEET 1	

**SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.**

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	3R-A3620	Order	111	1
2	3R-600_1-30_NySammenstilling	Order	111	1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

Designed by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

04.05.2015

Checked by:

Eirik Michalsen

Eirik Michalsen

05.05.2015

Approved by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

10.05.2015

TITLE:

Sammenstilling_Chuck_Adapter

DWG NO.

CA-001

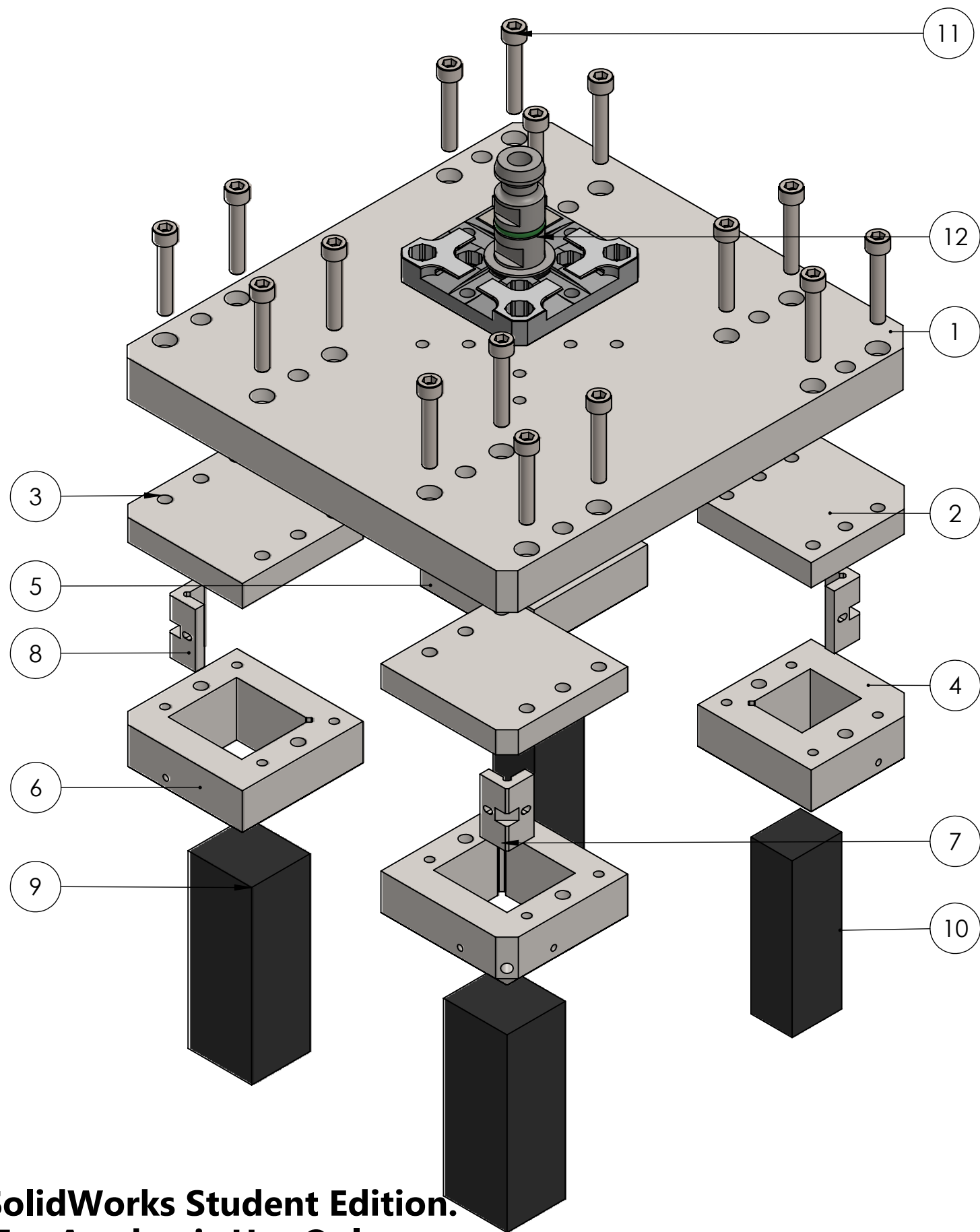
A4

SCALE: 1:2

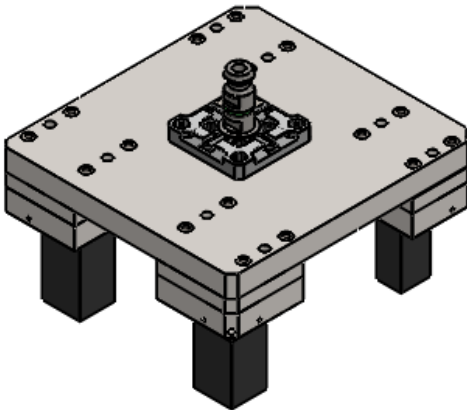
SHEET 2

**SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.**


*Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129*



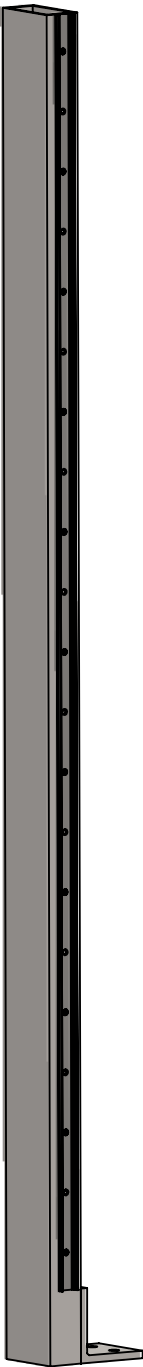
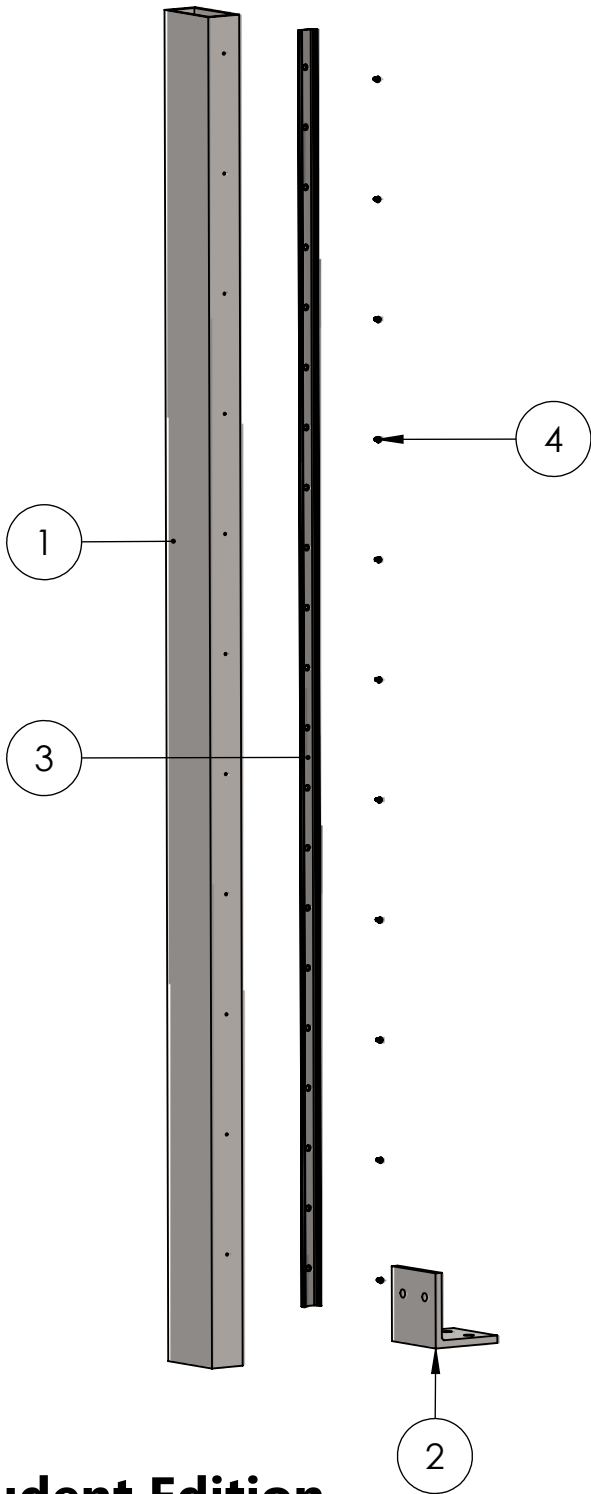
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Elektrodeholder_Grunn plate	Storage	111	1
2	Elektrodeholder_Distansekløss_1_Pos25	Storage	111	2
3	Elektrodeholder_Distansekløss_3_Pos24	Storage	111	2
4	Elektrodeholder_Holder_1	Storage	111	1
5	Elektrodeholder_Holder_2	Storage	111	1
6	Elektrodeholder_Holder_3	Storage	111	1
7	Elektrodeholder_Holder_4	Storage	111	1
8	Elektrodeholder_Låsekløss	Storage	111	4
9	Elektrode_Lang	Storage	111	2
10	Elektrode_Kort	Storage	111	2
11	ISO 4762 M6 x 35 --- 24C	Storage	111	16
12	Sammenstilling_Pallet_Drawbar	Storage	111	1




SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A	
NAME		SIGNATURE		DATE	TITLE:			
Designed by:		Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	04.05.2015	Elektrodeholder_Sammenstilling_Med_Adapter			
Checked by:		Erik Michalsen	Erik Michalsen	05.05.2015				
Approved by:		Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015				
Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129					DWG NO.		EH-001	A3
					SCALE: 1:2		SHEET 3	

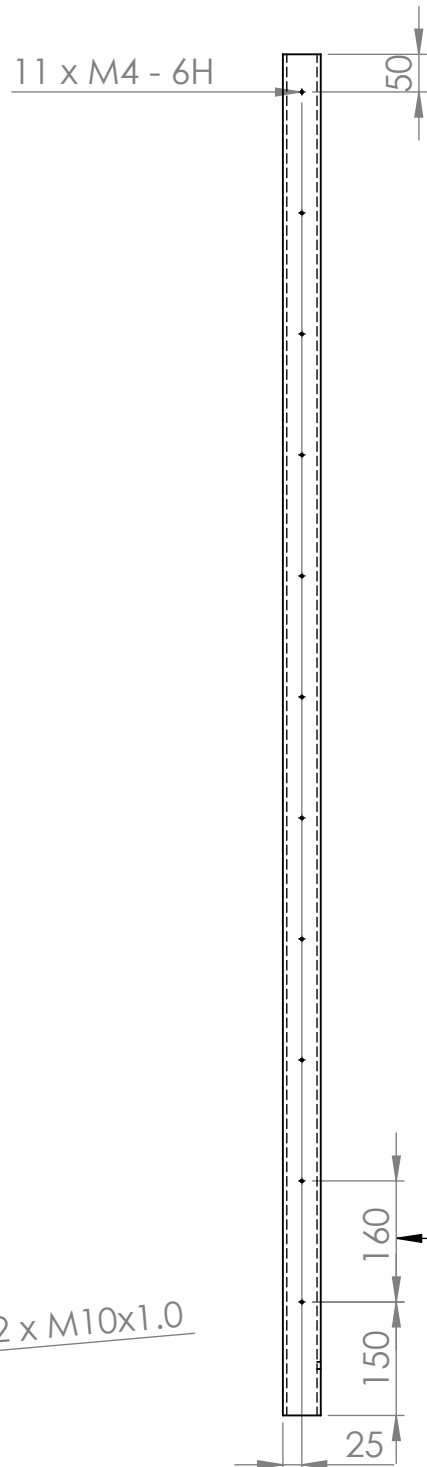
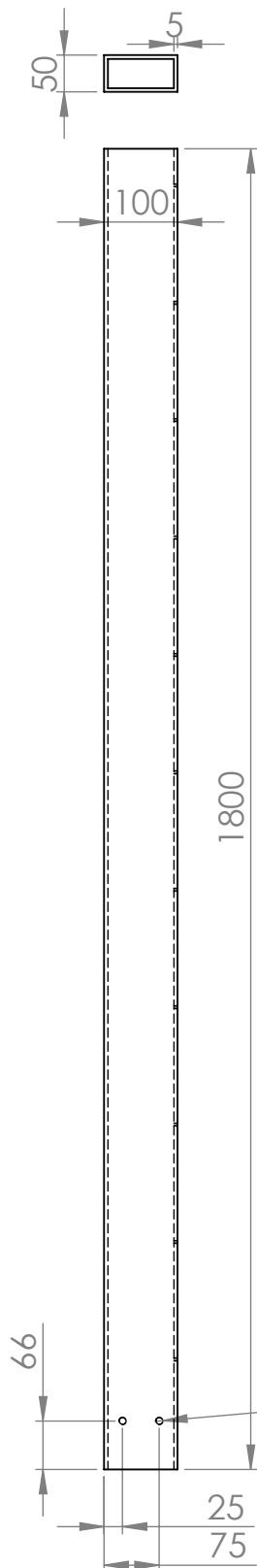
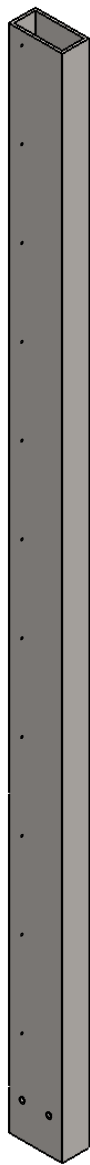
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Ramme_Barriere_1	S355JR	BB-201-1	1
2	Gulvfeste_Vinkel_Barriere_1	S355JR	BB-201-2	1
3	Tom_Skinne	Order	BB-201-4	1
4	ISO 10642 - M4 x 8 --- 8S	Storage	111	11



SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION: A		
		NAME	SIGNATURE	DATE				
Designed by:		Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	04.05.2015	TITLE: Sammenstilling_Rammeverk_Barriere			
Checked by:		Eirik Michalsen	Eirik Michalsen	05.05.2015				
Approved by:		Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015				
<i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>						DWG NO.	BB-201	A3
						SCALE:1:10		SHEET 4

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Ramme_Barriere_1	S355JR	111	1



Equal spacing between all holes

Material can be bought from
Norsk Stål: 312022: VF HUP
100 x 50 x 5,0 mm x 12 m



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

Designed by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

04.05.2015

Checked by:

Eirik Michalsen

Eirik Michalsen

05.05.2015

Approved by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

10.05.2015

TITLE:

Ramme_Barriere_1

DWG NO.

BB-201-1

A4

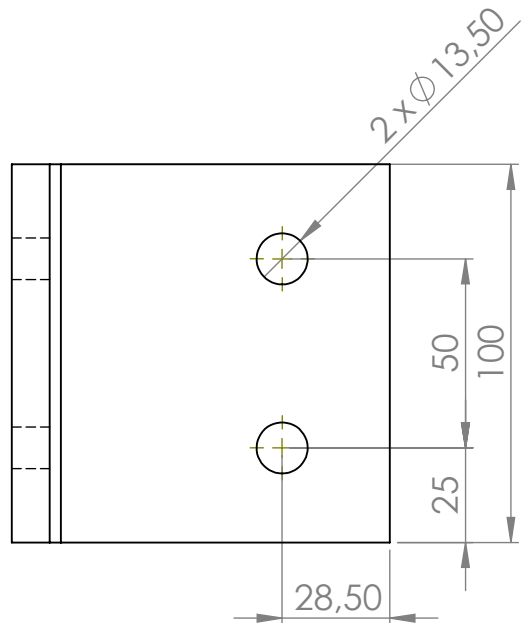
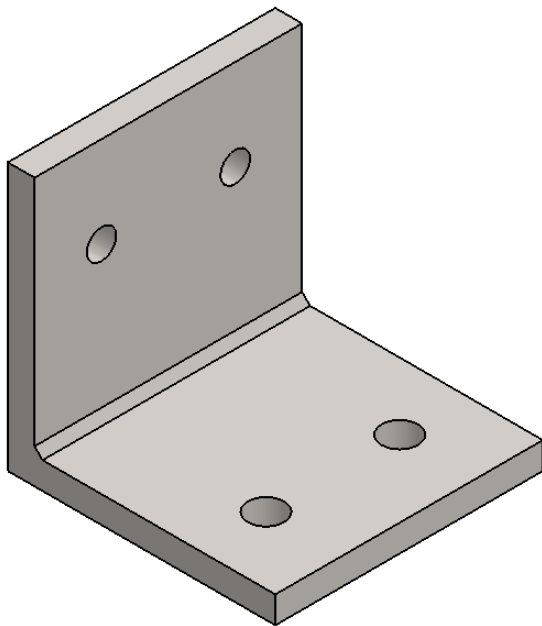
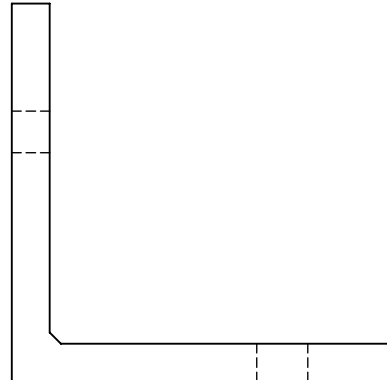
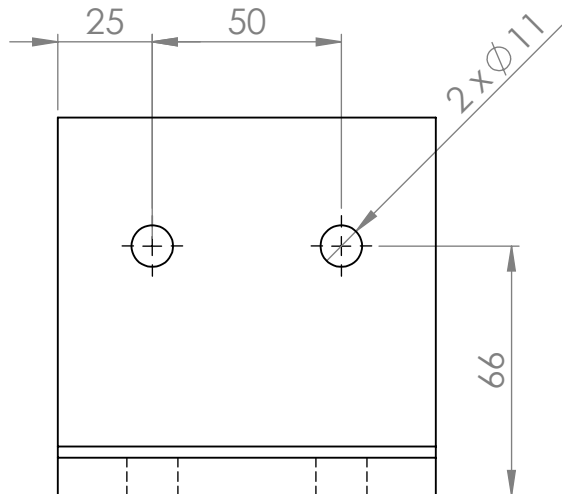
SCALE:1:10

SHEET 5

SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129

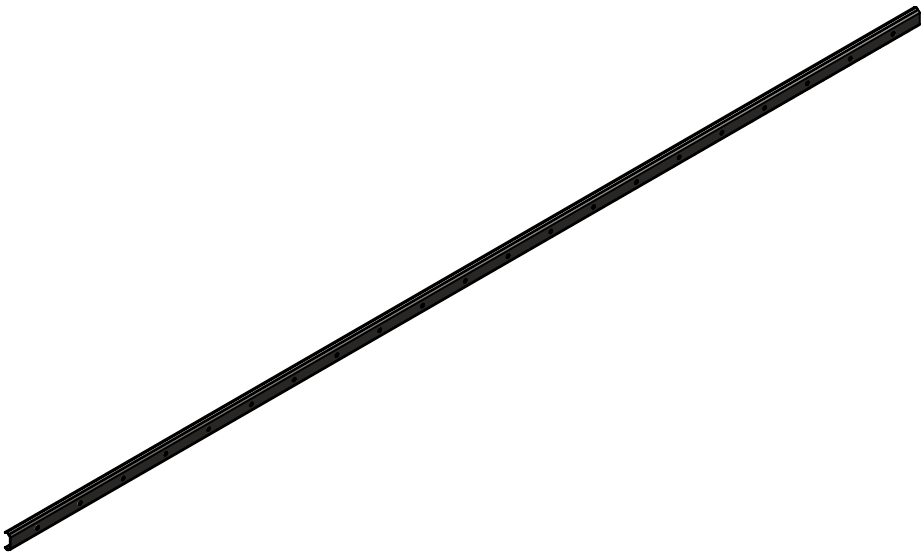
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Gulvfeste_Vinkel_Barriere_1	S355JR	111	1





Part can be bought from Norsk Stål:
312556: Vinkel 100 x 100 x 10 mm x 6 m

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels			DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Gulvfeste_Vinkel_Barriere_1		
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken			
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen			
Approved by:			Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken		
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				DWG NO.	BB-201-2	A4
				SCALE:1:2	SHEET 6	

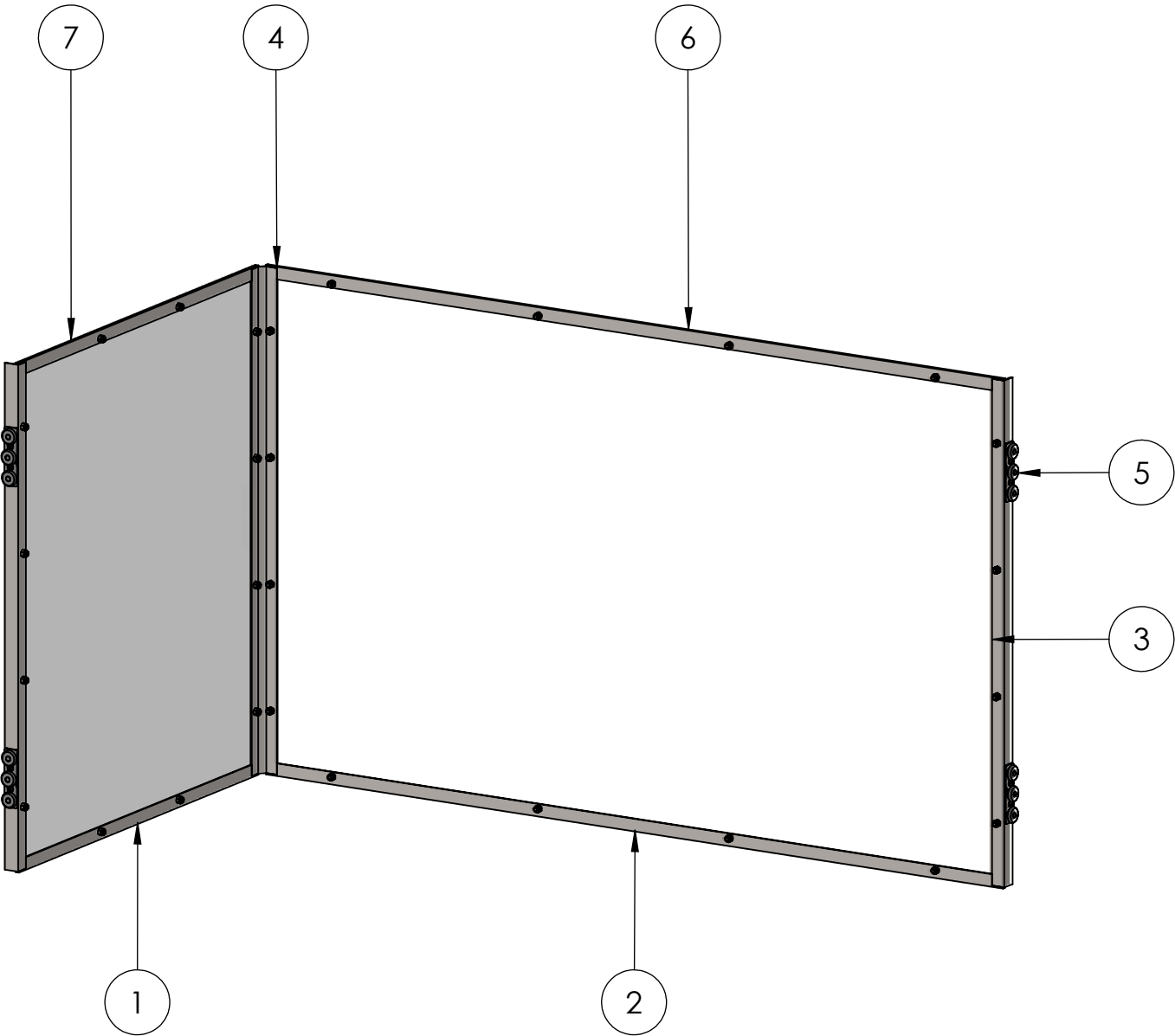
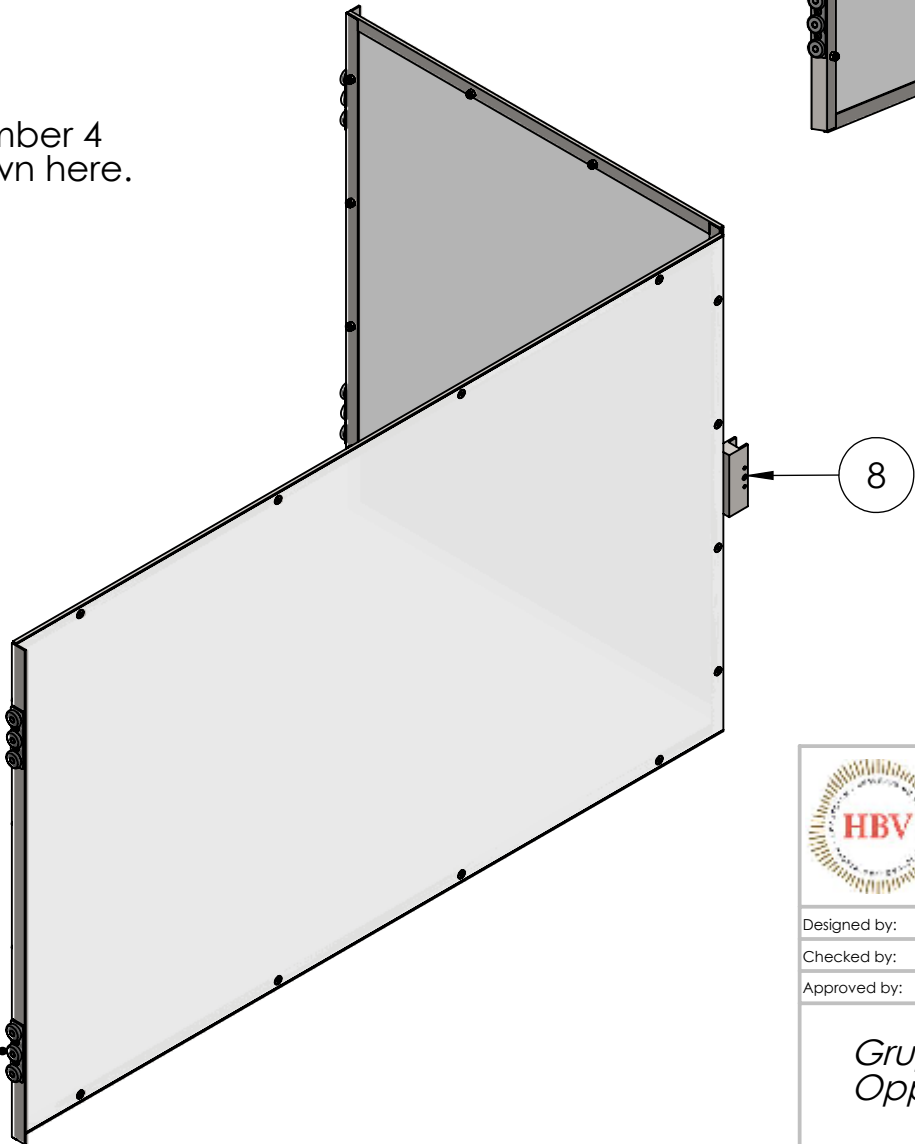
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Rail-FFR1529SS1700-50_50-AluFlex	Order	111	1




 		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A
Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	04.05.2015	Tom_Skinne		
Checked by:	Erik Michalsen	Erik Michalsen	05.05.2015			
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015			
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				DWG NO.	BB-201-4	A4
				SCALE:1:10	SHEET 7	

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Plexiglass_Kort	Polycarbonate Lexan Sapphire	BB-401-1	1
2	Plexiglass_Lang	Polycarbonate Lexan Sapphire	BB-401-2	1
3	Vinkel_Hjørne	S235JR	BB-401-3	2
4	Vinkel_Midt	S275JR	BB-401-4	1
5	Slider-FFC1529C3SS-AluFlex	Order	BB-401-5	4
6	Vinkel_Lang	S235JR	BB-401-6	2
7	Vinkel_Kort	S235JR	BB-401-7	2
8	Feste_Mot_Sylinder	S235JR	BB-401-8	1
9	ISO 10642 - M6 x 16 --- 16S	Storage	111	20
10	ISO 10642 - M6 x 16 --- 16N	Storage	111	8
11	ISO 7040-M6-N	Storage	111	1
12	ISO 7040-M6-S	Storage	111	27
13	ISO 7040-M4-S	Storage	111	8
14	ISO 7380 - M5 x 16 --- 16N	Storage	111	8

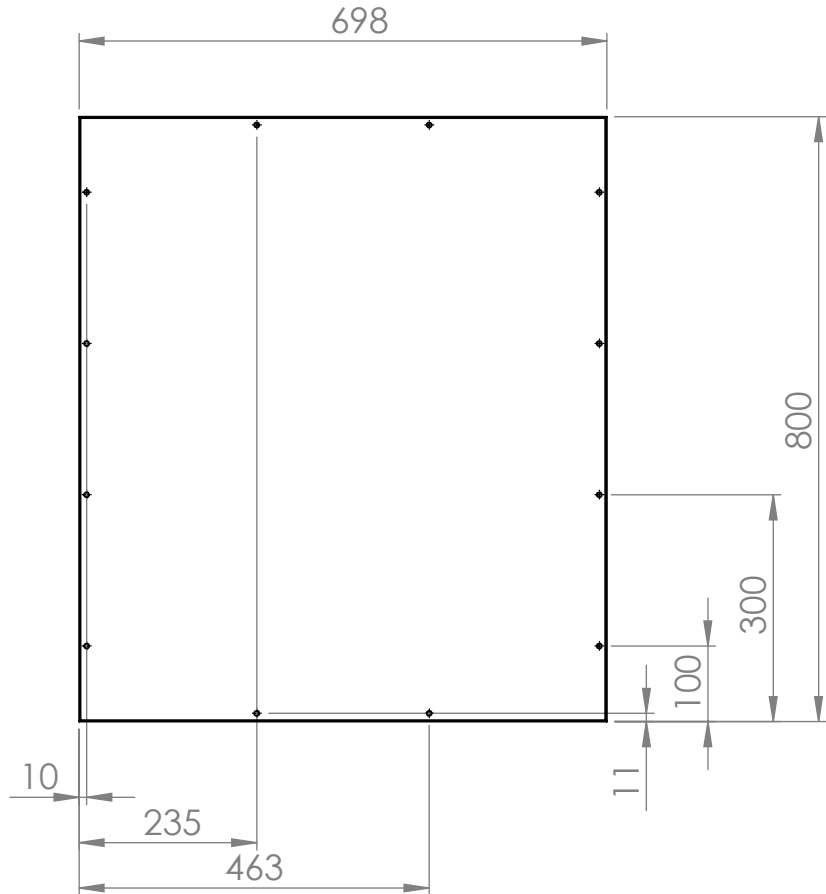
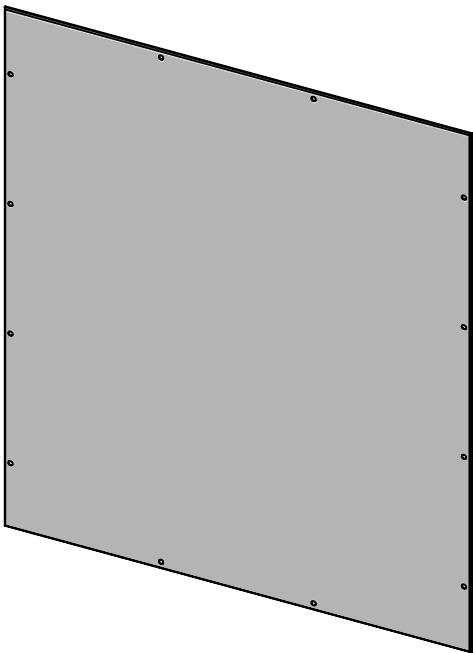
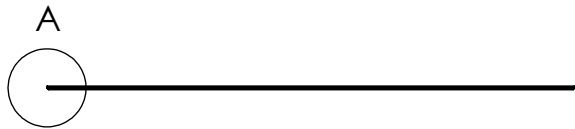
Weld part number 8 to part number 4
in center, same position as shown here.





SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	REVISION: A			
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:			
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	04.05.2015	Sammenstilling_Stillbar_Barriere		
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen	05.05.2015			
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015				
Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129					DWG NO.	BB-401	A3
					SCALE:1:10	SHEET 8	

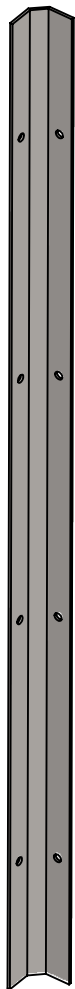
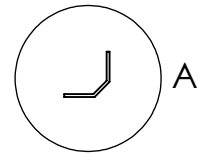
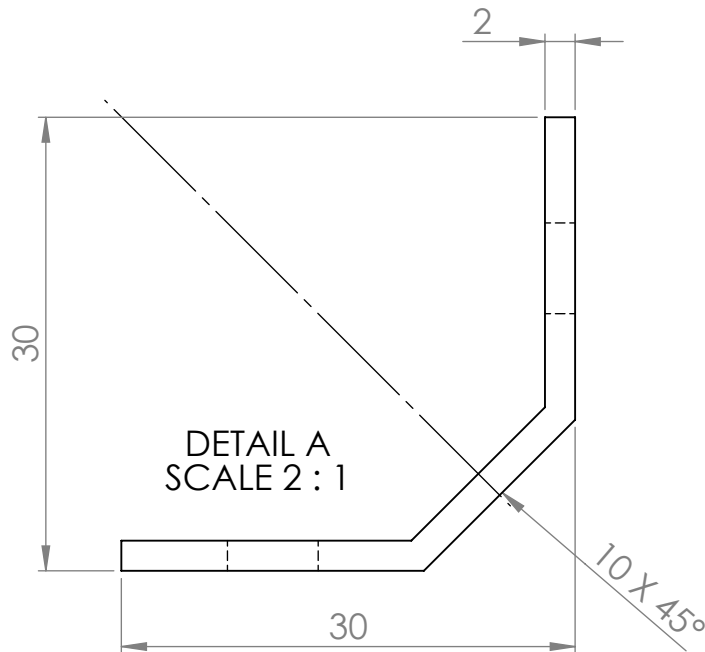
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Plexiglass_Kort	Polycarbonate Lexan Sapphire	111	1



All holes are:
 ϕ 6,60
 \surd ϕ 12,60 X 90°,
 and equal spacing

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Plexiglass_Kort		
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken			
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen			
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015	DWG NO.		
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				BB-401-1		A4
				SCALE: 1:10		SHEET 9

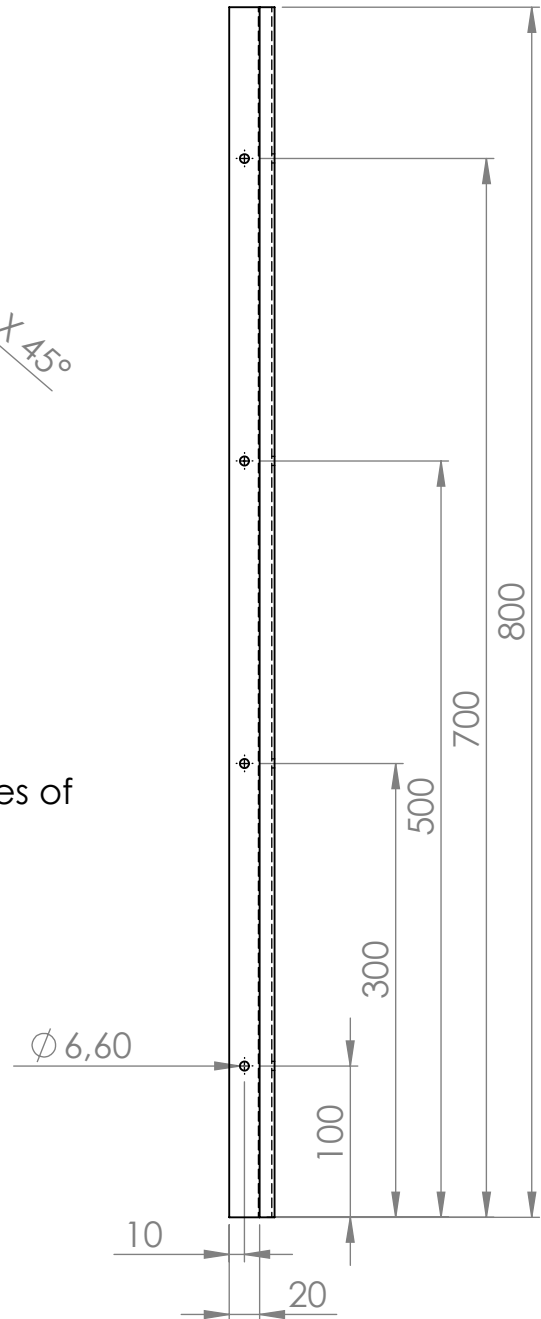
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Vinkel_Midt	S275JR	111	1



Material can be bought
from Norsk Stål:
81629: 2,0 x 1000 x 2000 mm

Holes are equal on both sides of
centreline

All holes: M6 clearance holes



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

Designed by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

04.05.2015

Checked by:

Eirik Michalsen

Eirik Michalsen

05.05.2015

Approved by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

10.05.2015

TITLE:

Vinkel_Midt

DWG NO.

BB-401-4

A4

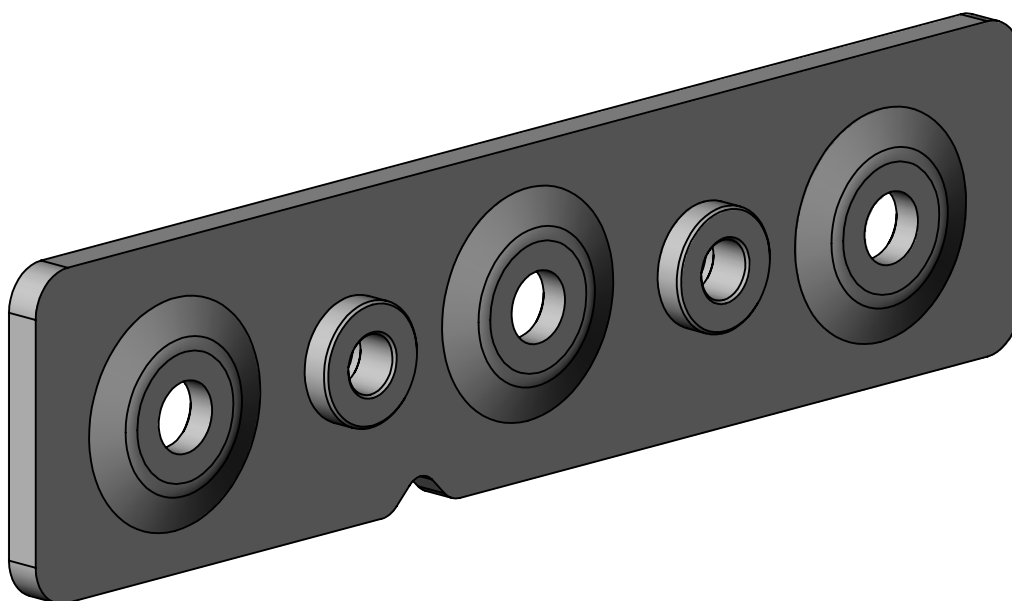
SCALE: 1:5



SHEET 12

SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

*Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129*

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Slider-FFC1529C3SS-AluFlex	Order	111	1

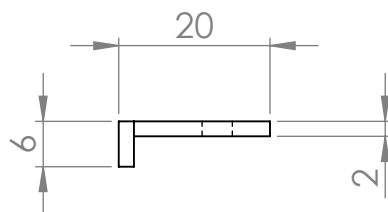
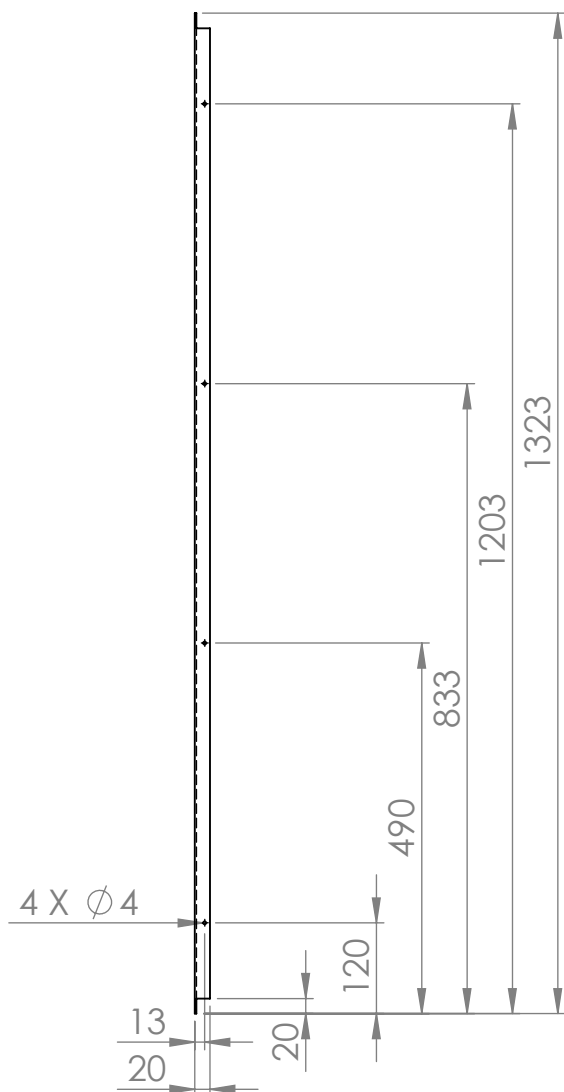


 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A	
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Slider-FFC1529C3SS-AluFlex			
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken				04.05.2015
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen				05.05.2015
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015	DWG NO. BB-401-5			A4
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				SCALE: 2:1		SHEET 13	

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Vinkel_Lang	S235JR	111	1



A
⌀



DETAIL A
SCALE 1 : 1

Material can be bought
from Norsk Stål:
81629: 2,0 x 1000 x 2000 mm



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

Designed by:
Checked by:
Approved by:

NAME	SIGNATURE	DATE
Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	04.05.2015
Eirik Michalsen	Eirik Michalsen	05.05.2015
Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

TITLE:

Vinkel_Lang

DWG NO.

BB-401-6

A4

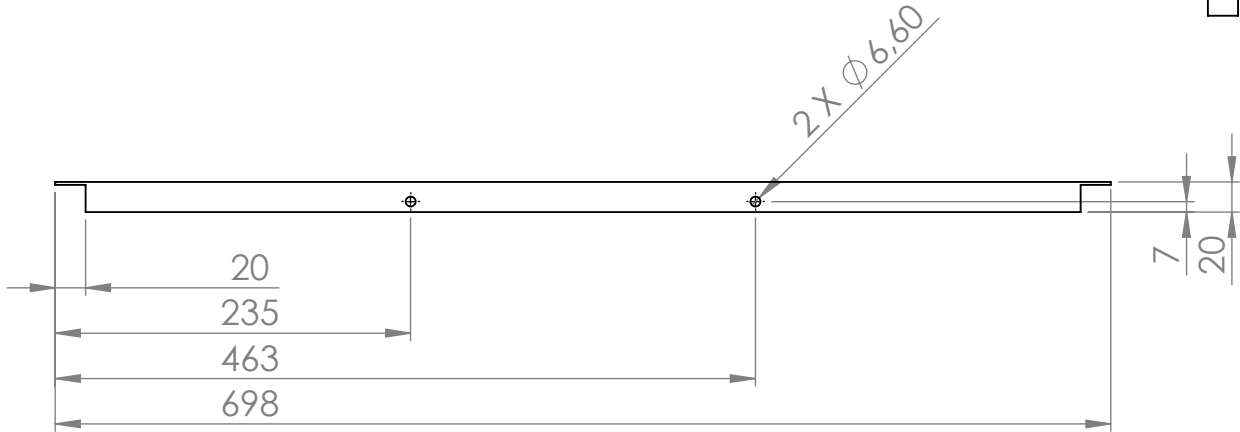
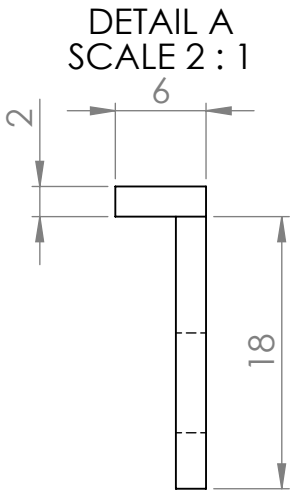
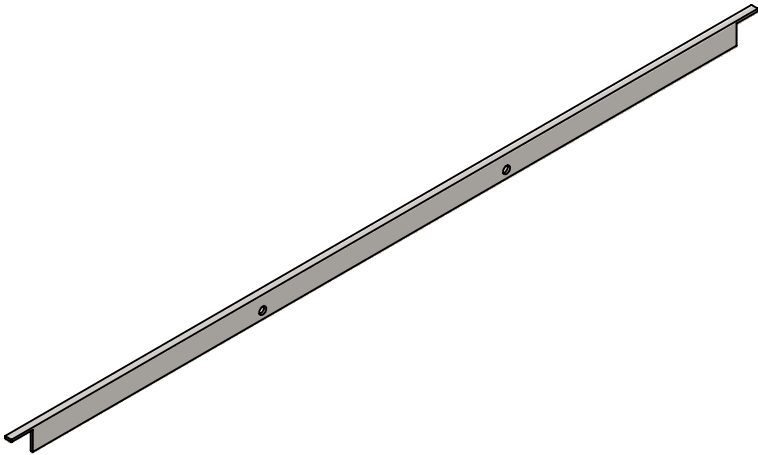
SCALE: 1:10

SHEET 14

SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.



*Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129*

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Vinkel_Kort	S235JR	111	1

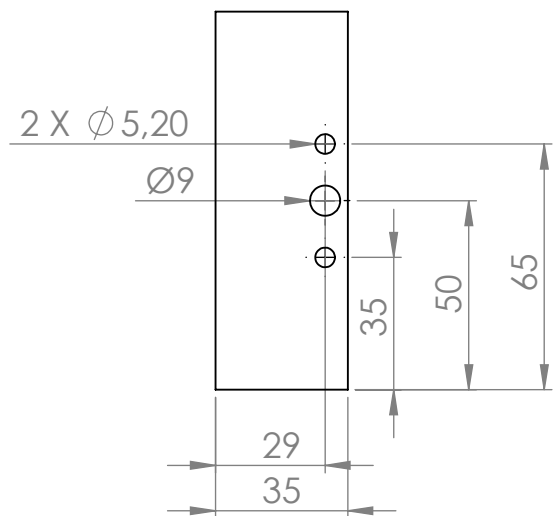
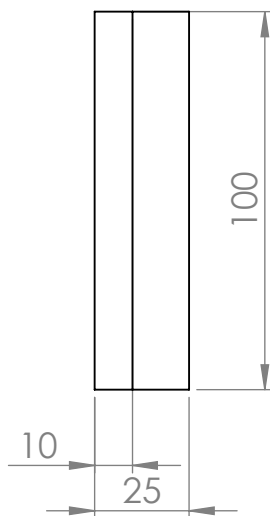
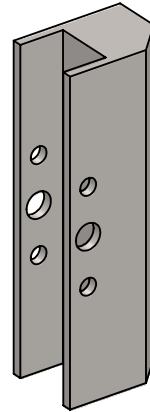
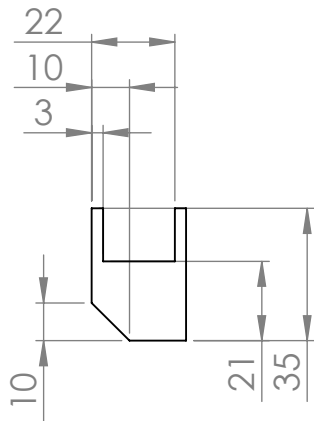


1 A



Material can be bought from Norsk Stål:
81629: 2,0 x 1000 x 2000 mm

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels			DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A		
	NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE: Vinkel_Kort			
	Eirik Brendeløkken		Eirik Brendeløkken		04.05.2015					
	Erik Michalsen		Erik Michalsen		05.05.2015					
	Eirik Brendeløkken		Eirik Brendeløkken		10.05.2015					
<div>SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only.</div> <div>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129</div>										
DWG NO.						BB-401-7			A4	
SCALE: 1:10						SHEET 15				

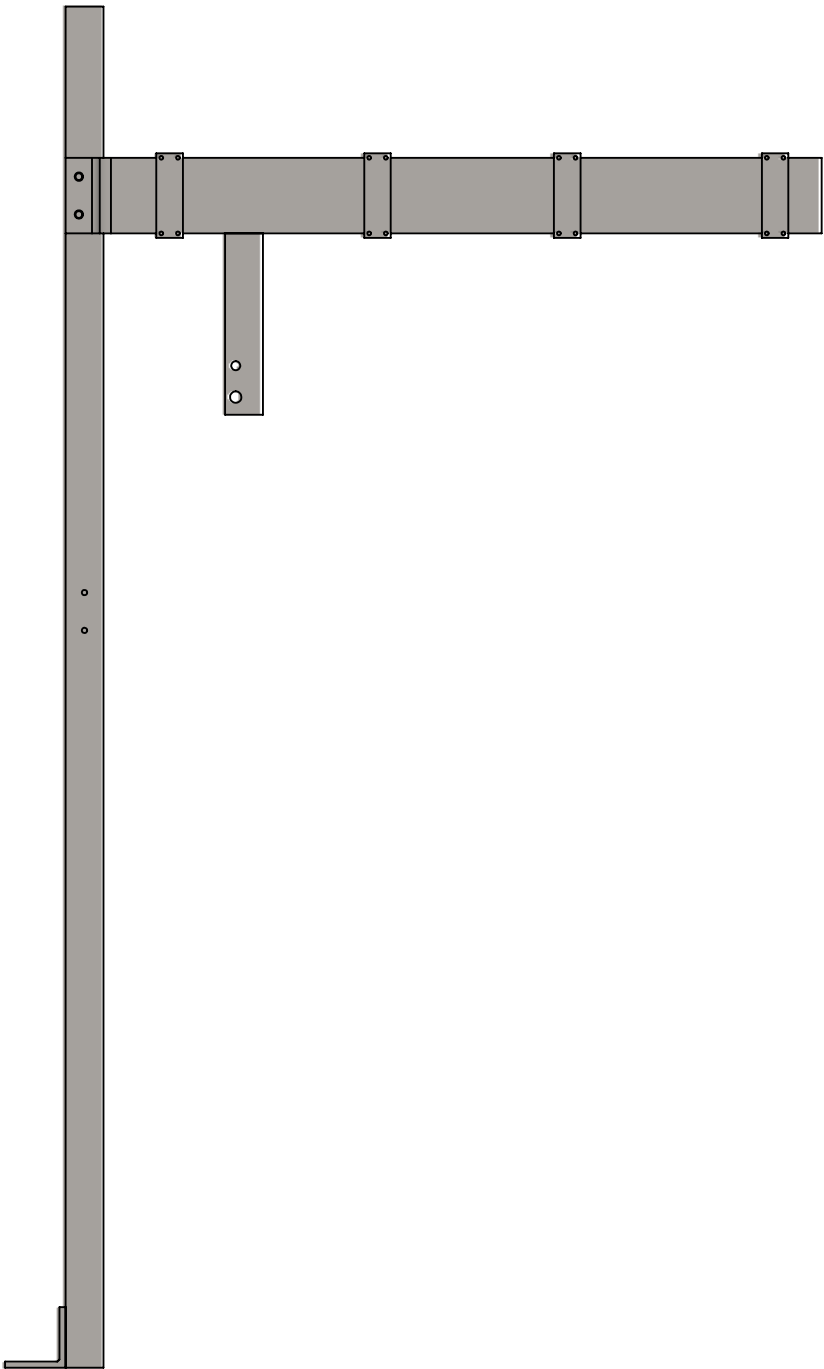
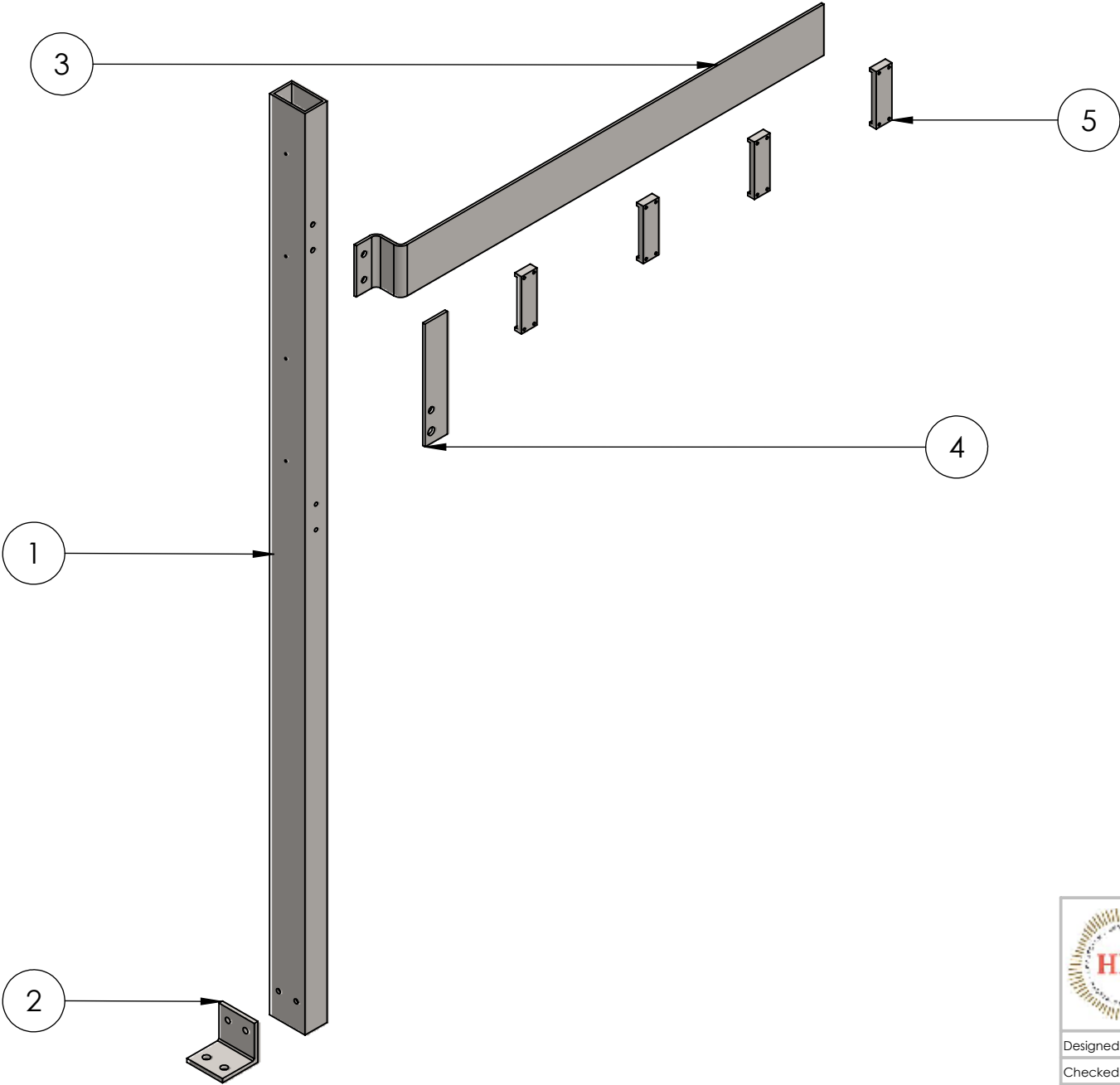
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Feste_Mot_Sylinder	S235JR	111	1




Part can be machined from material bought from Norsk Stål:
70945: 100 x 50 mm x 6 m flat steel

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A
	Designed by: Checked by: Approved by:	Eirik Brendeløkken Erik Michalsen Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken Erik Michalsen Eirik Brendeløkken	DATE 04.05.2015 05.05.2015 10.05.2015	TITLE: Feste_Mot_Sylinder	
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				DWG NO.	BB-401-8	A4
				SCALE: 1:2	SHEET 16	

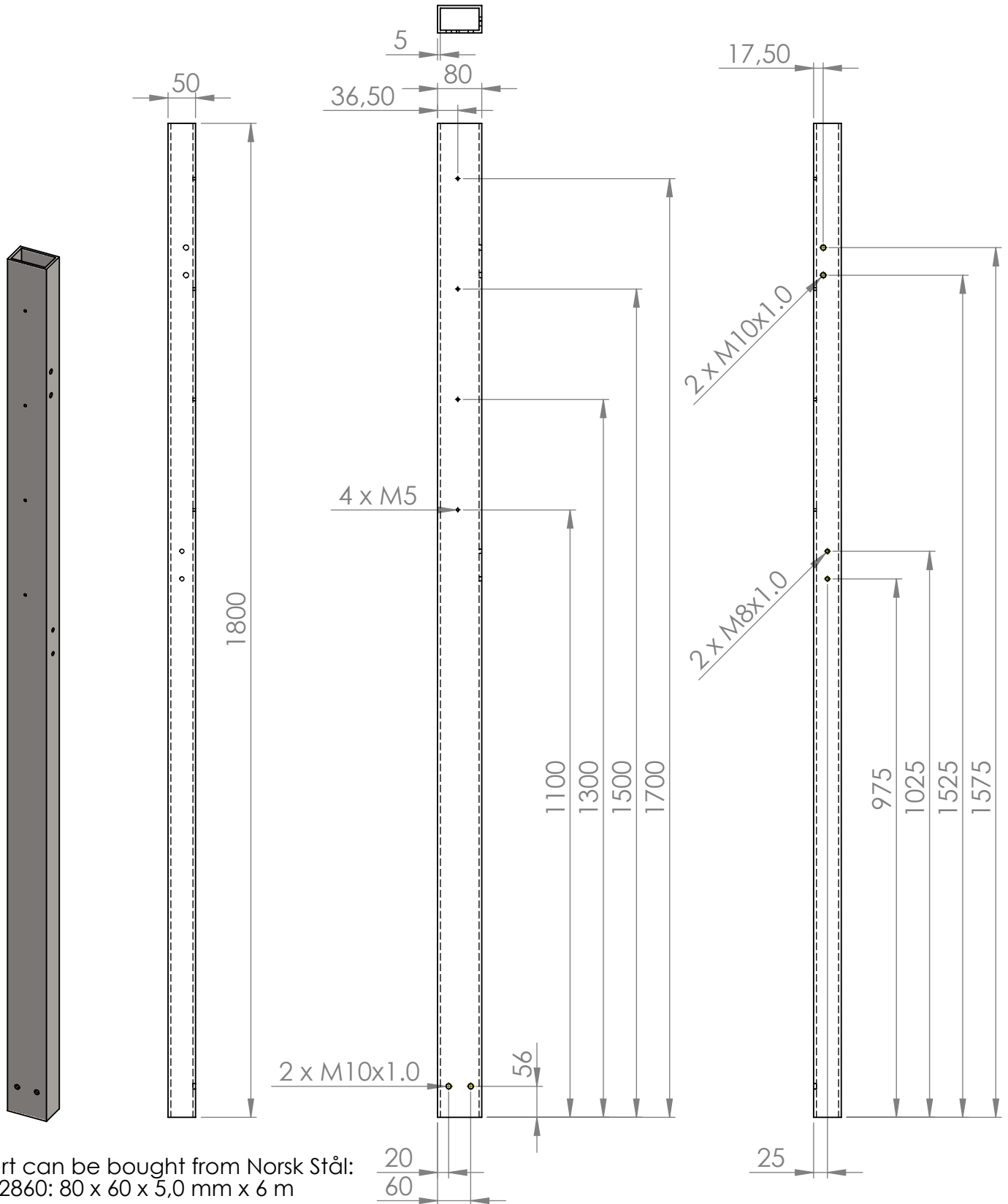
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Ramme_Lineæraktuator_1	S355JR	RL-001-1	1
2	Gulvfeste_Vinkel_1	S355JR	RL-001-2	1
3	Ramme_Lineæraktuator_2	S355JR	RL-001-3	1
4	Ramme_Lineæraktuator_3	S355JR	RL-001-4	1
5	Monteringskloss_Lineæraktuator	S355JR	RL-001-5	4





SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION: A	
	NAME	SIGNATURE	DATE			
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	07.05.2015		TITLE: Sammenstilling_Rammeverk_Lineæraktuator
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen	08.05.2015		
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015	DWG NO.	RL-001	
Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129				SCALE:1:20	SHEET 17	

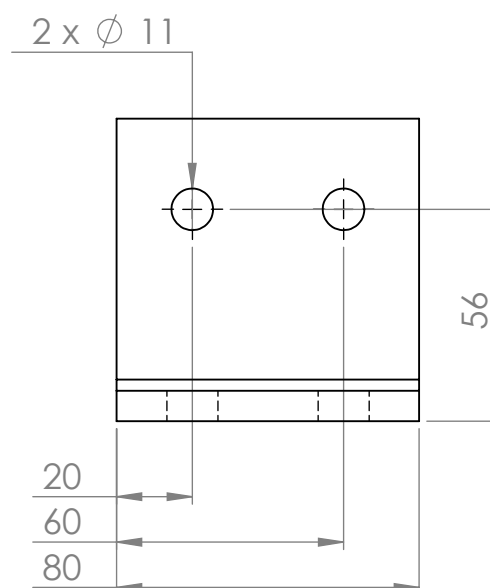
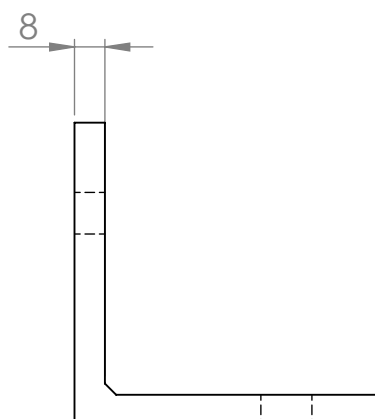
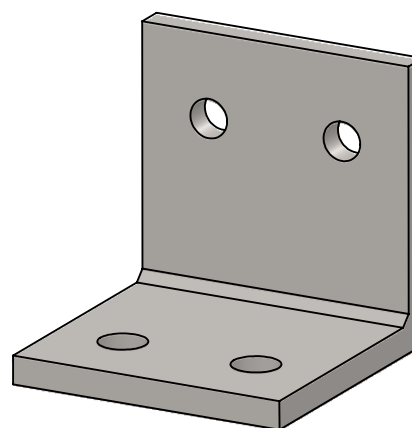
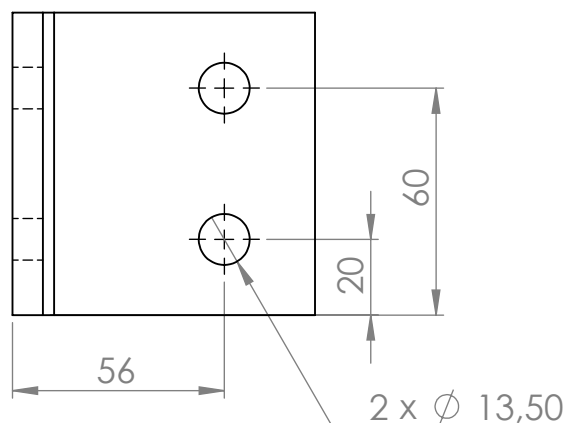
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Ramme_Lineæraktuator_1	S355JR	111	1





Part can be bought from Norsk Stål:
312860: 80 x 60 x 5,0 mm x 6 m

 		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A	
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE: Ramme_Lineæraktuator_1			
Eirik Brendeløkken		Eirik Brendeløkken		07.05.2015					
Erik Michalsen		Erik Michalsen		08.05.2015					
Eirik Brendeløkken		Eirik Brendeløkken		10.05.2015					
Designed by:		Eirik Brendeløkken		Eirik Brendeløkken		07.05.2015			
Checked by:		Erik Michalsen		Erik Michalsen		08.05.2015			
Approved by:		Eirik Brendeløkken		Eirik Brendeløkken		10.05.2015			
<div>SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only.</div> <div>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129</div>									
DWG NO.						RL-001-1		A4	
SCALE: 1:10						SHEET 18			

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Gulvfeste_Vinkel_1	S355JR	111	1



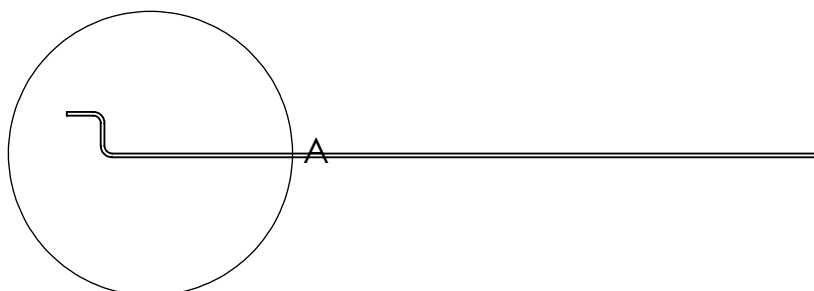
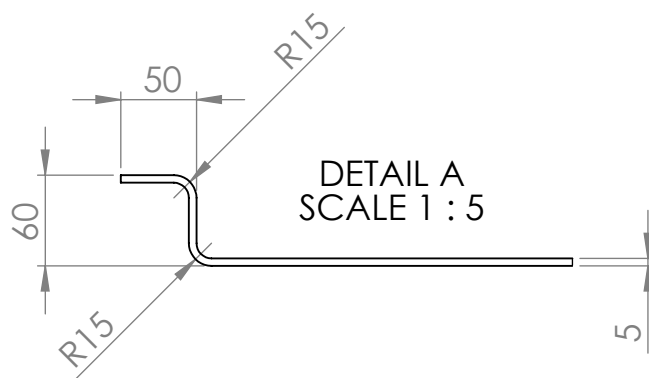
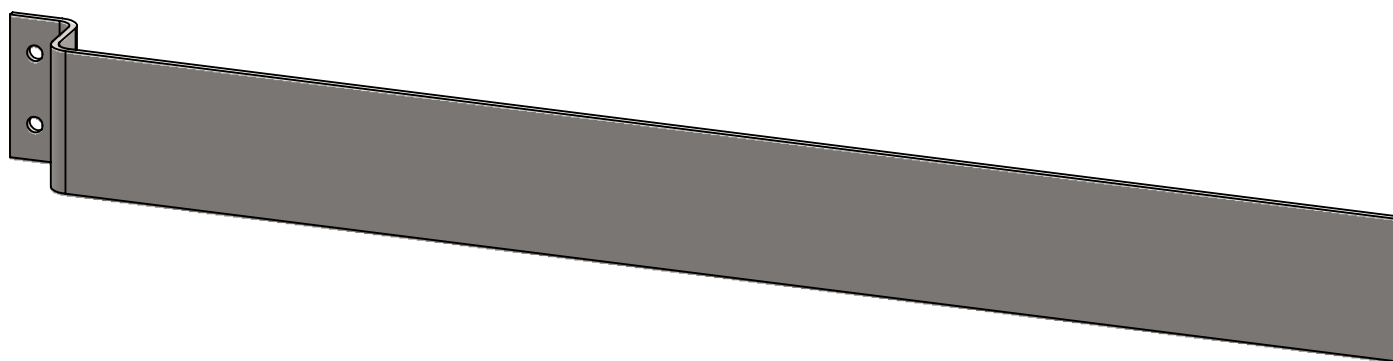
Part can be bought from Norsk Stål:
312552: 80 x 80 x 8,0 mm x 6 m

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels			DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Gulvfeste_Vinkel_1		
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken			
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen			
Approved by:			Eirik Brendeløkken	DWG NO.		
				RL-001-2		
				A4		
				SHEET 19		



SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129

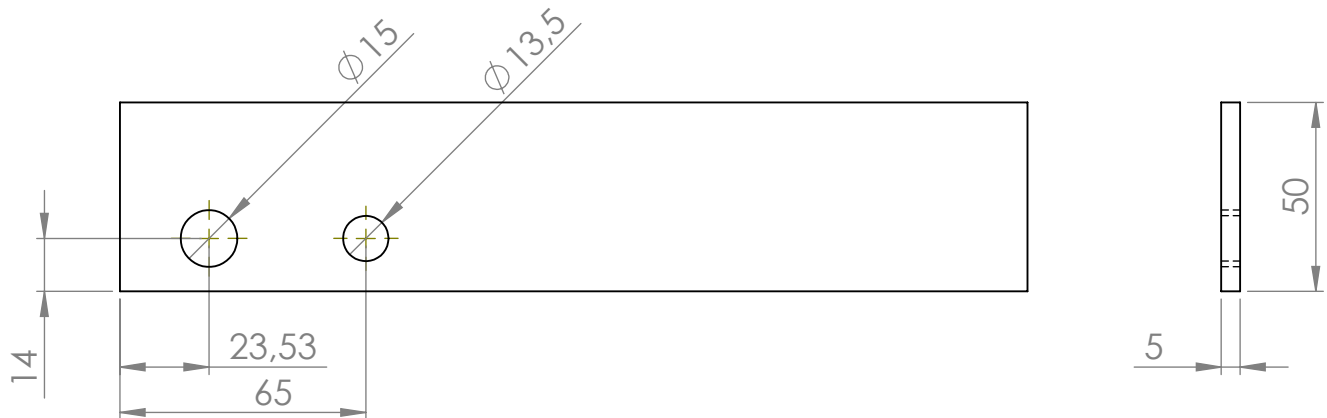
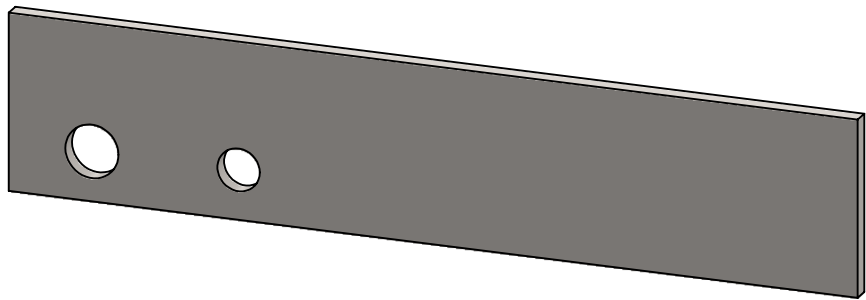
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Ramme_Lineæraktuator_2	S355JR	111	1



Material can be bought at Norsk Stål: 316357: 100 x 5,0 mm x 6 m

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A	
	NAME Eirik Brendeløkken	SIGNATURE Eirik Brendeløkken	DATE 07.05.2015	TITLE: Ramme_Lineæraktuator_2			
Designed by: Checked by: Approved by:	Eirik Brendeløkken Eirik Michalsen Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken Eirik Michalsen Eirik Brendeløkken	07.05.2015 08.05.2015 10.05.2015	DWG NO. RL-001-3			
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129				SCALE: 1:10		SHEET 20	

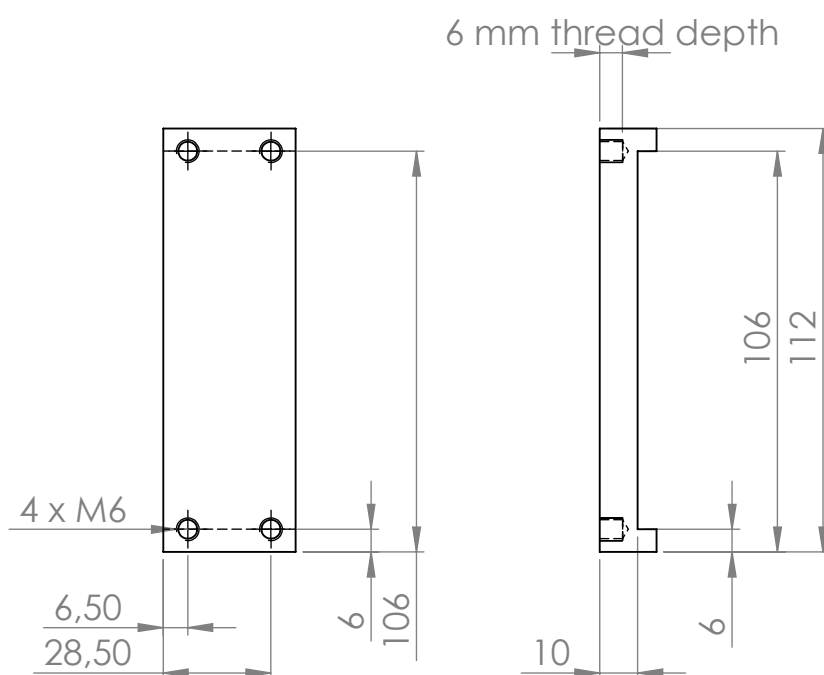
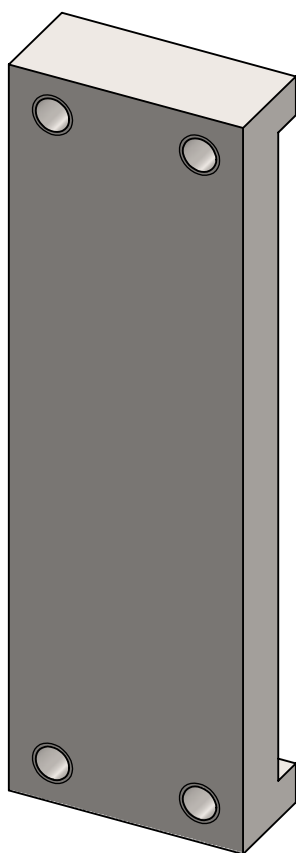
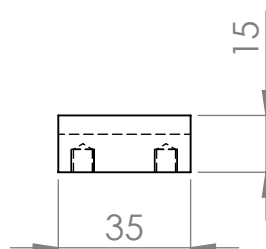
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Ramme_Lineæraktuator_3	S355JR	111	1





Material can be made from 50 x 5,0 mm x 6 m flatbar bought from Norsk Stål: 60692.

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A	
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Ramme_Lineæraktuator_3			
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken				07.05.2015
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen				08.05.2015
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015	DWG NO. RL-001-4			A4
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129				SCALE: 1:2		SHEET 21	

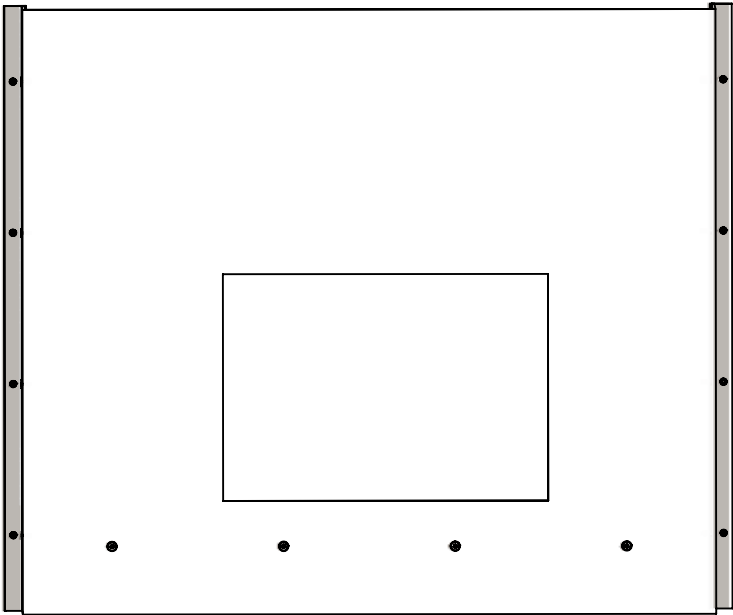
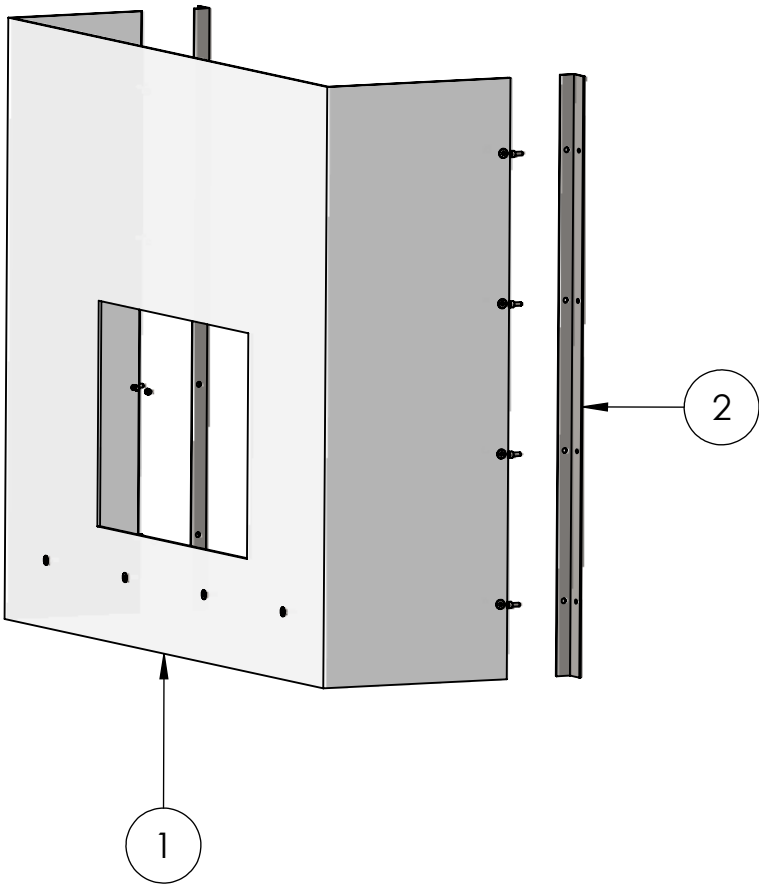
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Monteringskloss_Lineærakuator	S355JR	111	1




Part can be machined from material bough through Norsk Stål:
33443: 120 x 15 mm x 6 m.

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A	
	NAME Eirik Brendeløkken	SIGNATURE Eirik Brendeløkken	DATE 07.05.2015	TITLE: Monteringskloss_Lineærakuator			
Designed by: Checked by: Approved by:	Eirik Brendeløkken Eirik Michalsen Eirik Brendeløkken		07.05.2015 08.05.2015 10.05.2015	DWG NO. RL-001-5			
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				SCALE: 1:1		SHEET 22	

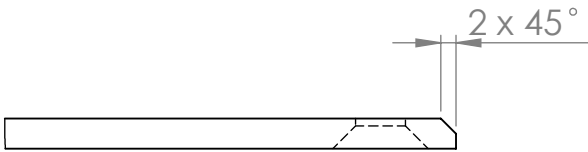
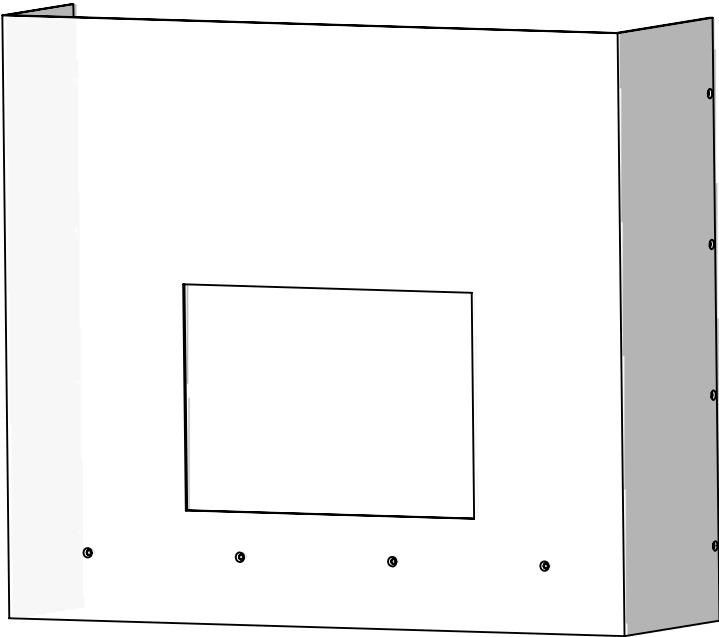
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCES	QTY.
1	Plexiglass_Fastmontert	Polycarbonate Lexan saphire	BB-301-1	1
2	Vinkel_Fast_Barriere	S235JR	BB-301-2	2
3	torque nut 01_iso	Storage	111	6
4	ISO 7040-M6-S	Storage	111	1
5	ISO 7040-M6-N	Storage	111	1
6	ISO 4762 M5 x 12 --- 12N	Storage	111	8
7	ISO 10642 - M6 x 16 --- 16C	Storage	111	4
8	ISO 10642 - M6 x 16 --- 16S	Storage	111	8



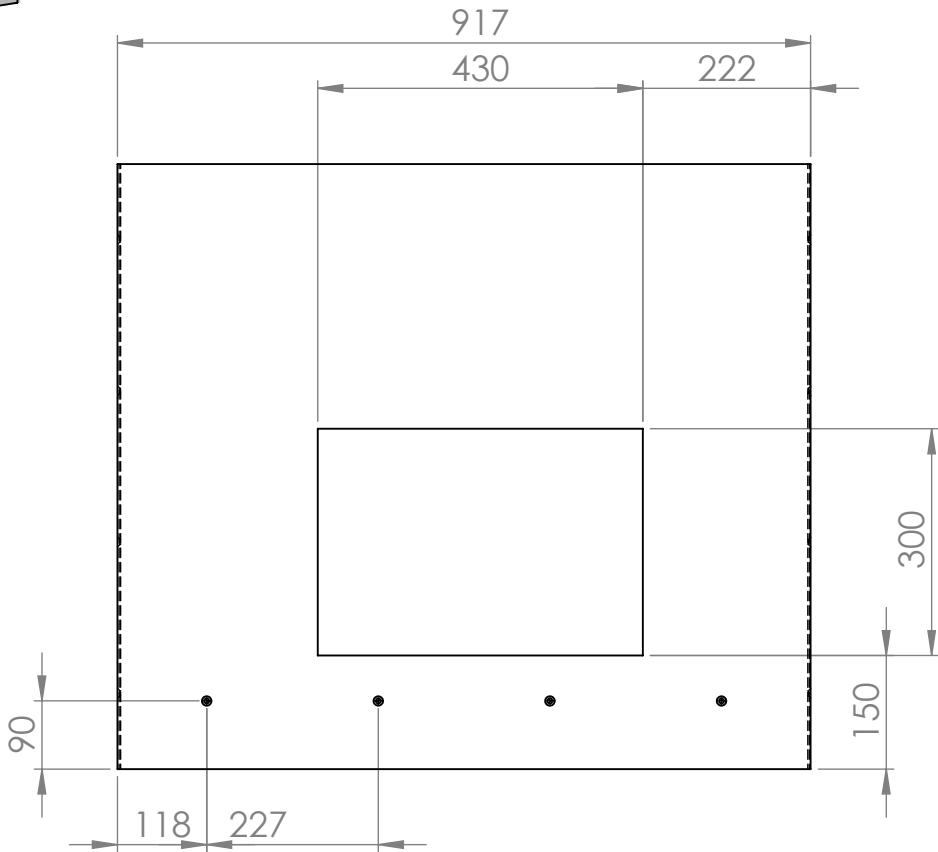
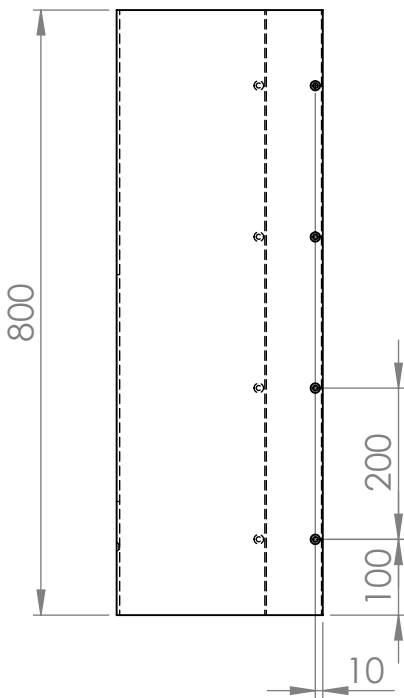
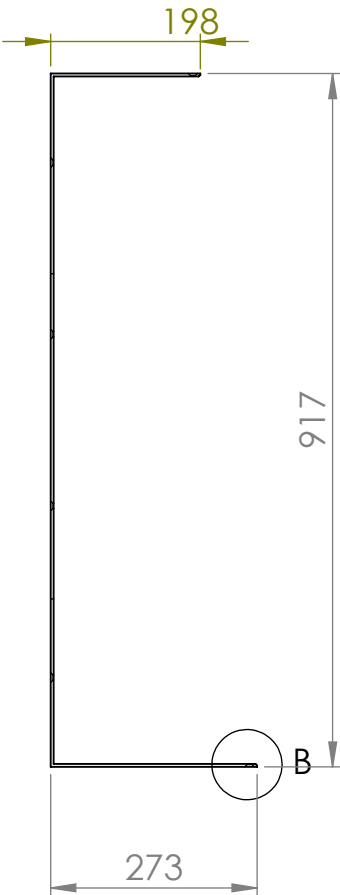
SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels			DO NOT SCALE DRAWING	REVISION: A
	NAME	SIGNATURE	DATE		
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken		
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen		
Approved by:			Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015
Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129				TITLE: Sammenstilling_Fast_Barriere	
				DWG NO.	A3
				BB-301	
SCALE:1:10				SHEET 23	

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Plexiglass_Fastmontert	Polycarbonate Lexan Sapphire	111	1

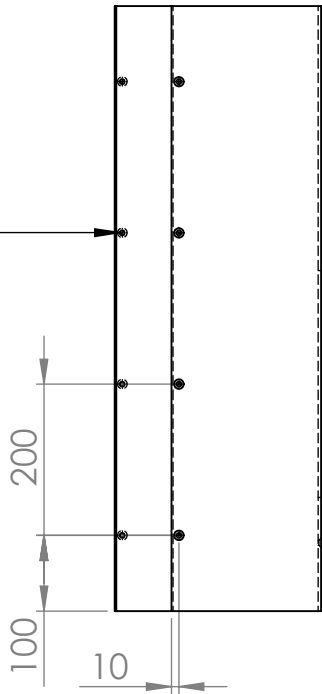


DETAIL B
SCALE 1 : 1





All holes are:
 ϕ 6,60
 \surd ϕ 12,60 X 90°

Equal spacing
between holes

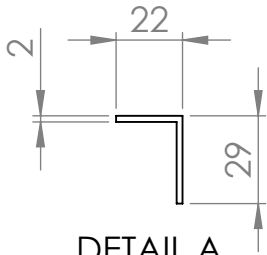


This part consists of 3 x 4 mm Lexan sapphire plates that are glued together from manufacturer

**SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.**

 		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION: A		
		NAME	SIGNATURE	DATE	Plexiglass_Fastmontert			
Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	04.05.2015					
Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen	05.05.2015					
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015					
Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129					DWG NO.	LF-001	A3	
					SCALE:1:10		SHEET 24	

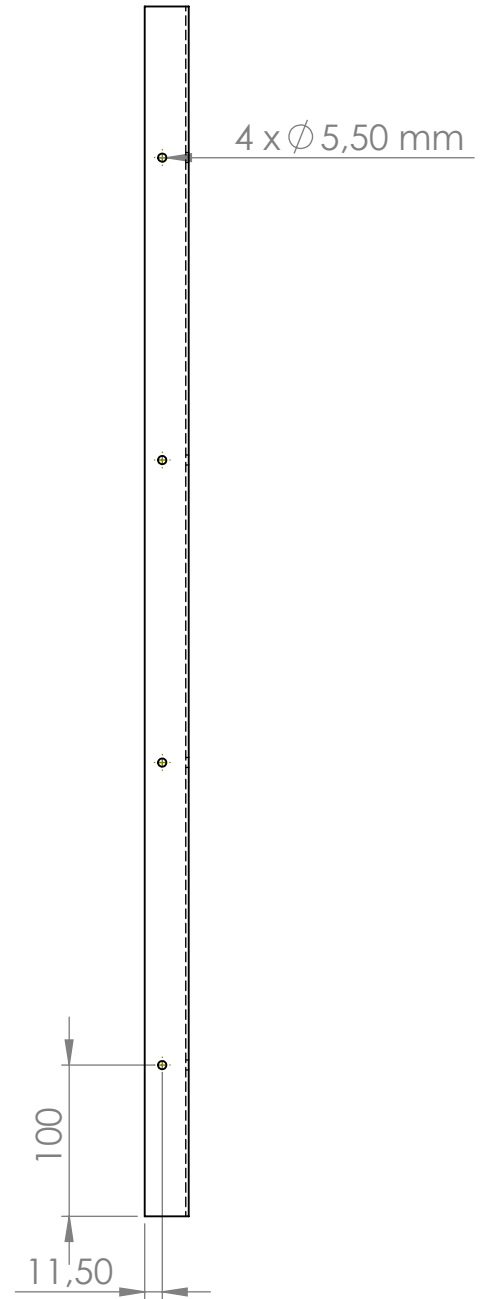
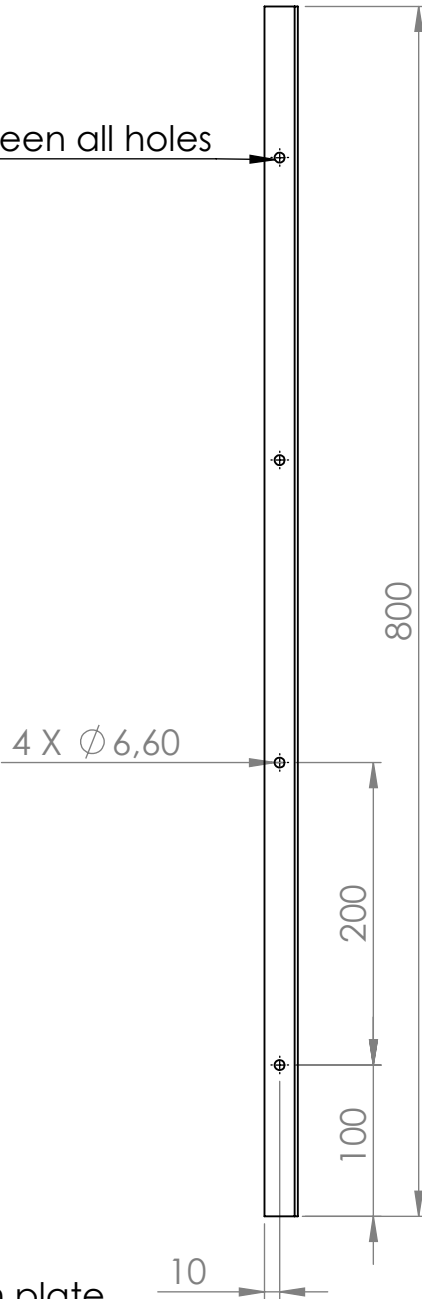
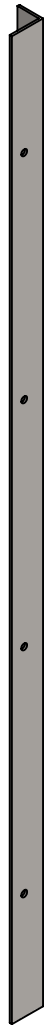
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Vinkel_Fast_Barriere	S235JR	111	1



DETAIL A
SCALE 2 : 5



Equal spacing between all holes



Angle is bent from 2 mm plate
Material can be bought
from Norsk Stål: 81629: 2,0 x 1000 x 2000 mm



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

Designed by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

04.05.2015

Checked by:

Eirik Michalsen

Eirik Michalsen

05.05.2015

Approved by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

10.05.2015

TITLE:

Vinkel_Fast_Barriere

DWG NO.

BB-301-2

A4

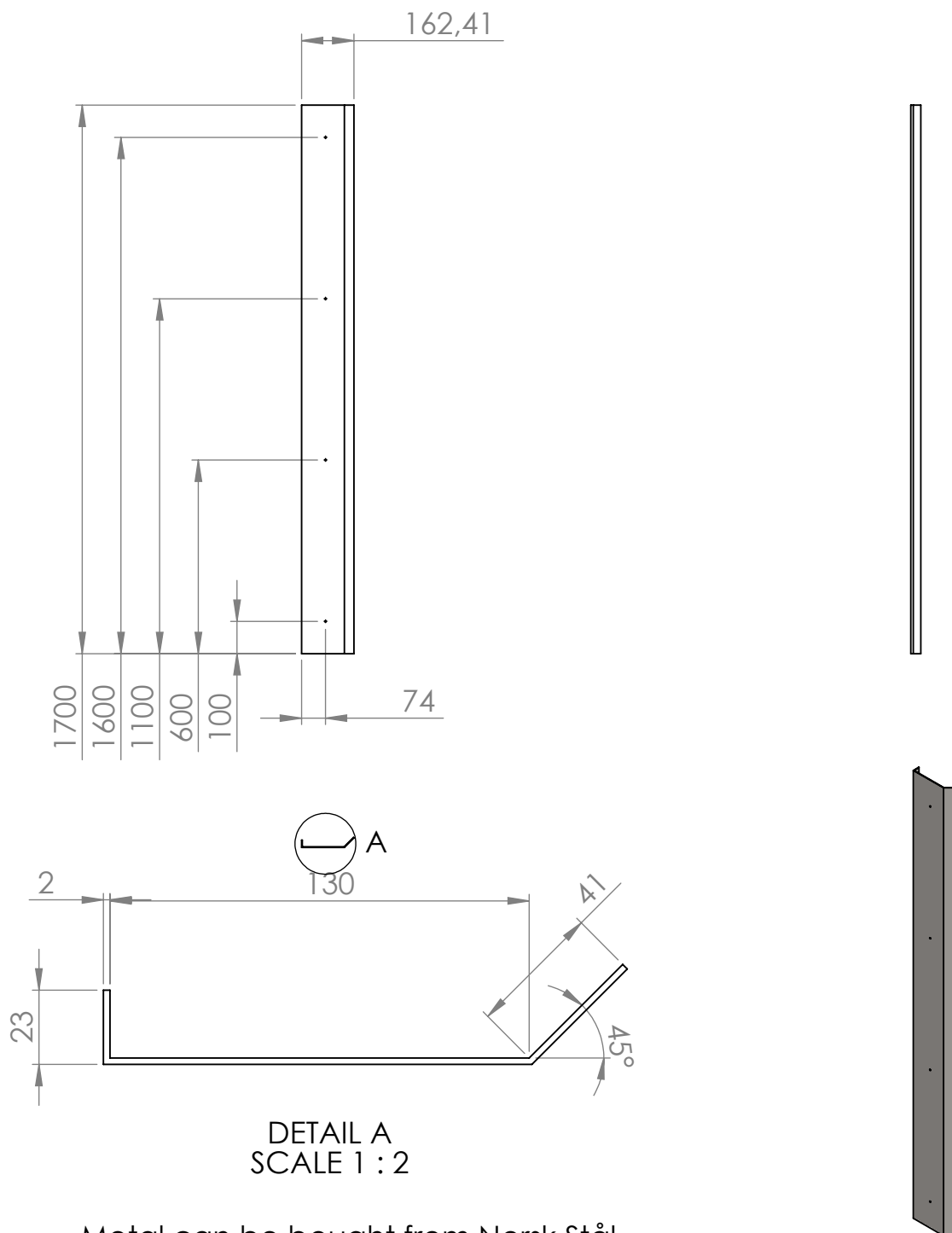
SCALE: 1:5

SHEET 25



**SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.**

Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129

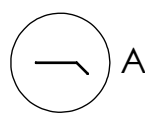
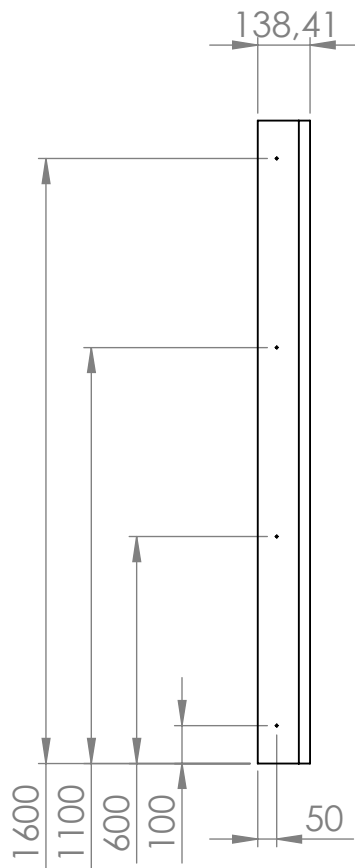
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Beskyttelsesdeksel_Rammeverk_Verktoyholder	S275JR	111	1



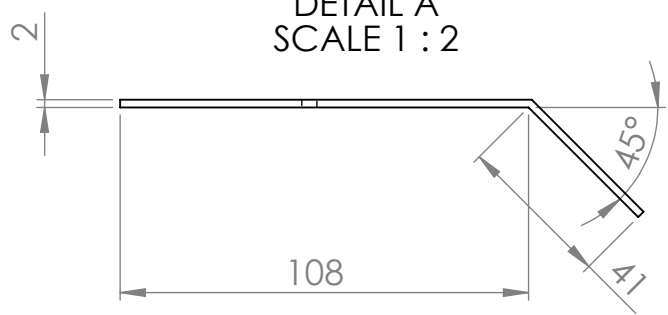
Metal can be bought from Norsk Stål,
product number: 81629

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A	
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:			
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	04.05.2015	Beskyttelsesdeksel_Rammeverk_Verktoyholder		
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen	05.05.2015			
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015	DWG NO.			
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				RV-001-1		A4	
				SCALE:1:20		SHEET 26	



ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Beskyttelsesdeksel_Rammeverk_Barriere	S235JR	111	1



DETAIL A
SCALE 1 : 2

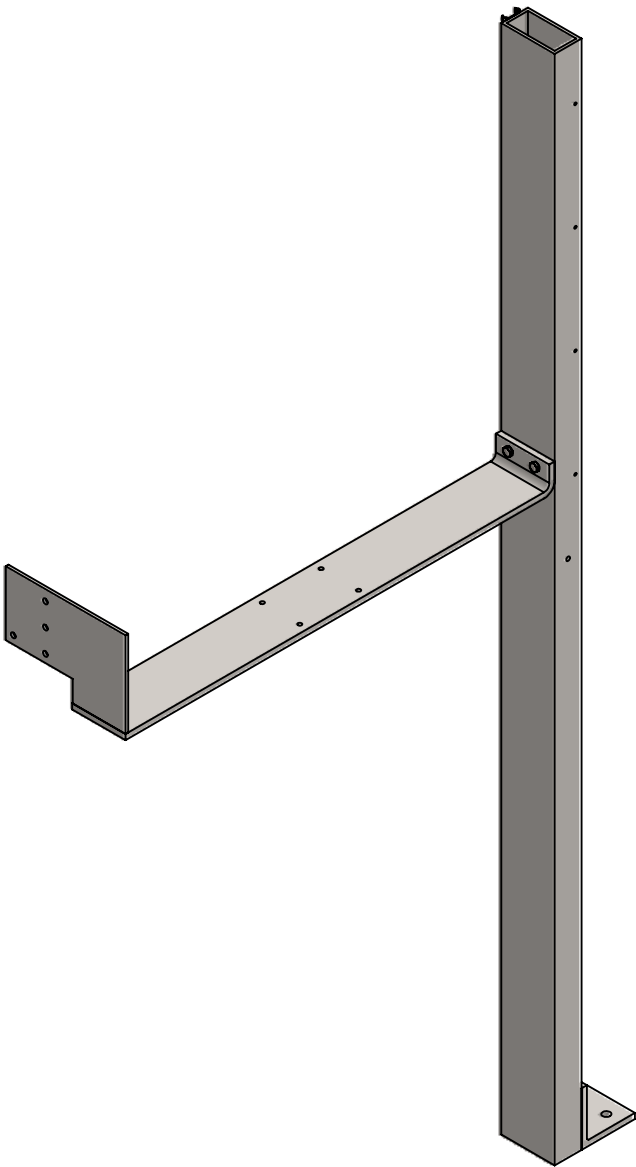
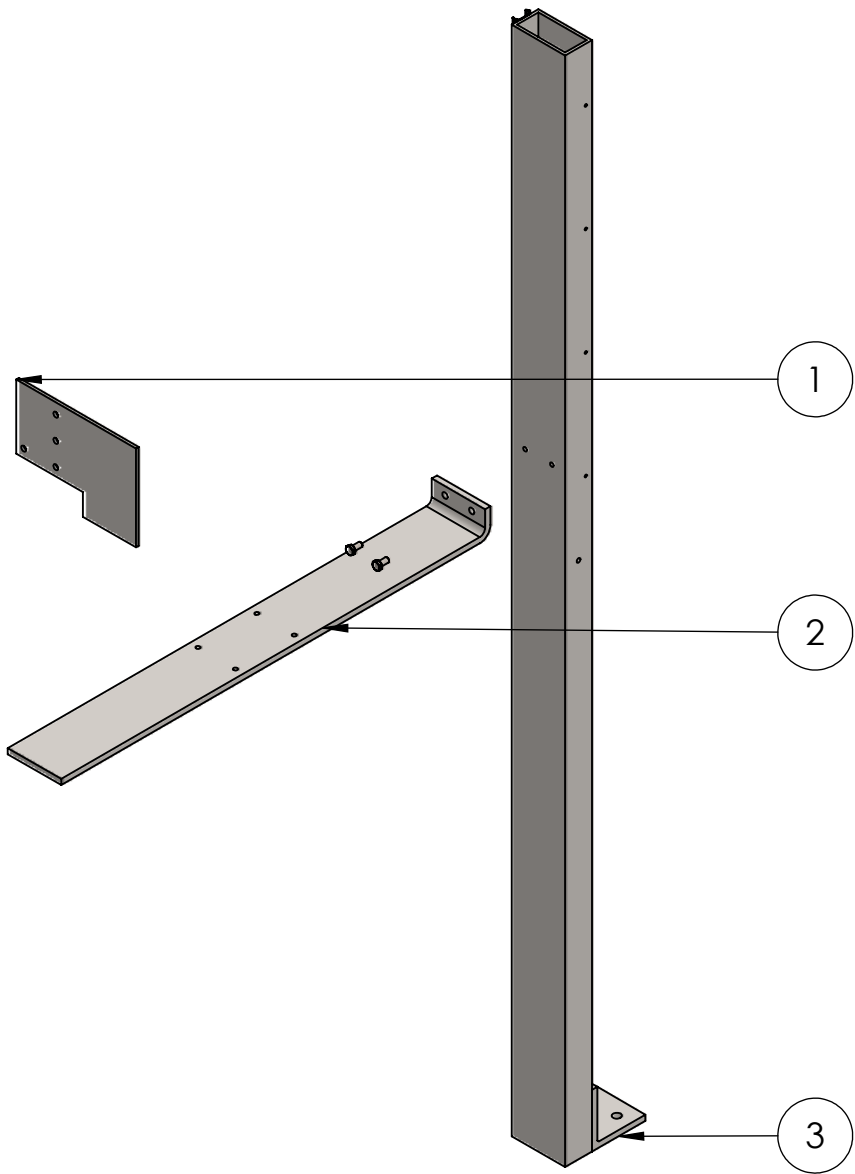


Material can be bought from Norsk Stål:
81629: 2,0 x 1000 x 2000 mm


 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels			DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Beskyttelsesdeksel_Rammeverk_Barriere		
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken			
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen			
Approved by:			Eirik Brendeløkken	DWG NO. BB-201-2		A4
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				SCALE:1:20 SHEET 27		

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Ramme_Verk_tøyholder_1	S355JR	RV-001-1	1
2	Ramme_Verk_tøyholder_2	S355JR	RV-001-2	1
3	Sammenstilling_Rammeverk	S355JR	RV-101	1
4	ISO 10642 - M4 x 8 --- 8S	Storage	111	11
5	ISO 4017 - M8 x 16-N	Storage	111	2

ISO 10642 bolts for mounting rail to part number 3



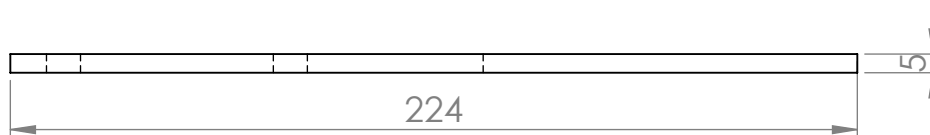
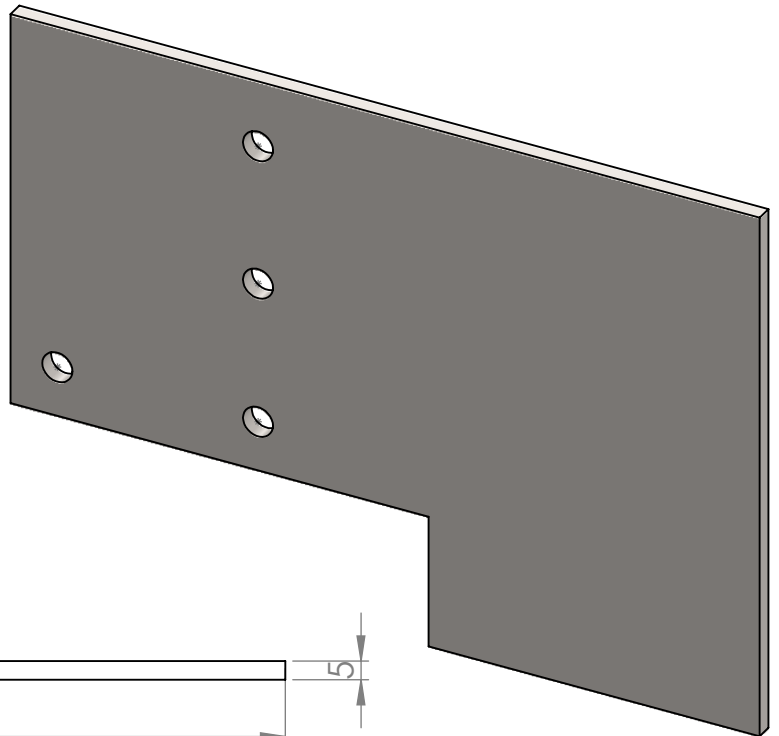
SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A		
NAME		SIGNATURE		DATE	TITLE:				
Designed by:		Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	06.05.2015	Sammenstilling_Rammeverk_Verk_tøyholder				
Checked by:		Erik Michalsen	Erik Michalsen	08.05.2015					
Approved by:		Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015					
Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129					DWG NO.		RV-001	A3	
					SCALE: 1:10		SHEET 28		

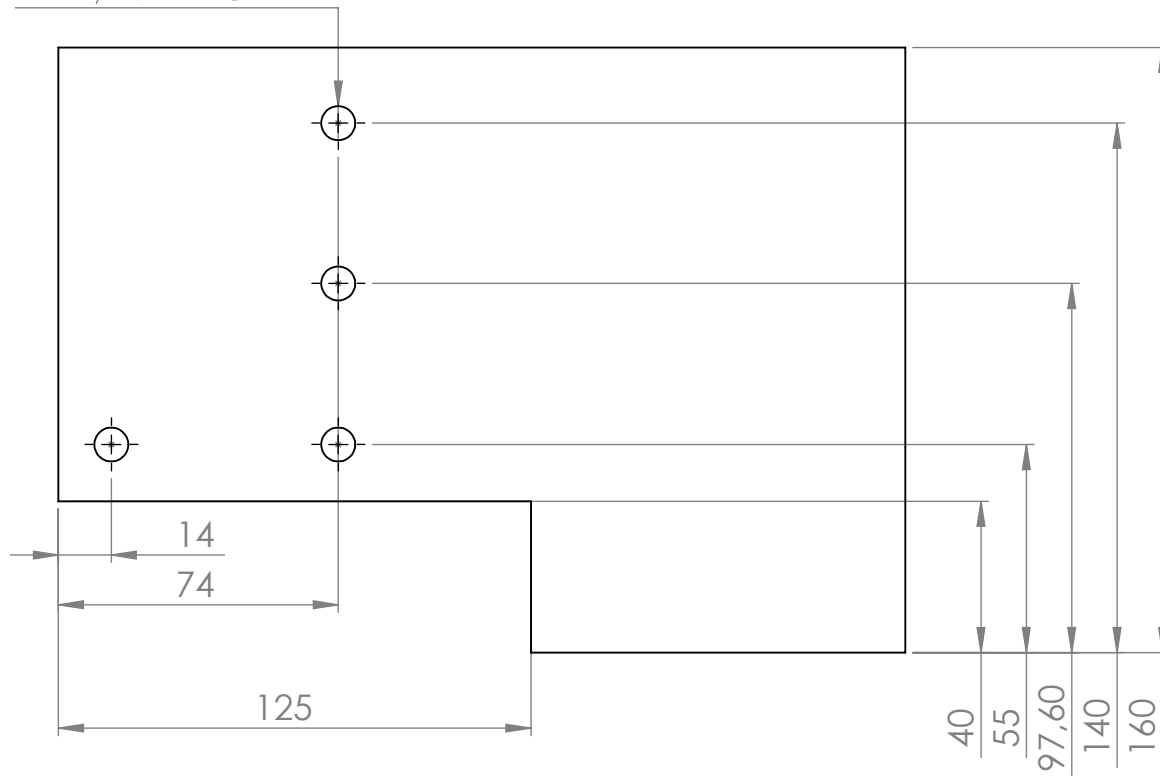
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Ramme_Verk_tøyholder_1	S355JR	111	1

Material can be bought from
Norsk Stål:
312278: 5,0 x 1250 x 2500 mm

All holes are M8 clearance holes



4 x \varnothing 9 THRU ALL



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

Designed by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

06.05.2015

Checked by:

Eirik Michalsen

Eirik Michalsen

08.05.2015

Approved by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

10.05.2015

TITLE:

Ramme_Verk_tøyholder_1

DWG NO.

RV-001-1

A4

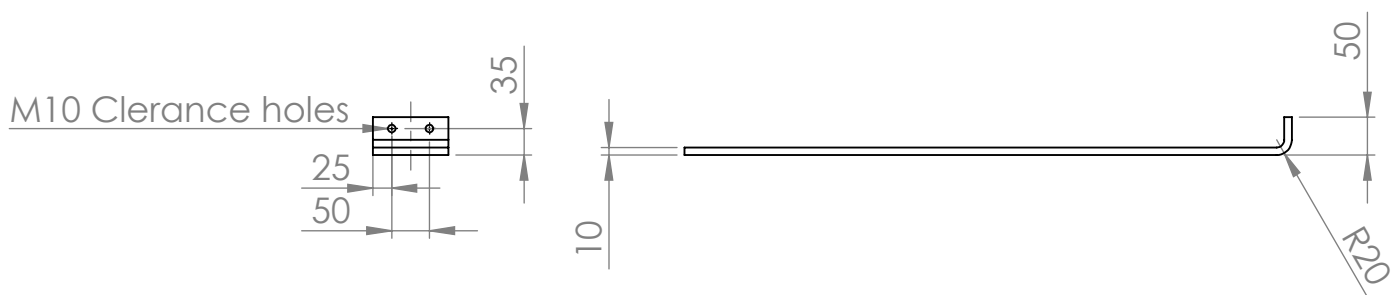
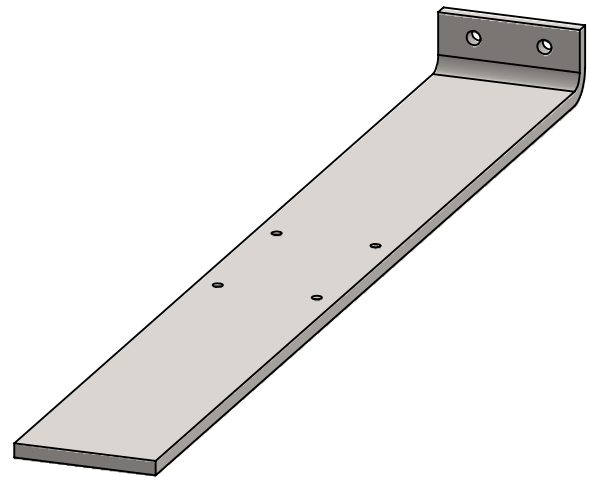
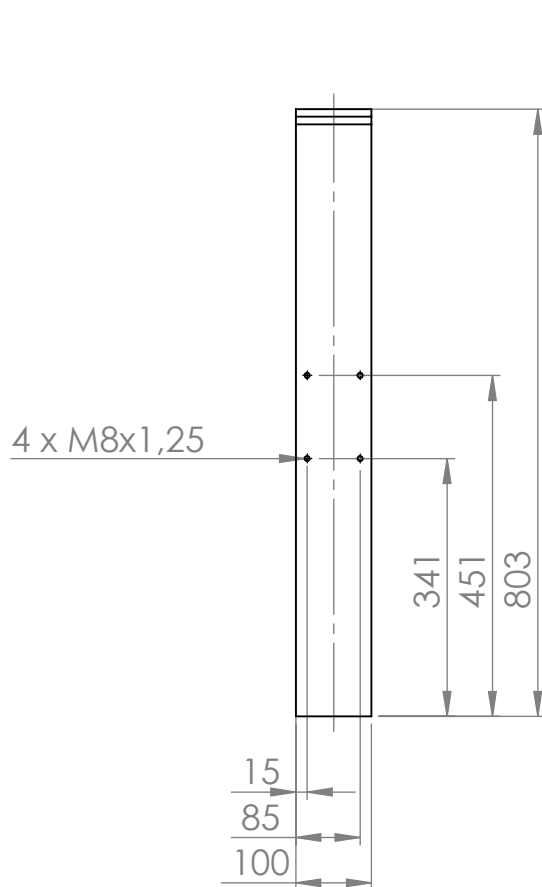
SCALE: 1:2

SHEET 29



SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

*Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129*

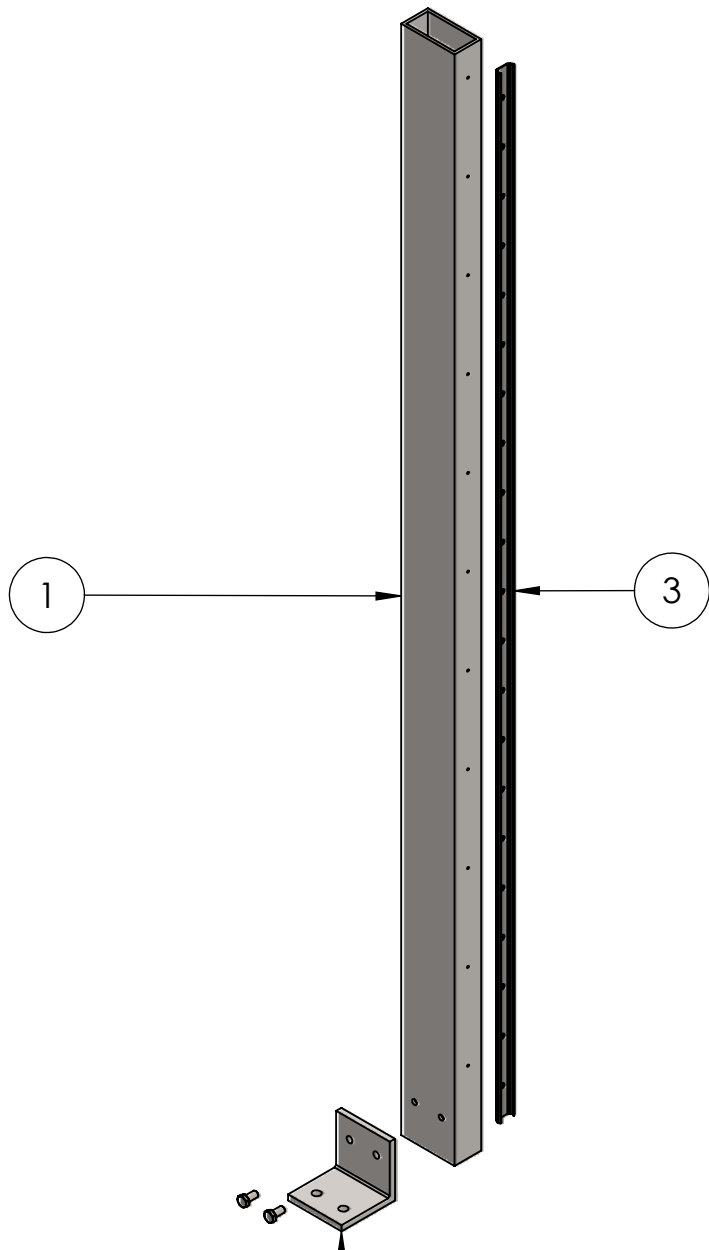
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Ramme_Verk_tøyholder_2	S355JR	111	1




Material can be bought from Norsk Stål:
81996: 100 x 10 mm x 6 m

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels			DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A			
	NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE: Ramme_Verk_tøyholder_2				
	Designed by: Eirik Brendeløkken		Eirik Brendeløkken		06.05.2015						
	Checked by: Erik Michalsen		Eirik Michalsen		08.05.2015						
	Approved by: Eirik Brendeløkken		Eirik Brendeløkken		10.05.2015						
<div>SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only.</div> <div>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129</div>						DWG NO.		RV-001-2		A4	
						SCALE: 1:10			SHEET 30		

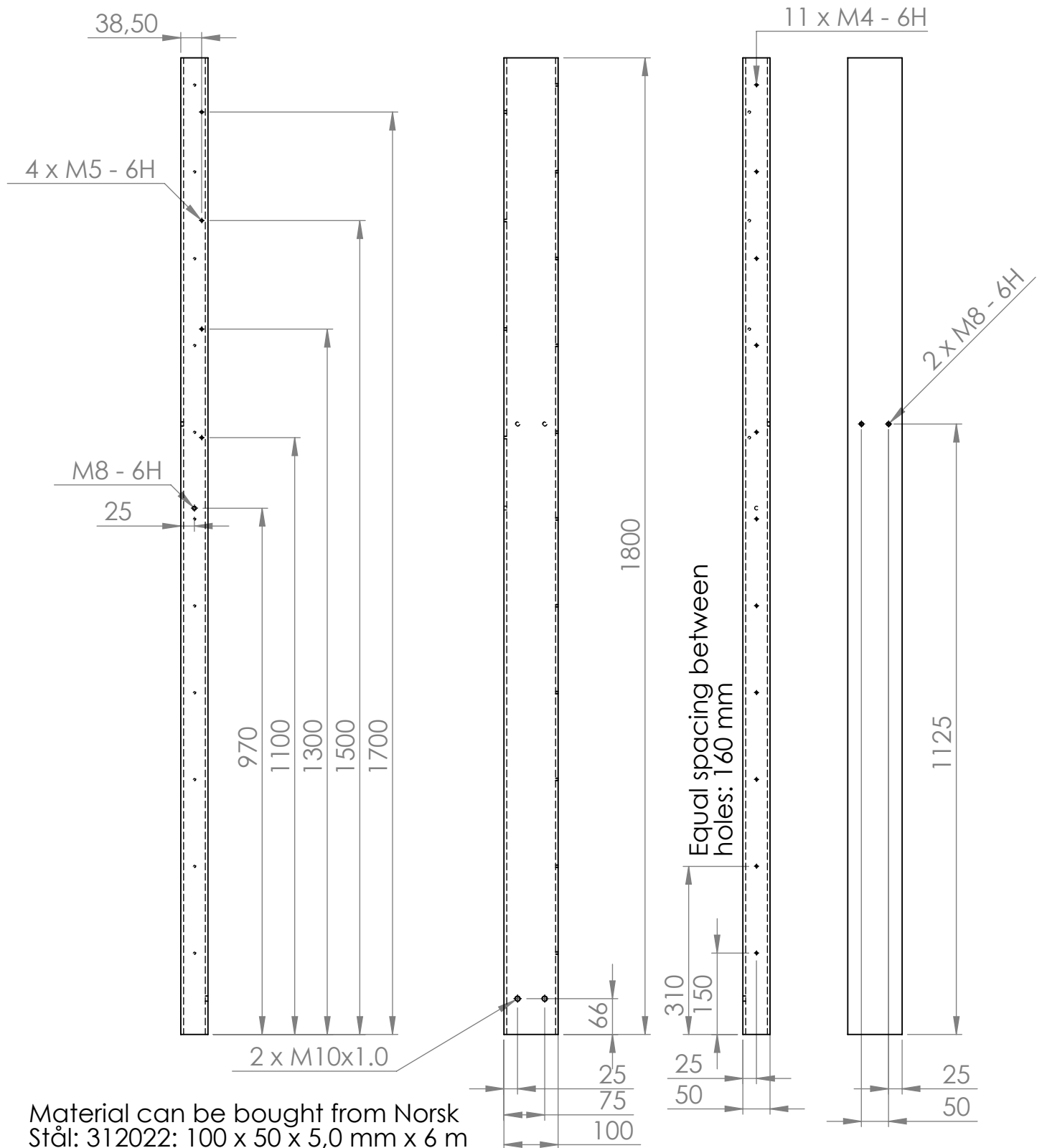
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Ramme_Verktholder_3	S355JR	RV-101-1	1
2	Gulvfeste_Vinkel_3	S355JR	RV-101-2	1
3	Rail-FFR1529SS1700-50_50-AluFlex (Tom skinne)	AISI 304/Order	BB-201-4	1
4	ISO 4017 - M10 x 20-N	Storage	111	2



SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

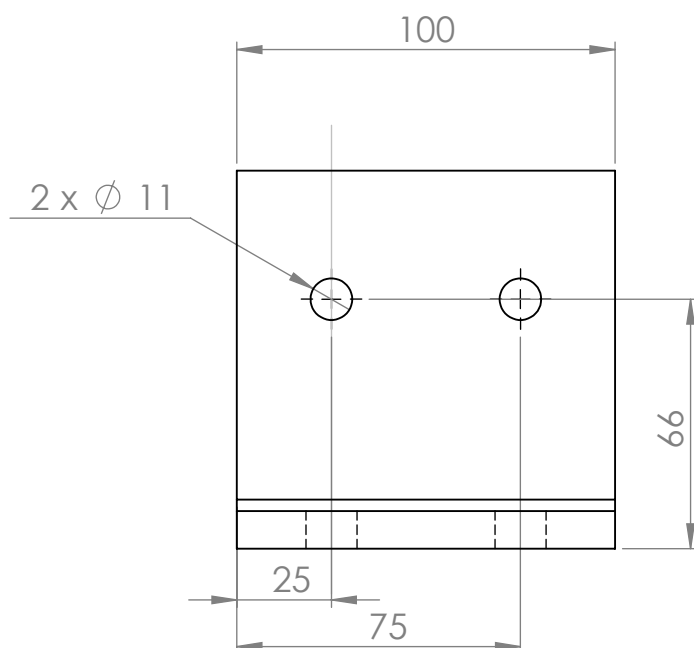
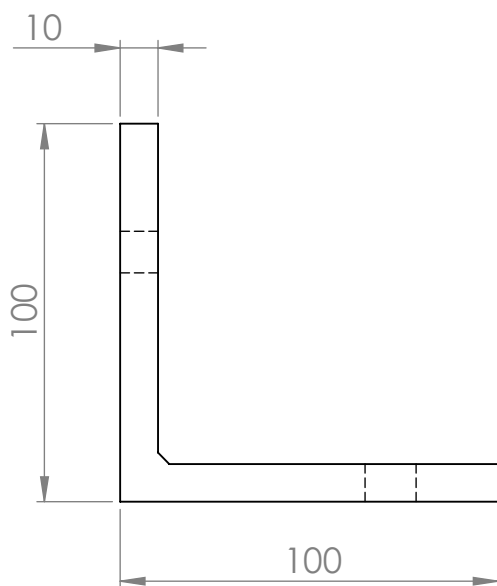
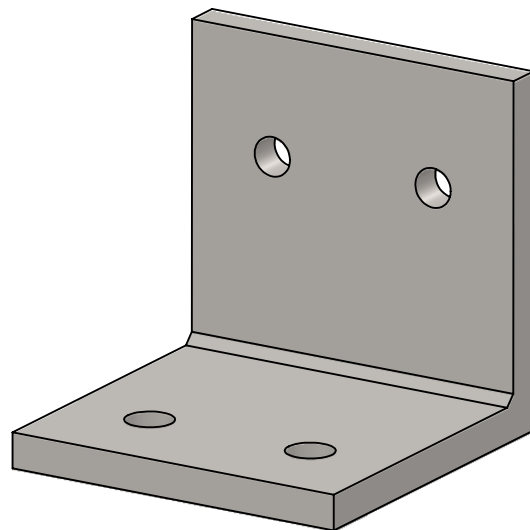
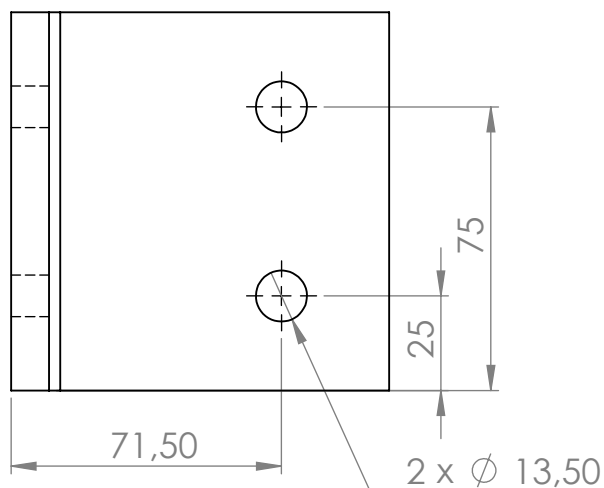
		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A		
NAME		SIGNATURE		DATE	TITLE:				
Designed by:		Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	06.05.2015	Sammenstilling_Rammeverk				
Checked by:		Erik Michalsen	Erik Michalsen	08.05.2015					
Approved by:		Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015					
Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129					DWG NO.		RV-101		A3
					SCALE: 1:10		SHEET 31		

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Ramme_Verktholder_3	S355JR	111	1



 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Ramme_Verktholder_3		
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken			
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen			
	Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	SCALE: 1:10		
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				DWG NO.		A4
				RV-101-1		
				SHEET 32		

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Gulvfeste_Vinkel_3	S355JR	111	1



Material can be bought from Norsk Stål:
312556: 100 x 100 x 10 mm x 6 m



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

Designed by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

06.05.2015

Checked by:

Eirik Michalsen

Eirik Michalsen

08.05.2015

Approved by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

10.05.2015

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

TITLE:

Gulvfeste_Vinkel_3

DWG NO.

RV-101-2

A4

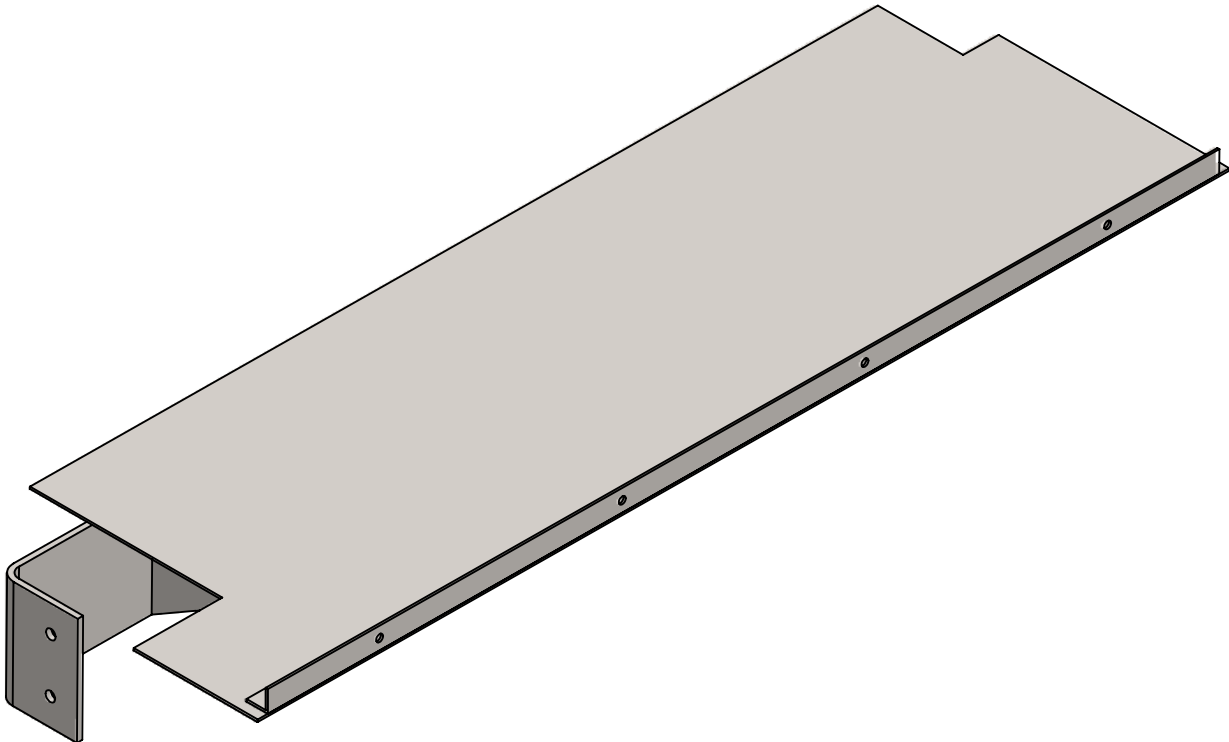
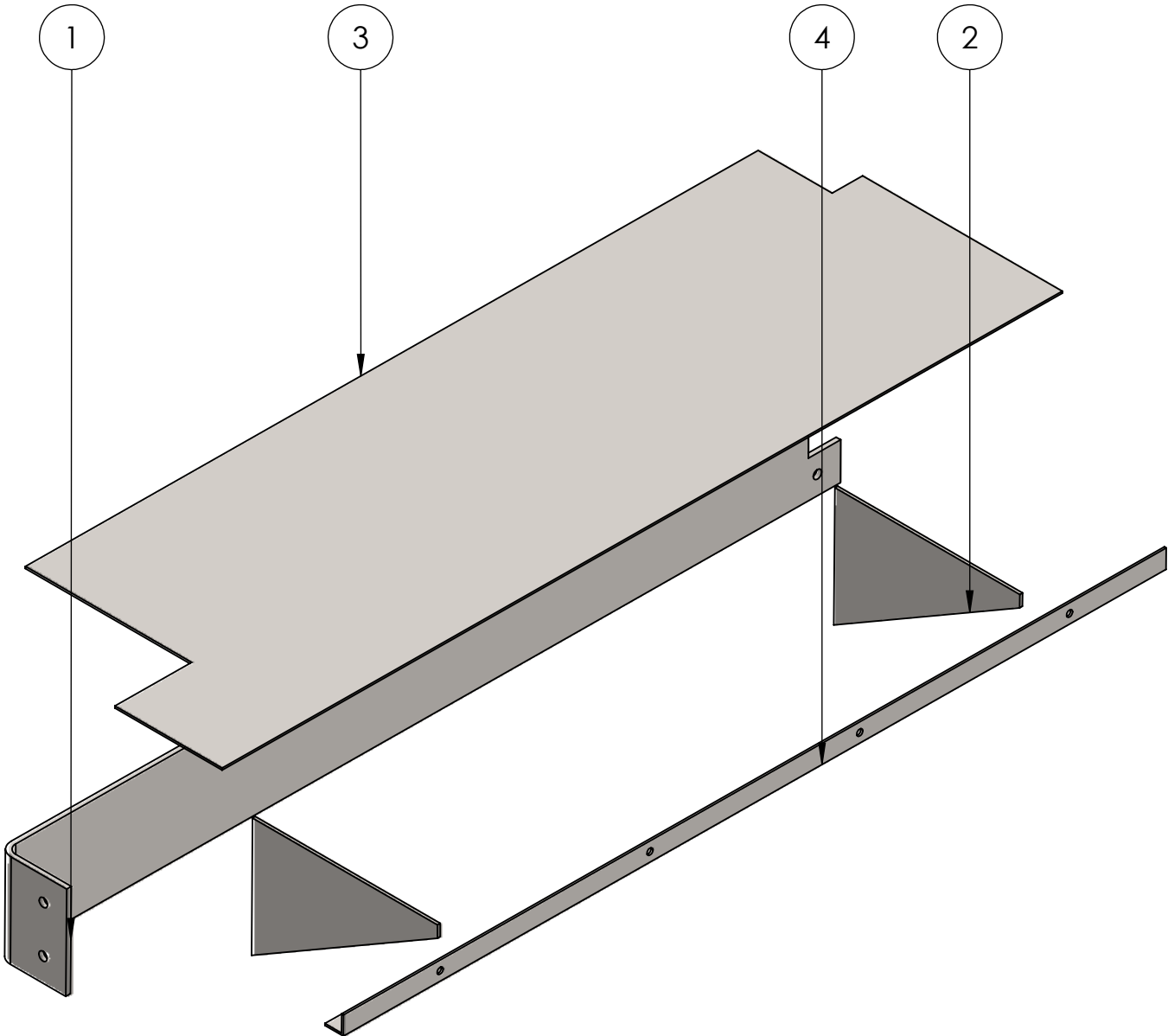
SCALE: 1:2

SHEET 33


SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

*Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129*

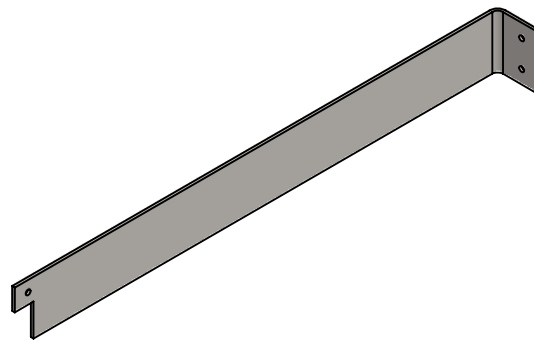
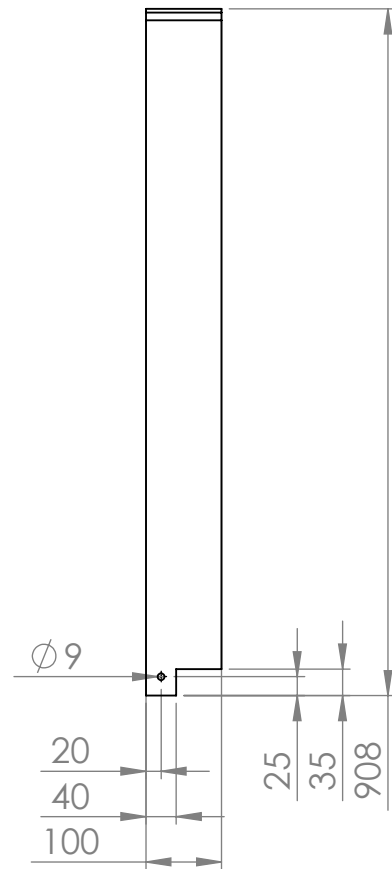
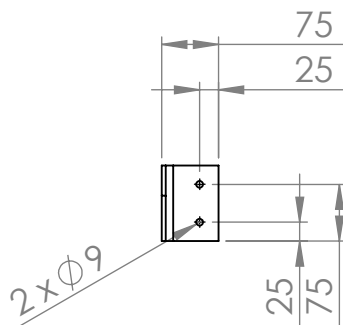
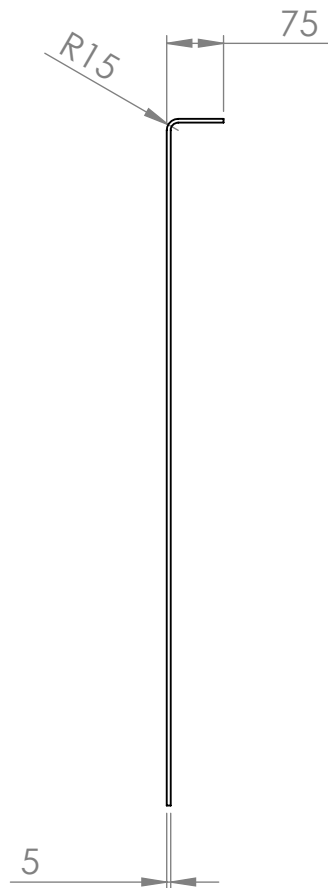
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Ramme_Plate_Benk_B arriere	S235JR	B-001-1	1
2	Bord_Støtter	S235JR	B-001-2	2
3	Plate_Benk_Utbygging	S235JR	B-001-3	1
4	Vinkel_Bord	S235JR	B-001-4	1



SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A			
		NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE:					
Designed by:		Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	07.05.2015		Sammenstilling_Bord					
Checked by:		Eirik Michalsen	Eirik Michalsen	08.05.2015							
Approved by:		Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015							
Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129						DWG NO.		B-001		A3	
						SCALE: 1:5		SHEET 34			

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Ramme_Plate_Benk_Barriere	S235JR	111	1

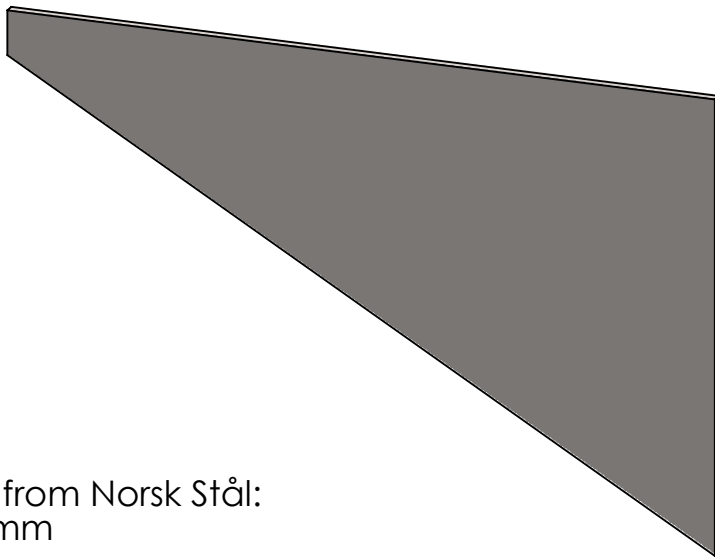
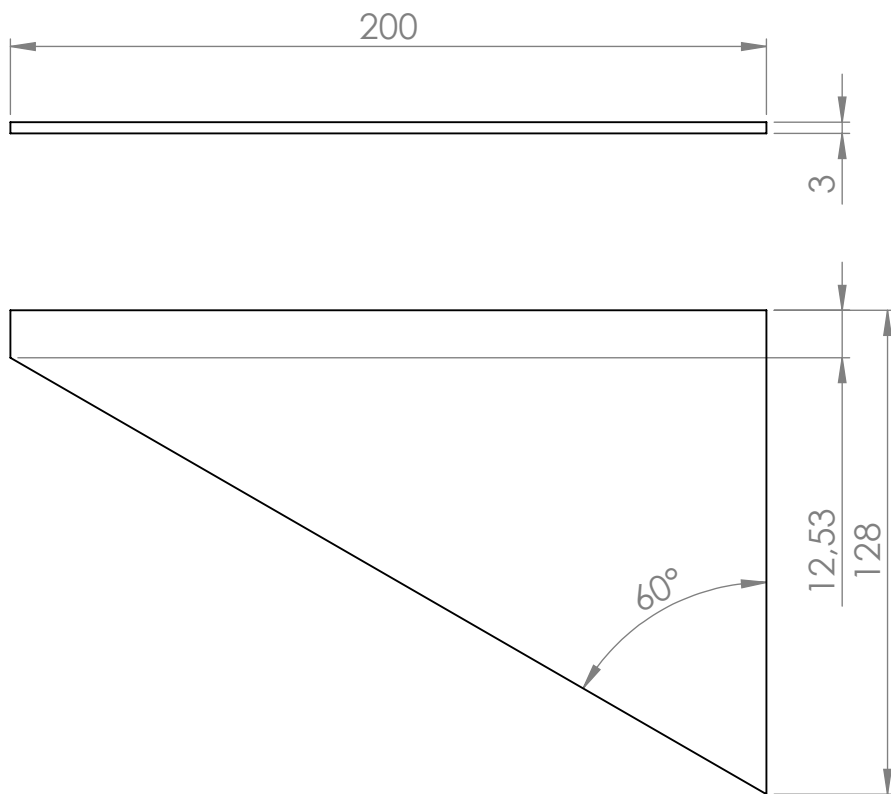


All holes are M8 clearance holes



Material can be bought from Norsk Stål:
316357: 100 x 5,0 mm x 6 m

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Ramme_Plate_Benk_Barriere		
	Designed by: Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	07.05.2015			
	Checked by: Erik Michalsen	Eirik Michalsen	08.05.2015			
Approved by: Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015				
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				DWG NO.	B-001-1	A4
				SCALE: 1:10	SHEET 35	

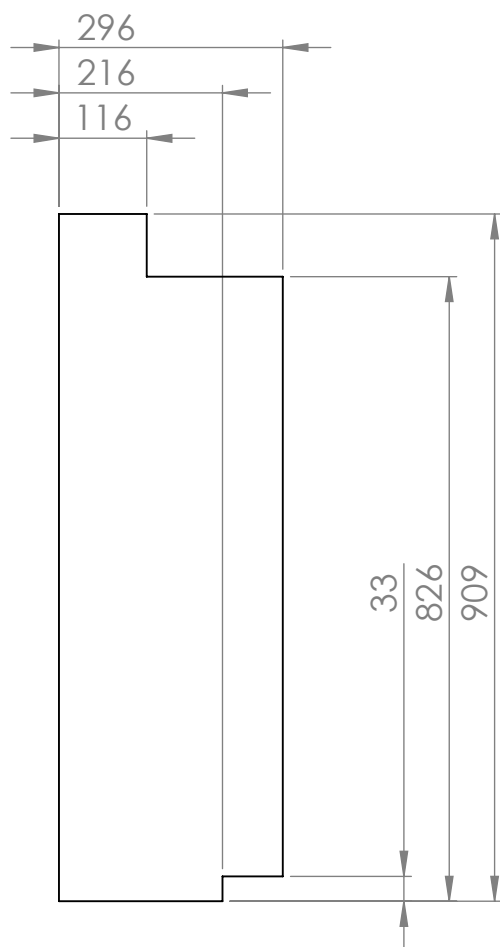
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Bord_Støtter	S235JR	111	2



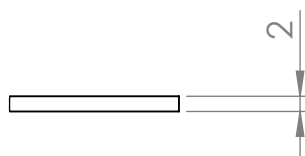
Material can be bought from Norsk Stål:
54591: 3,0 x 3000 x 2000 mm

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A	
	NAME Eirik Brendeløkken Eirik Michalsen Eirik Brendeløkken	SIGNATURE Eirik Brendeløkken Eirik Michalsen Eirik Brendeløkken	DATE 07.05.2015 08.05.2015 10.05.2015	TITLE: Bord_Støtter			
Designed by: Checked by: Approved by:			DWG NO. B-001-2				A4
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129			SCALE: 1:2				SHEET 36

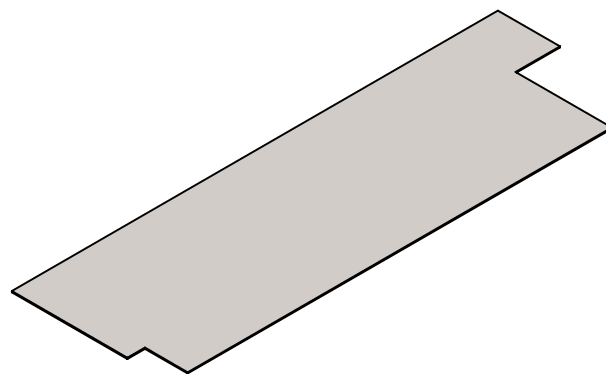
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Plate_Benk_Utbygging	S235JR	111	1





— ⊙ A



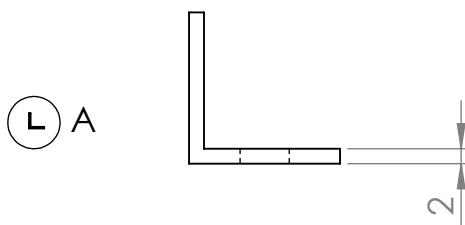
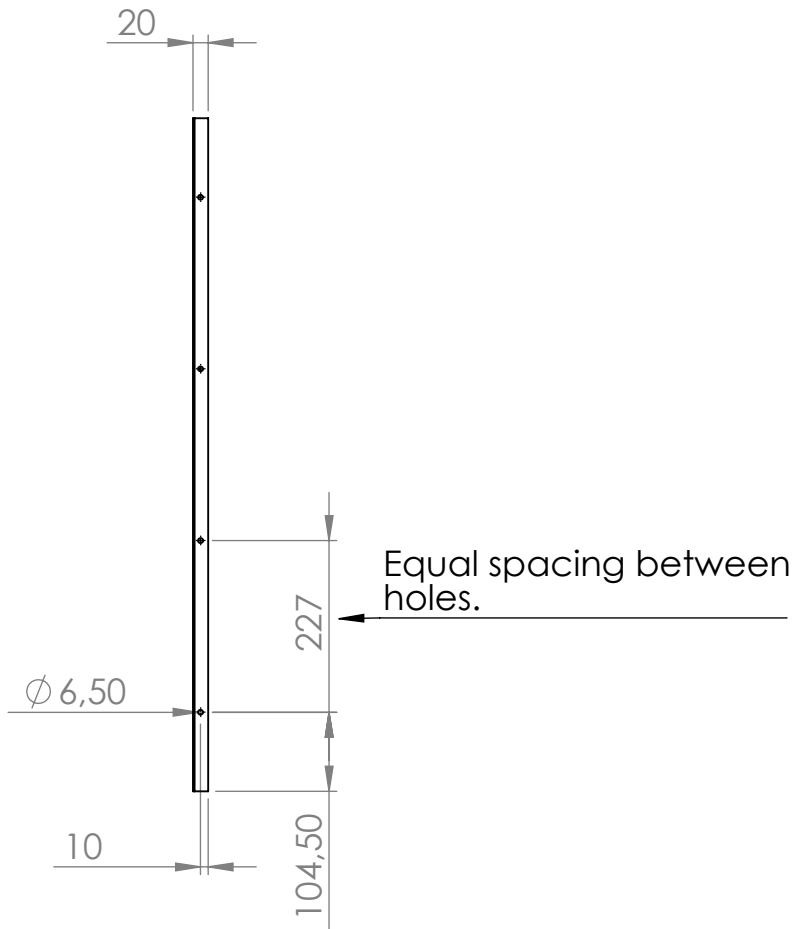
DETAIL A
SCALE 1 : 1



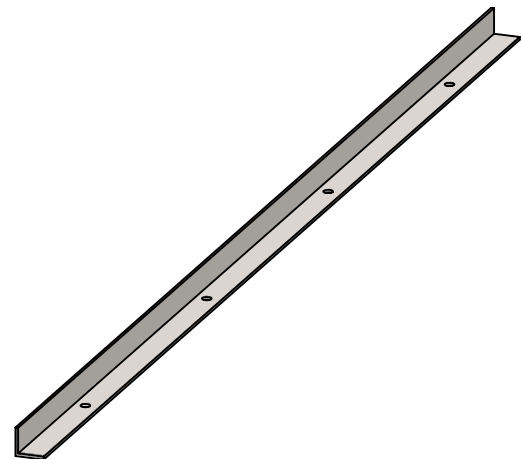
Material can be bought from Norsk Stål:
81629: 2,0 x 1000 x 2000 mm

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A
	Designed by: Checked by: Approved by:	Eirik Brendeløkken Erik Michalsen Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken Erik Michalsen Eirik Brendeløkken	DATE 07.05.2015 08.05.2015 10.05.2015	TITLE: Plate_Benk_Utbygging	
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>					DWG NO. B-001-3	A4
					SCALE: 1:10	SHEET 37

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Vinkel_Bord	S235JR	111	1





DETAIL A
SCALE 1 : 1

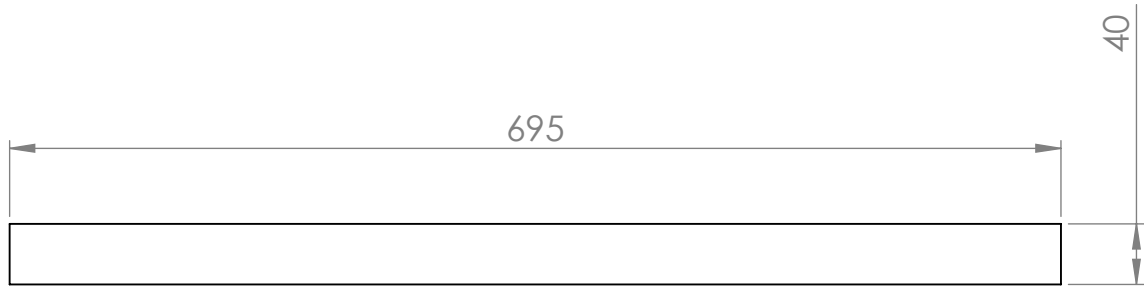


All holes are M6 clearance holes

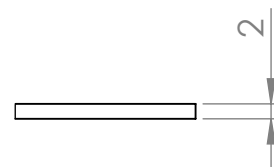
Material can be bought from Norsk Stål:
81629: 2,0 x 1000 x 2000 mm

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A
	Designed by: Checked by: Approved by:	Eirik Brendeløkken Erik Michalsen Eirik Brendeløkken	SIGNATURE Eirik Brendeløkken Erik Michalsen Eirik Brendeløkken	DATE 07.05.2015 08.05.2015 10.05.2015	TITLE: Vinkel_Bord		
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>					DWG NO.	B-001-4	A4
					SCALE: 1:10	SHEET 38	

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Rulleplate_For_Hjul	S235JR	111	1

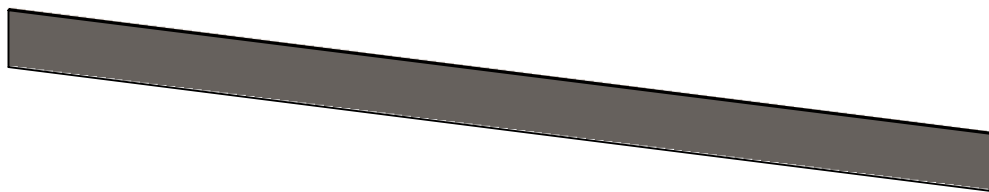


Point weld part to the backwall
on the EDM machine



Material can be bought from Norsk
Stål: 81629: 2,0 x 1000 x 2000 mm

DETAIL A
SCALE 1 : 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

Designed by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

04.05.2015

Checked by:

Eirik Michalsen

Eirik Michalsen

05.05.2015

Approved by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

10.05.2015

TITLE:

Rulleplate_For_Hjul

DWG NO.

RH-001

A4

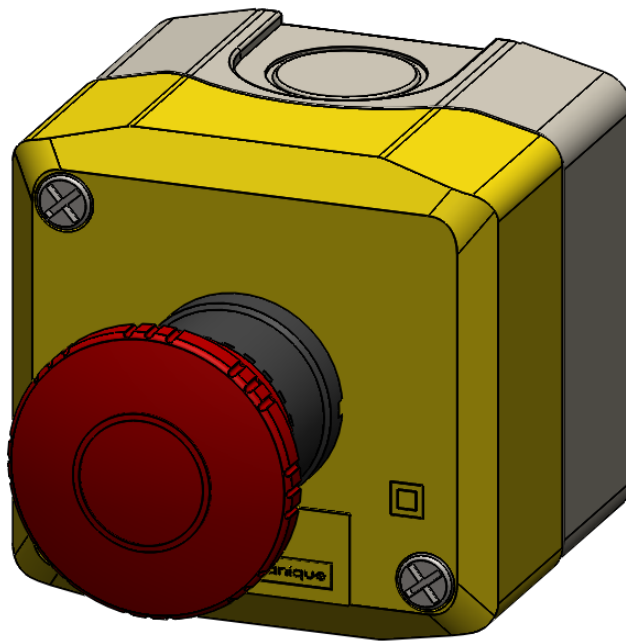
SCALE: 1:5

SHEET 39


SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

*Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129*

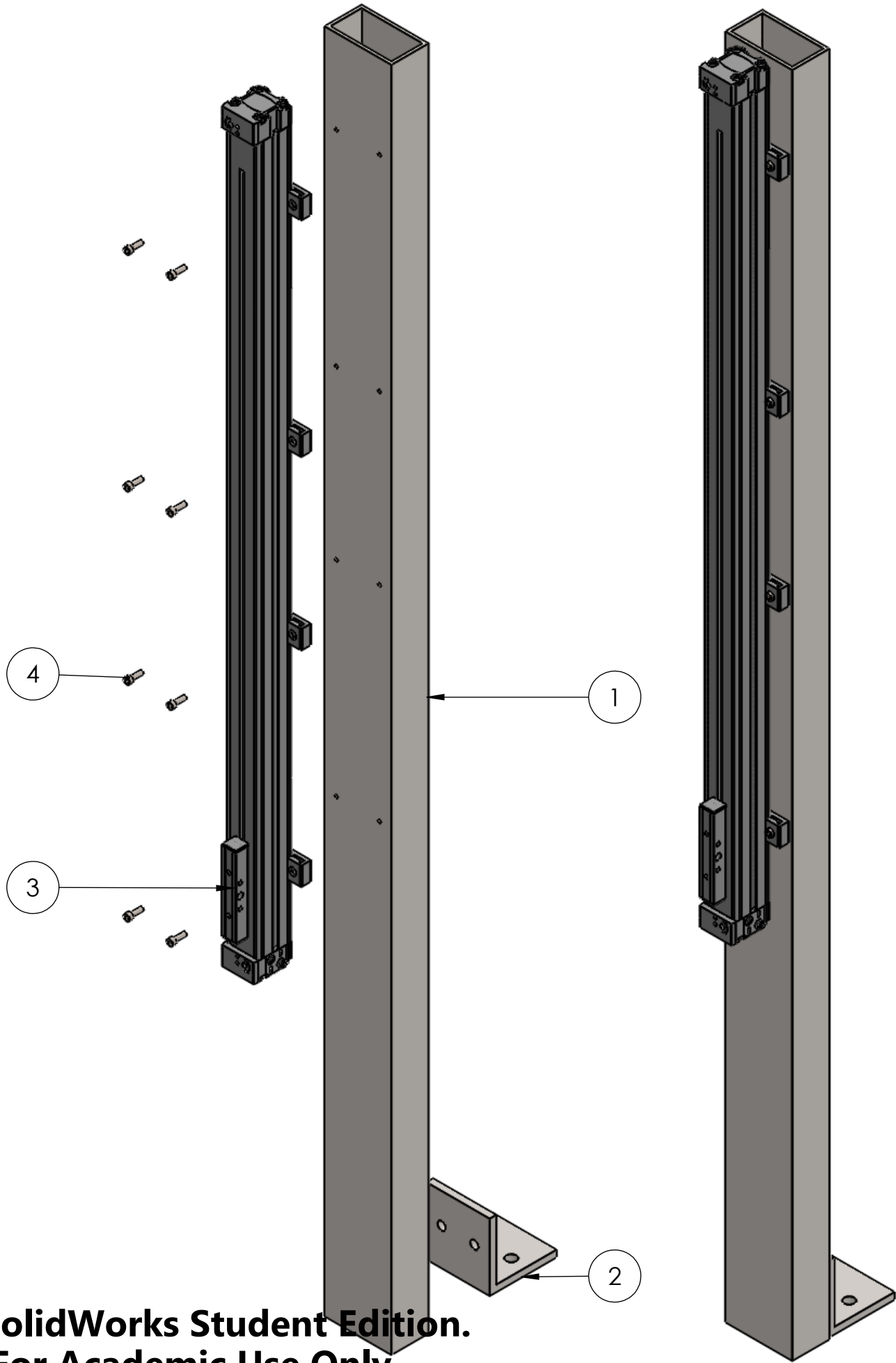
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Emergency_Stop_Button_-_Assy	Order	111	1




Model of the emergency stop button

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 3768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A
	Designed by: Checked by: Approved by:	NAME Eirik Brendeløkken Erik Michalsen Eirik Brendeløkken	SIGNATURE Eirik Brendeløkken Erik Michalsen Eirik Brendeløkken	DATE 04.05.2015 05.05.2015 10.05.2015	TITLE: Nødstopp_Modell	
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				DWG NO.		ES-001
				SCALE:1:1		SHEET 40

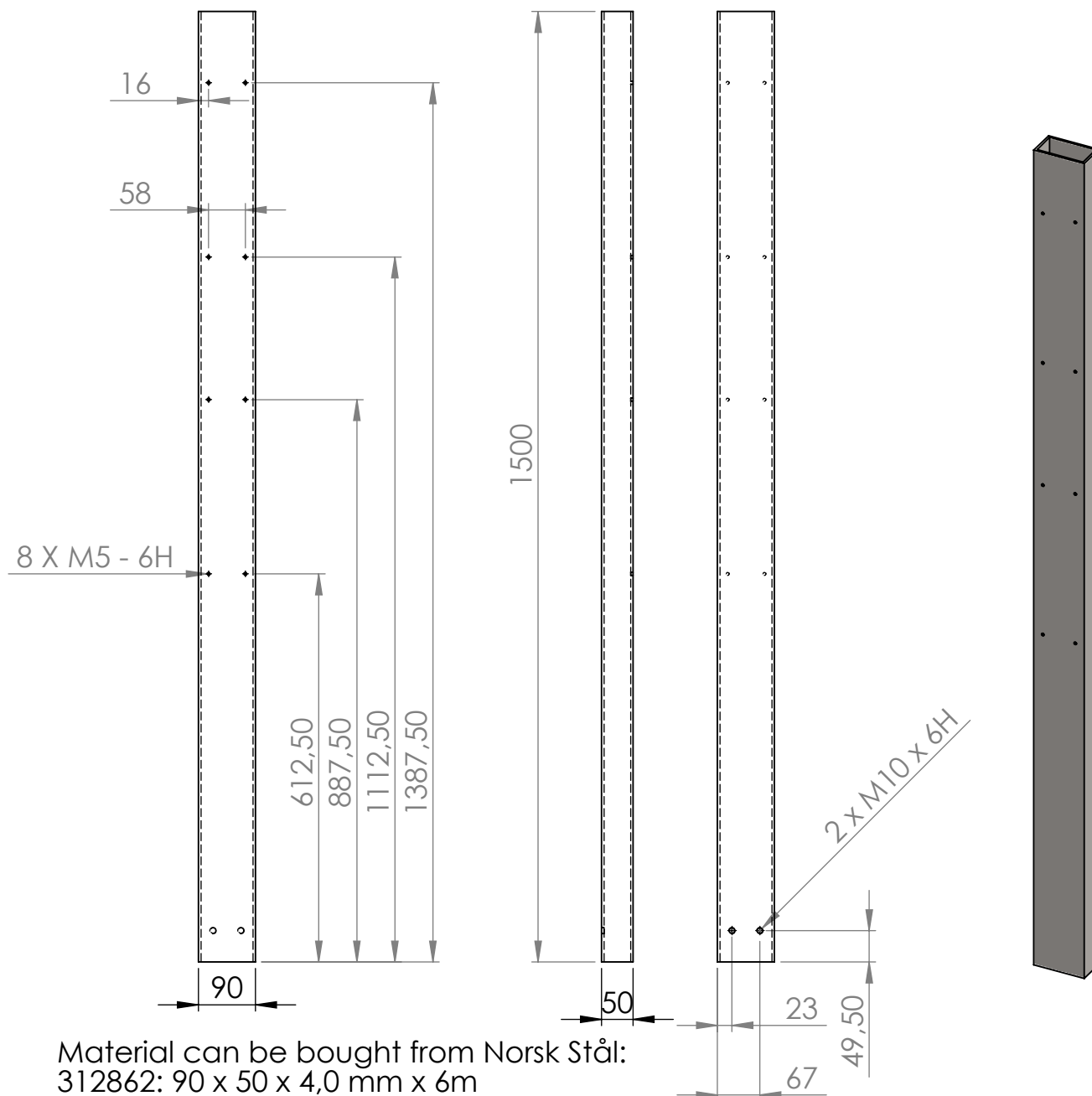
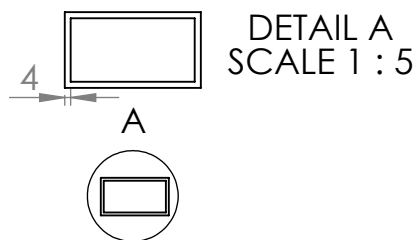
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Rammeverk_Pneumatsik_Sylinder	S355JR	RP-131-1	1
2	Vinkel_Rammeverk_Pneumatisk_Sylinder	S355JR	RP-131-2	1
3	Sammenstilling_Pneumatisk_Føring	Order	RP-132	1
4	ISO 4762 M5 x 16 --- 16N			8



SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A						
NAME		SIGNATURE		DATE	TITLE:								
Designed by:		Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	04.05.2015	Sammenstilling_Rammekonstruksjon_For_Pneumatisk_Sylinder								
Checked by:		Erik Michalsen	Erik Michalsen	05.05.2015									
Approved by:		Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015									
<i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>								DWG NO.		RP-131		A3	
								SCALE: 1:5		SHEET 41			

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Rammeverk_Pneumatsik_Sylinder	S355JR	111	1



Material can be bought from Norsk Stål:
312862: 90 x 50 x 4,0 mm x 6m



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

Designed by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

04.05.2015

Checked by:

Eirik Michalsen

Eirik Michalsen

05.05.2015

Approved by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

10.05.2015

TITLE:

Rammeverk_Pneumatisk_Sylinder

DWG NO.

RP-131-1

A4

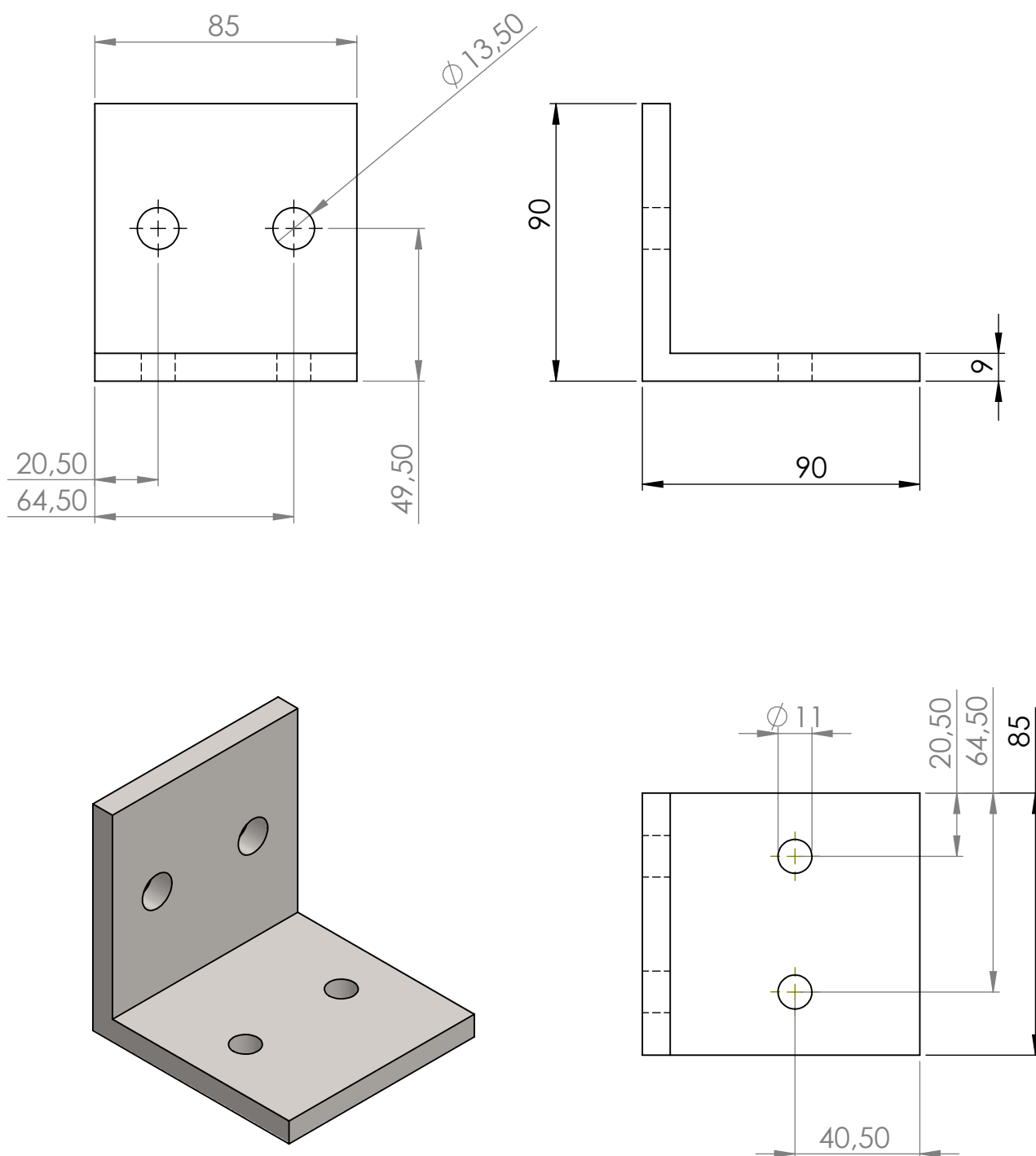
SCALE: 1:10

SHEET 42



SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129

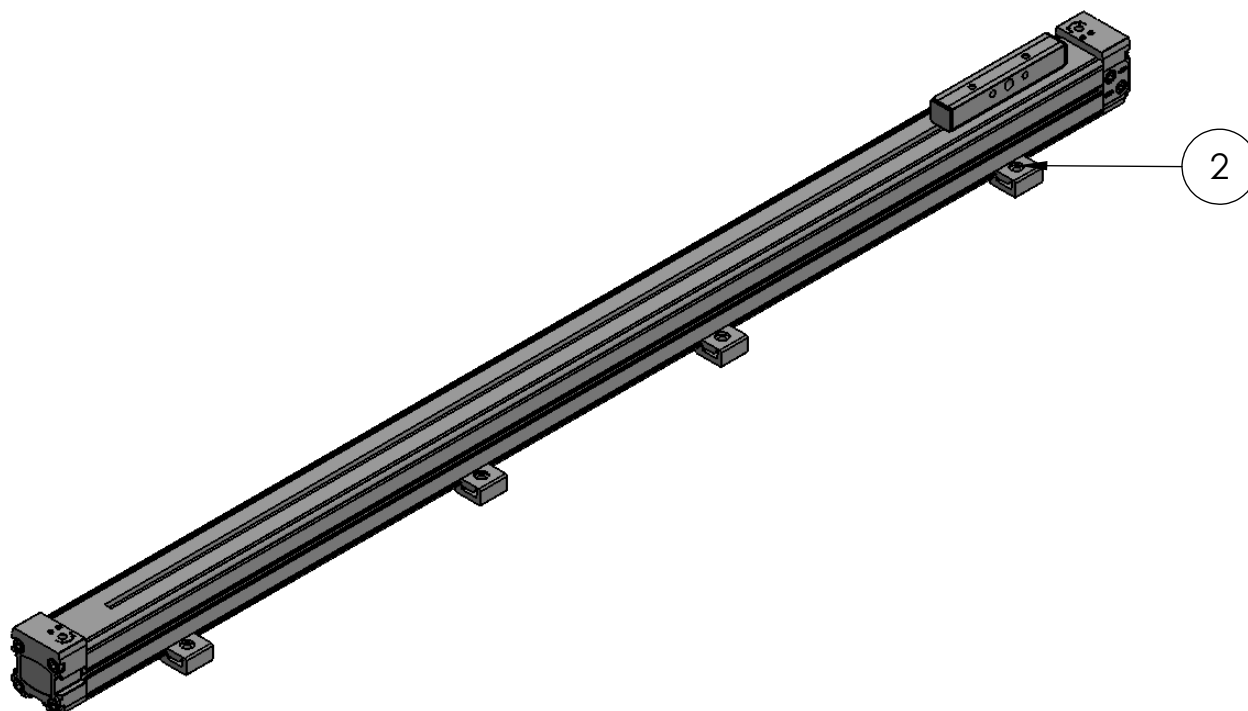
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Vinkel_Rammeverk_Pneumatisk_Sylinder	S355JR	111	1





Material can be bought from Norsk Stål:
312555: 90 x 90 x 9,0mm x 12m

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels			DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Vinkel_Rammeverk_Pneumatisk_Sylinder		
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken			
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen			
Approved by:			Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken		
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				DWG NO.	RP-131-2	A4
				SCALE: 1:2	SHEET 43	

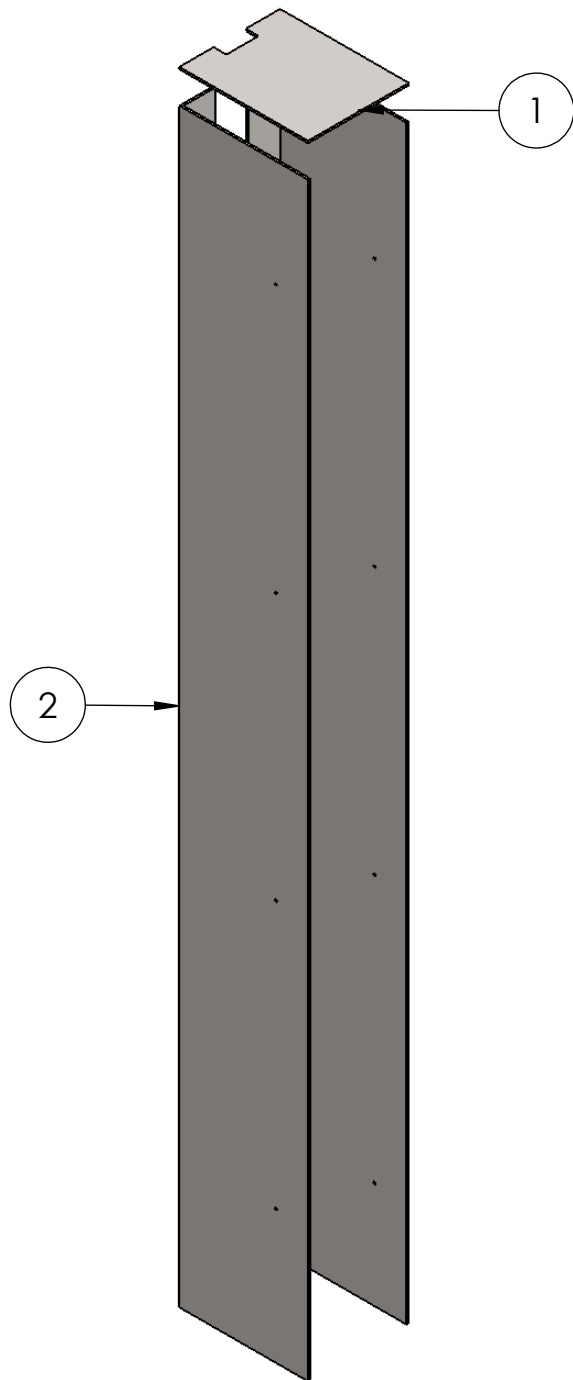
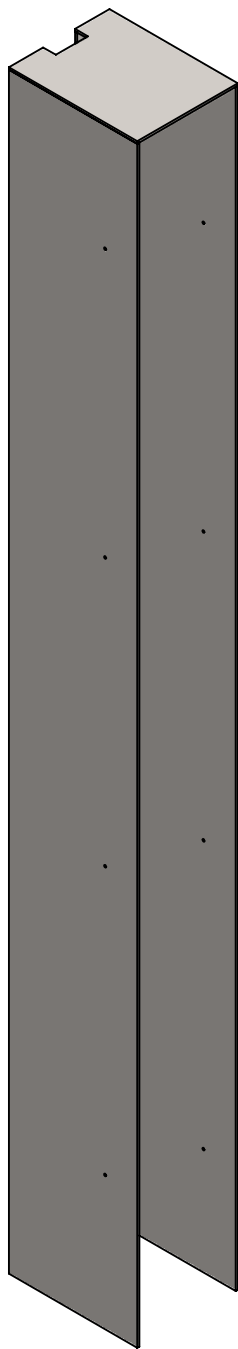
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	1312501 DGC-K-25-800-PPV-A-GK---(0)	Order	111	1
2	150736 MUP-18_25---(0_47)	Order	111	4



This assembly is made to show the components from Festo that is included in the pneumatic cylinder

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A	
	NAME Eirik Brendeløkken	SIGNATURE Eirik Brendeløkken	DATE 04.05.2015	TITLE: Sammenstilling_Pneumatisk_Føring			
Designed by: Checked by: Approved by:	Eirik Brendeløkken Eirik Michalsen Eirik Brendeløkken		04.05.2015 05.05.2015 10.05.2015	DWG NO. RP-132			A4
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129				SCALE: 1:5		SHEET 44	

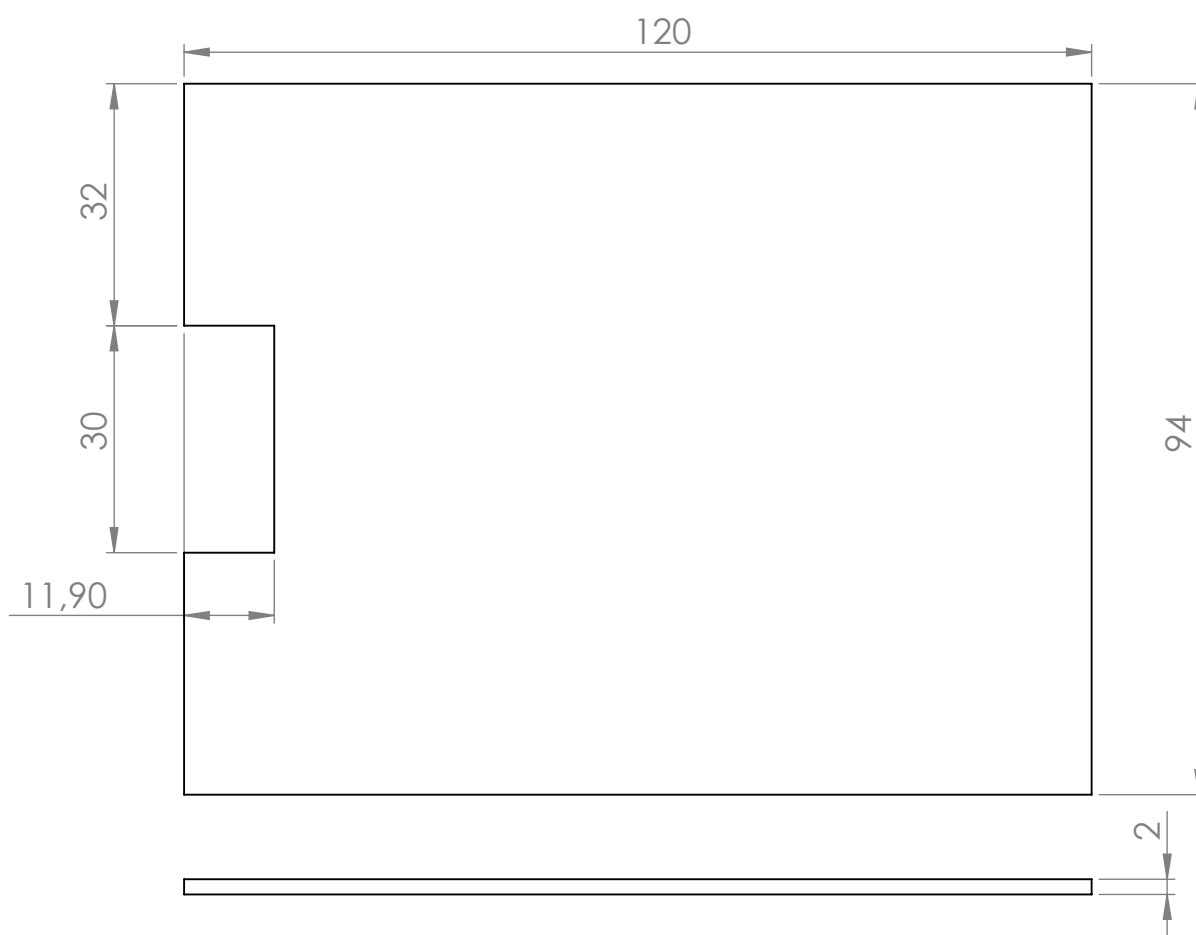
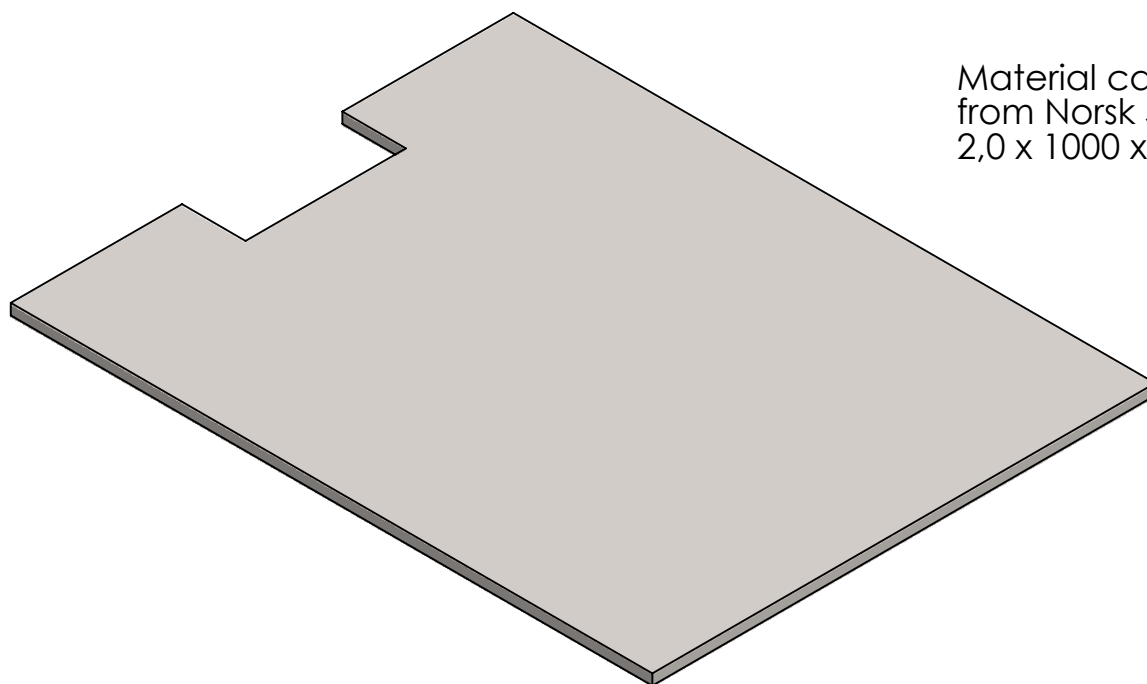
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Beskyttelse_Lokk	S235JR	BP-001-1	1
2	Beskyttelse_Side	S235JR	BP-001-2	2



 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:		
	Designed by: Erik Brendeløkken	Erik Brendeløkken	05.05.2015	Sammenstilling_Beskyttelse_Pneumatisk_Føring		
	Checked by: Erik Michalsen	Erik Michalsen	06.05.2015			
Approved by: Erik Brendeløkken	Erik Brendeløkken	10.05.2015	DWG NO. BP-001 A4			
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>			SCALE:1:5		SHEET 45	

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Beskyttelse_Lokk	S235JR	111	1

Material can be bought
from Norsk Stål: 81629:
2,0 x 1000 x 2000 mm



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

Designed by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

05.05.2015

Checked by:

Eirik Michalsen

Eirik Michalsen

06.05.2015

Approved by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

10.05.2015

TITLE:

Beskyttelse_Lokk

DWG NO.

BP-001-1

A4

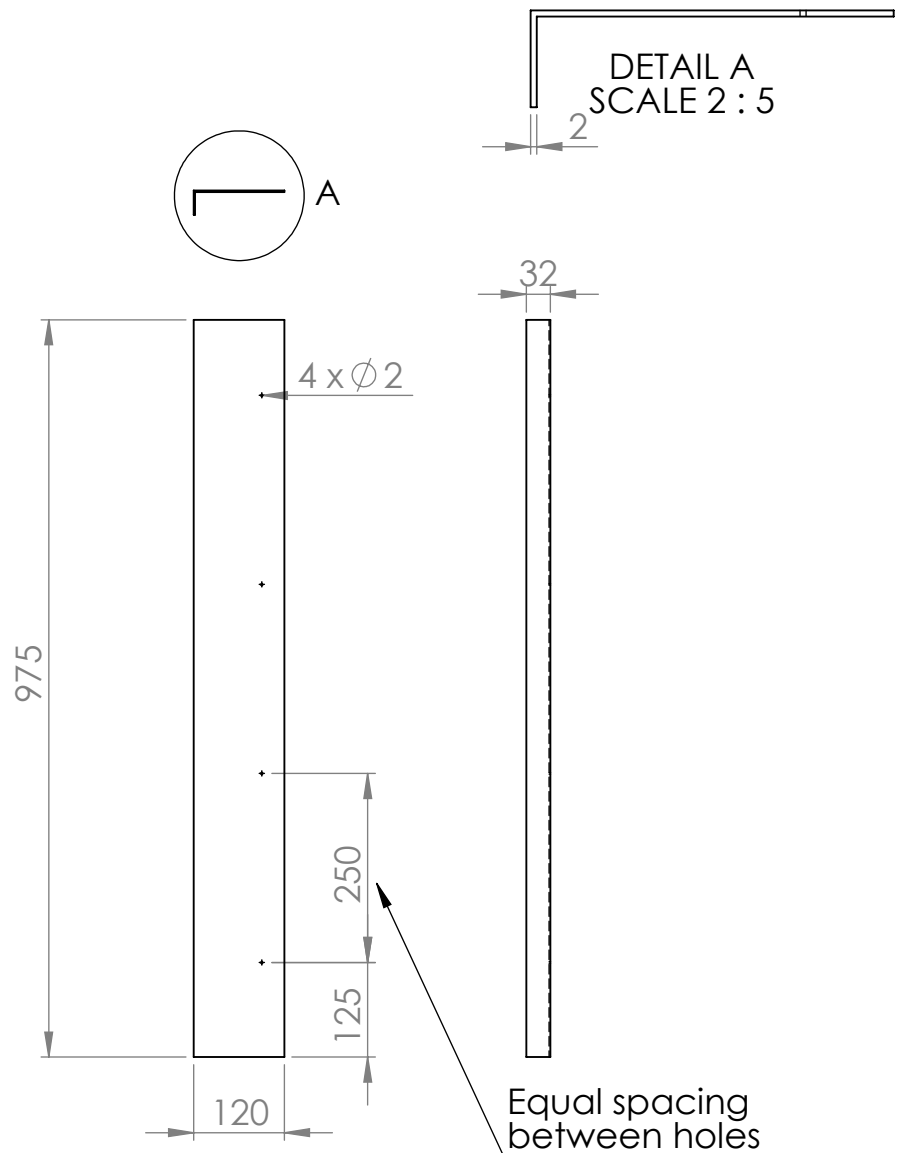
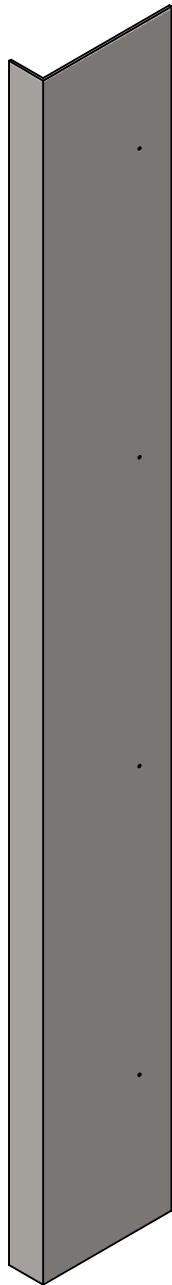
SCALE:1:1

SHEET 46

SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.



*Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129*

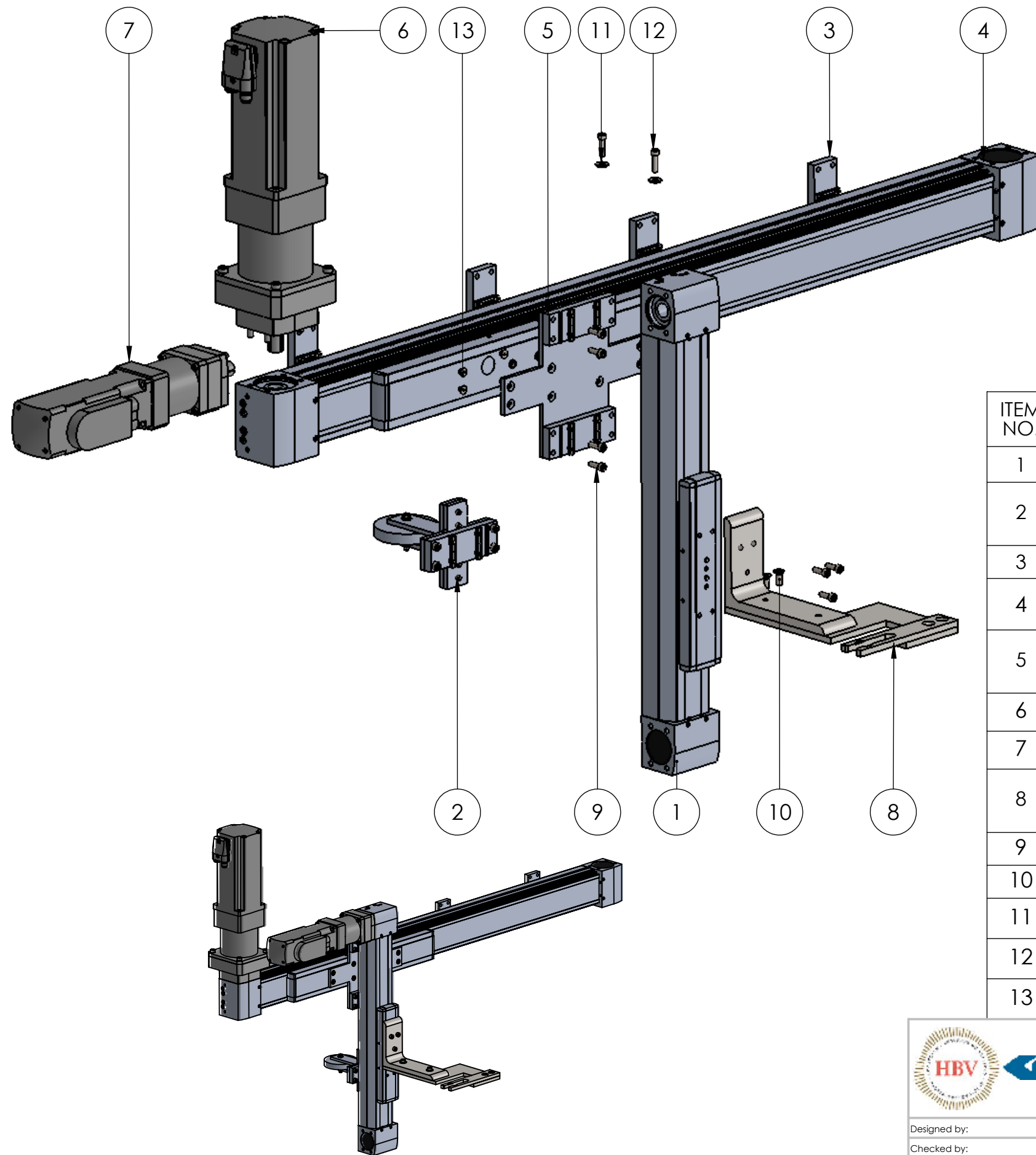
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Beskyttelse_Side	S235JR	111	2




Material can be bought
from Norsk Stål:
81629: 2,0 x 1000 x 2000 mm

All holes are guidance holes
for self tapping screws

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Beskyttelse_Side		
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken			
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen			
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015	DWG NO. BP-001-2		
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				SCALE: 1:10		SHEET 47

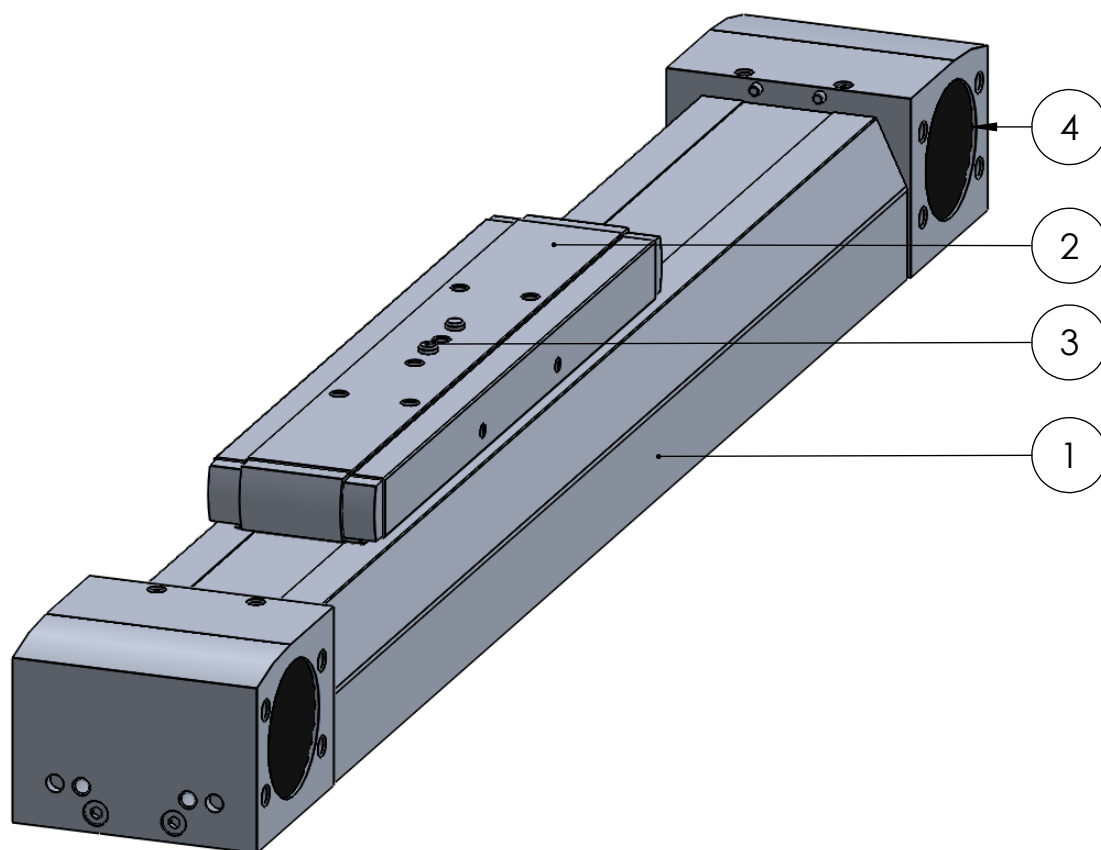




ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	570502 ELGA-TB-G-70-200-0H---(0)	Order	LF-001-1	1
2	Sammenstilling_Avlastningskonstruksjon_Hjul_V2	Specified in part	LF-101	1
3	3535188 EAHF-L5-80-P---(L3)	Order	LF-001-2	4
4	1371246 ELGA-TB-RF-80-600-0H---(0)	Order	LF-201	1
5	Sammenstilling_Monteringskloss_For_Føring	Specified in part	LF-301	1
6	Sammenstilling_Motor_80_Føring	Order	LF-401	1
7	Sammenstilling_Motor_70_Føring	Order	LF-501	1
8	Sammenstilling_Vinkel_Elektrodeholder_Linjærføring	Specified in part	LF-601	1
9	ISO 4762 M5 x 16 --- 16N	Storage	111	11
10	ISO 10642 - M6 x 16 --- 16N	Storage	111	2
11	ISO 10669-5.4-N	Storage	111	2
12	ISO 4762 M5 x 20 --- 20N	Storage	111	2
13	ISO 10642 - M5 x 12 --- 12N	Storage	111	8

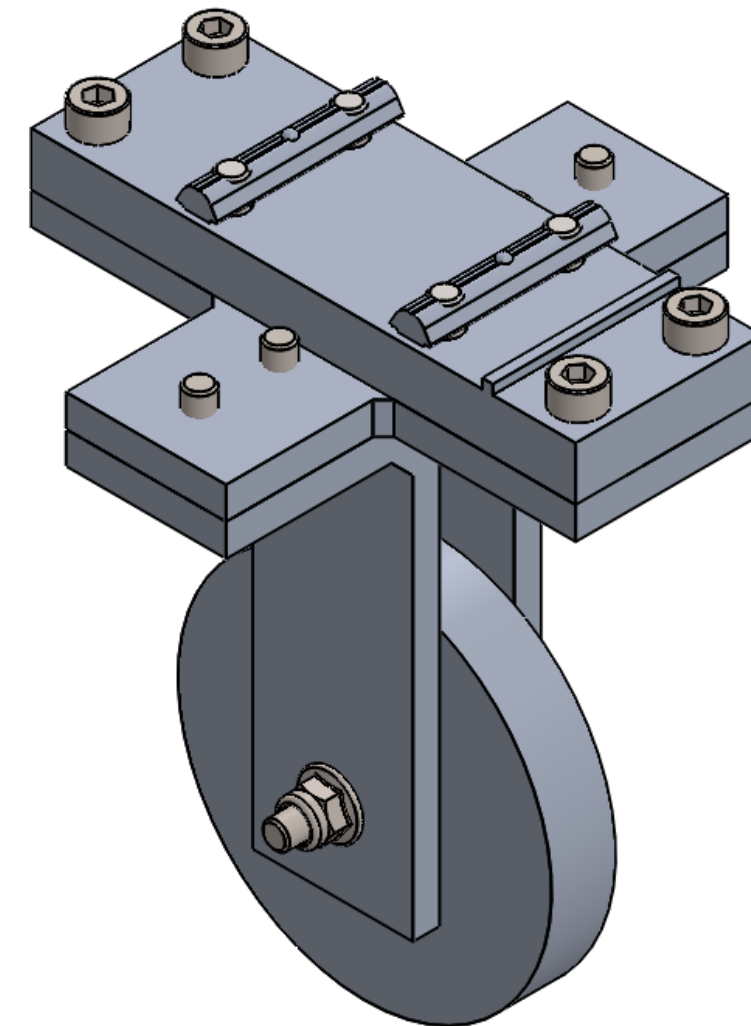
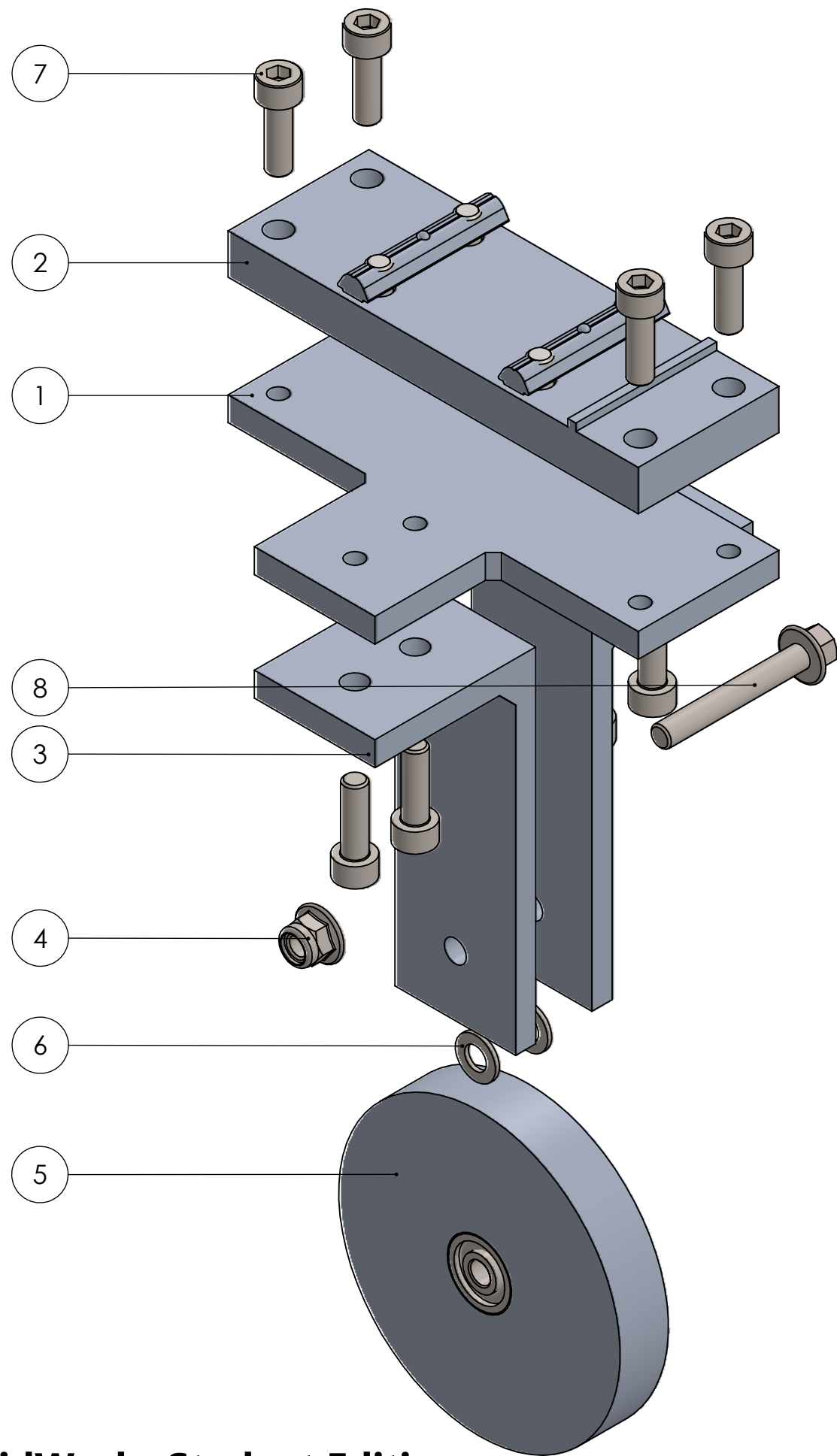
	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	REVISION: A	
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	04.05.2015	Sammenstilling_Føring_med_motorer
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen	04.05.2015	
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015		
Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129				DWG NO. LF-001	A3
				SCALE: 1:5	SHEET 48

SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	570502 ELGA-TB-G-70-200-0_(g)---(0)	Order	111	1
2	570502 ELGA-TB-G-70(s)	Order	111	1
3	150928 ZBS-5	Order	111	2
4	EGC-70-TB-KF__(CUP)	Order	111	3



 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:		
	Designed by: Erik Brendeløkken	Erik Brendeløkken	07.05.2015	570502 ELGA-TB-G-70-200-0H---(0)		
	Checked by: Erik Michalsen	Erik Michalsen	08.05.2015			
Approved by: Erik Brendeløkken	Erik Brendeløkken	10.05.2015	DWG NO. LF-001-1			
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				SCALE:1:2		SHEET 49



ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Monteringskloss_For_Hjul	6061 Alloy	LF-101-1	1
2	2349256 EAHF-L5-70-P---(L3)	Order	LF-101-2	1
3	Vinkelfeste_Hjul	6061 Alloy	LF-101-3	2
4	ISO 7043-M5-N	Storage	111	1
5	Sammenstilling_Hjul_Lager	6061 Alloy	LF-101-4	1
6	Washer ISO 7091 - 5	Storage	111	2
7	ISO 4762 M5 x 16 --- 16N	Storage	111	8
8	ISO 4162 - M5 x 35 x 16-N	Storage	111	1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1
Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

Designed by:

NAME

SIGNATURE

DATE

TITLE:

Checked by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

07.05.2015

Approved by:

Eirik Michalsen

Eirik Michalsen

08.05.2015

Sammenstilling_Avlastningskonstruksjon_Hjul

Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129

DWG NO.

LF-101

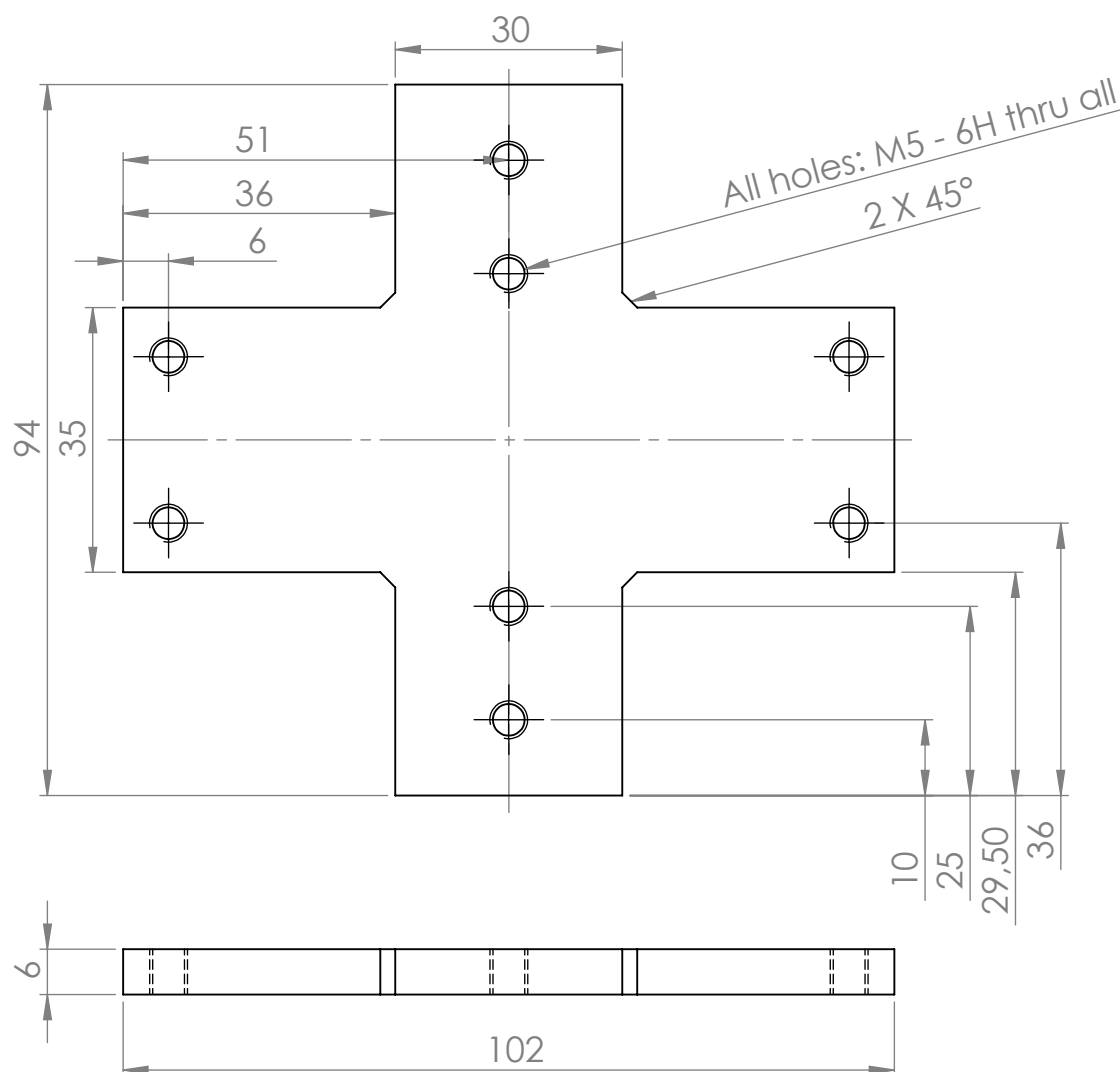
A3

SCALE: 1:1

SHEET 50

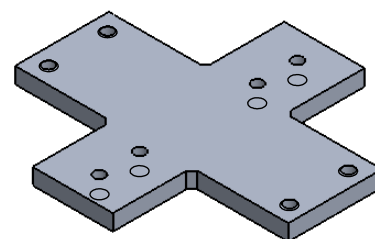
**SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.**

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Monteringskloss_For_Hjul	6061 Alloy	111	1



All dimensions are equal on both sides of the centerlines.

Materials can be bought from Norsk Stål:
313260: 6,0 x 1000 x 2000mm



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

Designed by:
Checked by:
Approved by:

NAME	SIGNATURE	DATE
Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	07.05.2015
Eirik Michalsen	Eirik Michalsen	08.05.2015
Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

TITLE:

Monteringskloss_For_Hjul

DWG NO.

LF-101-1

A4

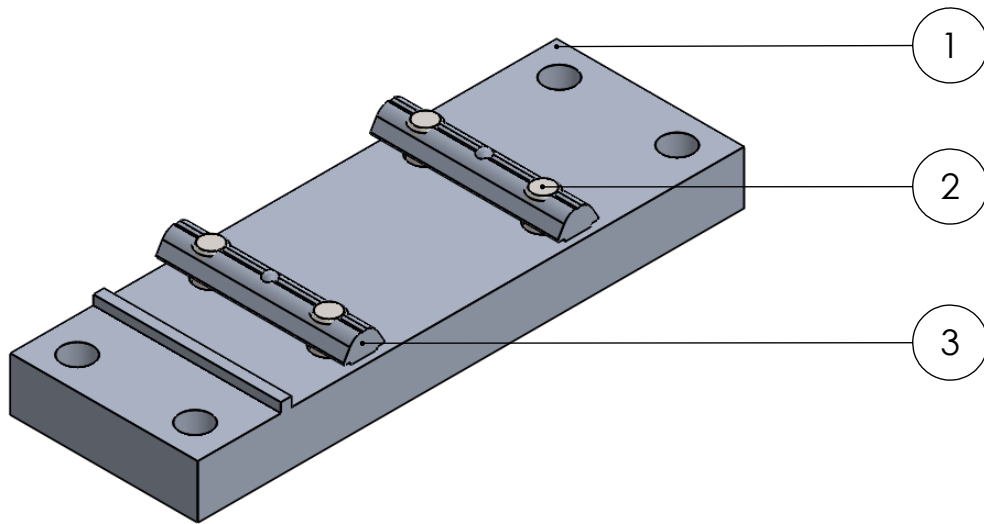
SCALE:1:1

SHEET 51

SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

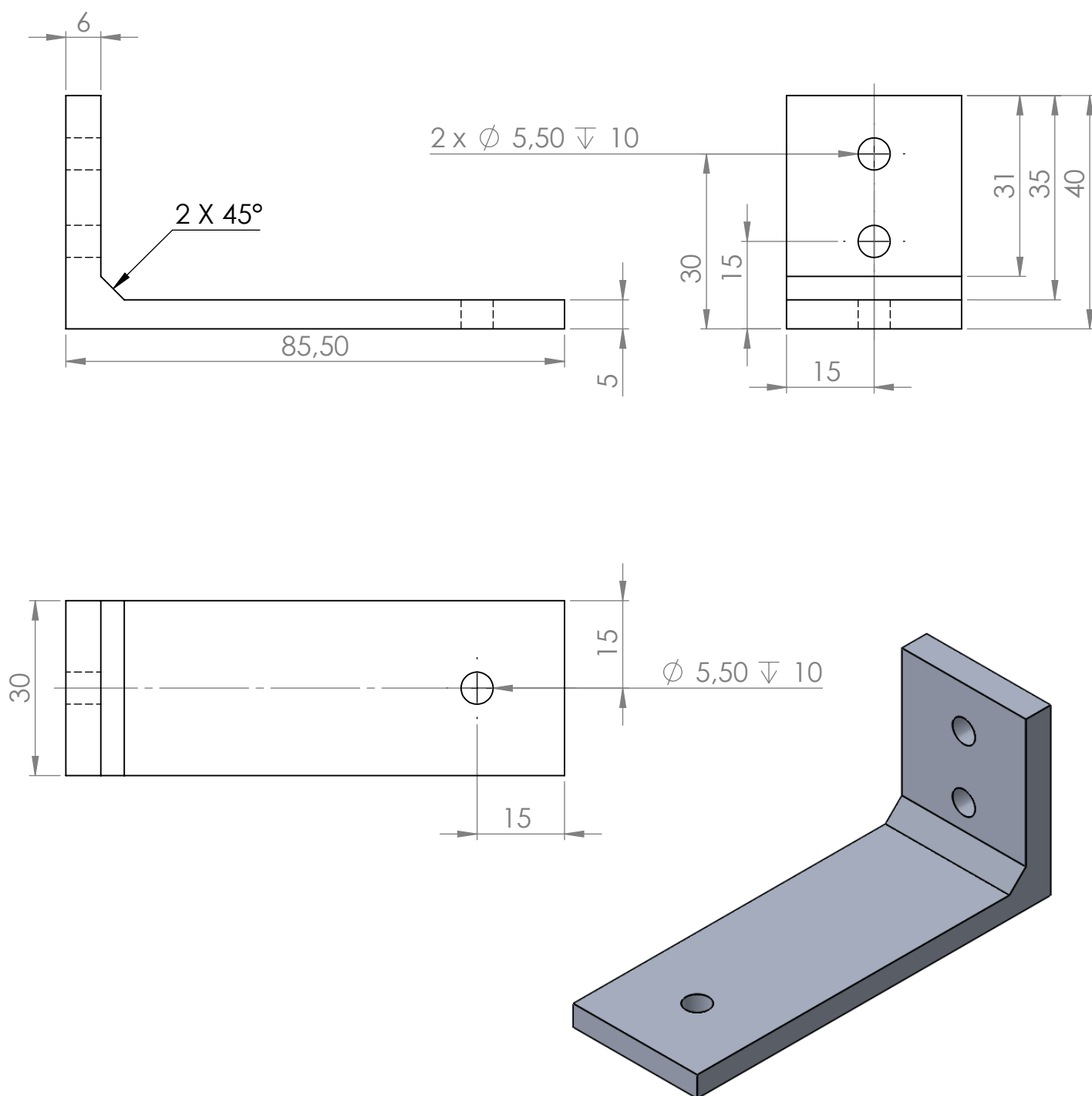
Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	2349260 EAHF-L5-70-P	Order	111	1
2	DIN-912 - M5x10(F)	Order	111	4
3	652641 MUP-32_40	Order	111	2



 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A	
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: 2349256 EAHF-L5-70-p---(L3)			
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken				07.05.2015
	Checked by:	Erik Michalsen	Erik Michalsen				08.05.2015
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015	DWG NO. LF-101-2			A4
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129				SCALE:1:1		SHEET 52	

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Vinkelfeste_Hjul	6061 Alloy	111	2



Material for machining can be bought from Norsk Stål:
313499: 100 x 100 x 10 mm x 6 m



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

Designed by:
Checked by:
Approved by:

NAME	SIGNATURE	DATE
Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	07.05.2015
Eirik Michalsen	Eirik Michalsen	08.05.2015
Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

TITLE:

Vinkelfeste_Hjul

DWG NO.

LF-101-3

A4

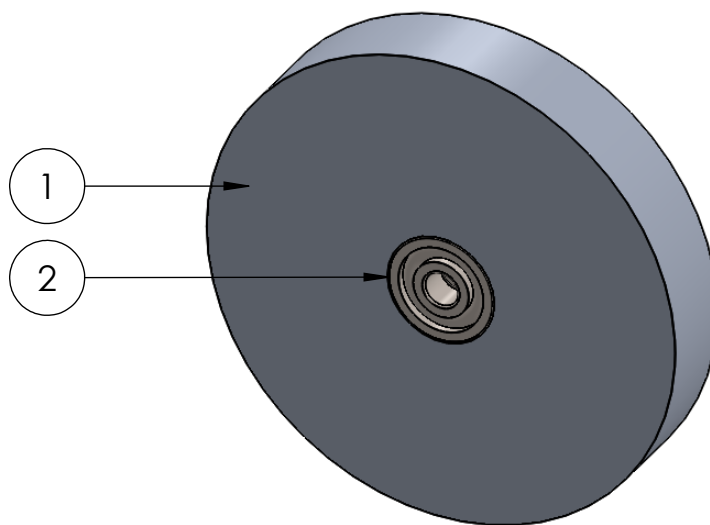
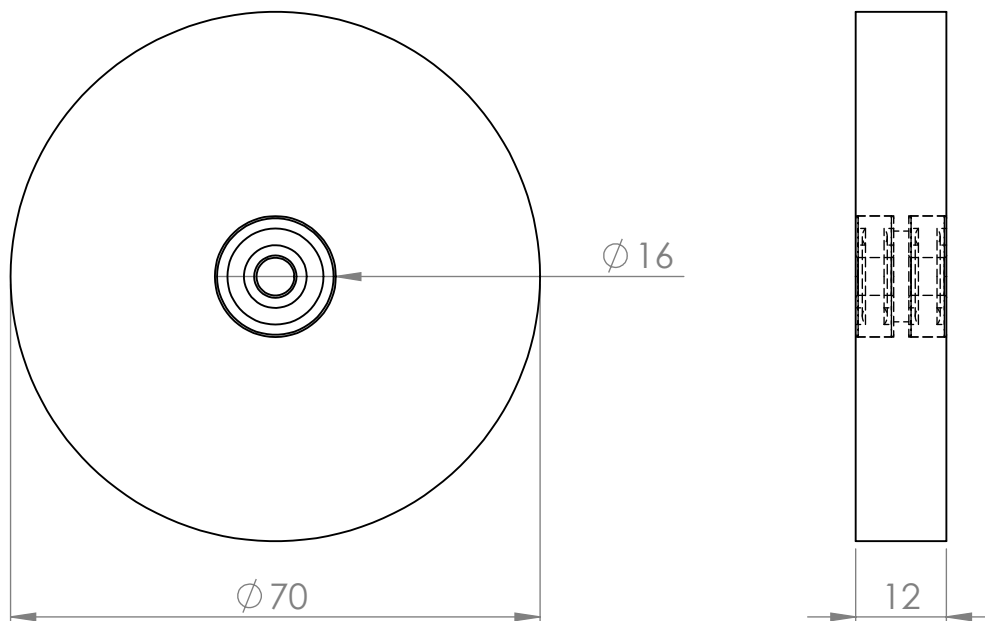
SCALE: 1:1



SHEET 53

SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

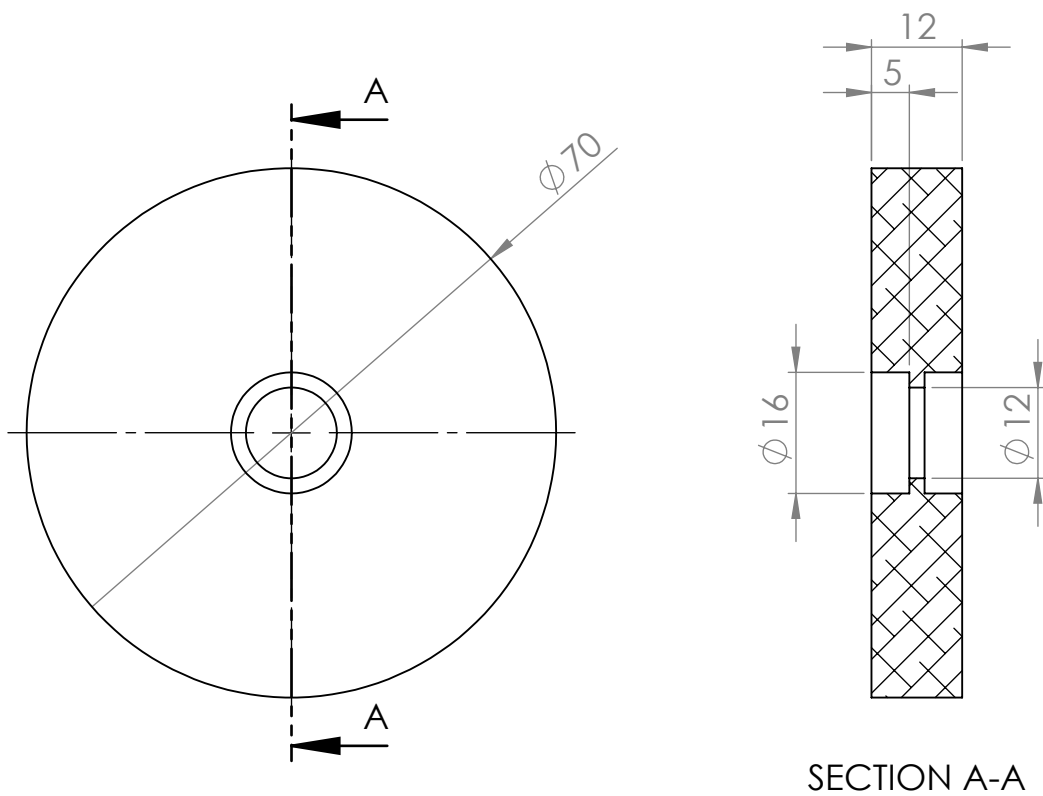
*Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129*

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Hjul	6061 Alloy	LF-101-4-1	1
2	DIN 625 - 625 - 8,SI,NC,8_68	Storage	111	2



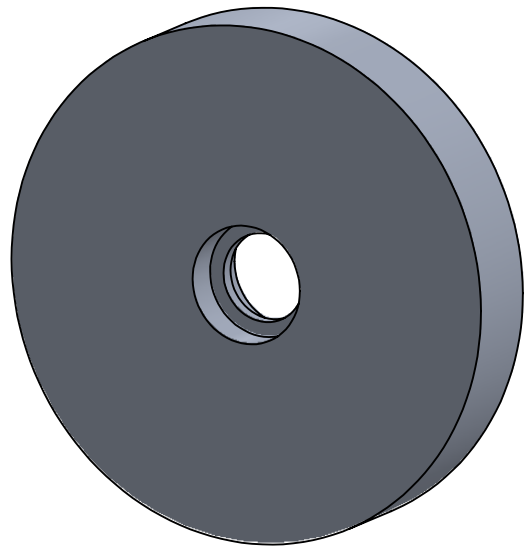
 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A
	Designed by: Checked by: Approved by:	NAME Eirik Brendeløkken Eirik Michalsen Eirik Brendeløkken	SIGNATURE Eirik Brendeløkken Eirik Michalsen Eirik Brendeløkken	DATE 07.05.2015 08.05.2015 10.05.2015	TITLE: Sammenstilling_Hjul_Lager	
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				DWG NO.	LF-101-4	A4
SCALE: 1:1				SHEET 54		

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Hjul	6061 Alloy	111	1



Note: Ream hole to $\varnothing 16$

Material for machining can be
bought from Norsk Stål:
313267: 12,0 x 1000 x 2000 mm



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

Designed by:
Checked by:
Approved by:

NAME	SIGNATURE	DATE
Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	04.05.2015
Eirik Michalsen	Eirik Michalsen	05.05.2015
Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

TITLE:

Hjul

DWG NO.

LF-101-4-1

A4

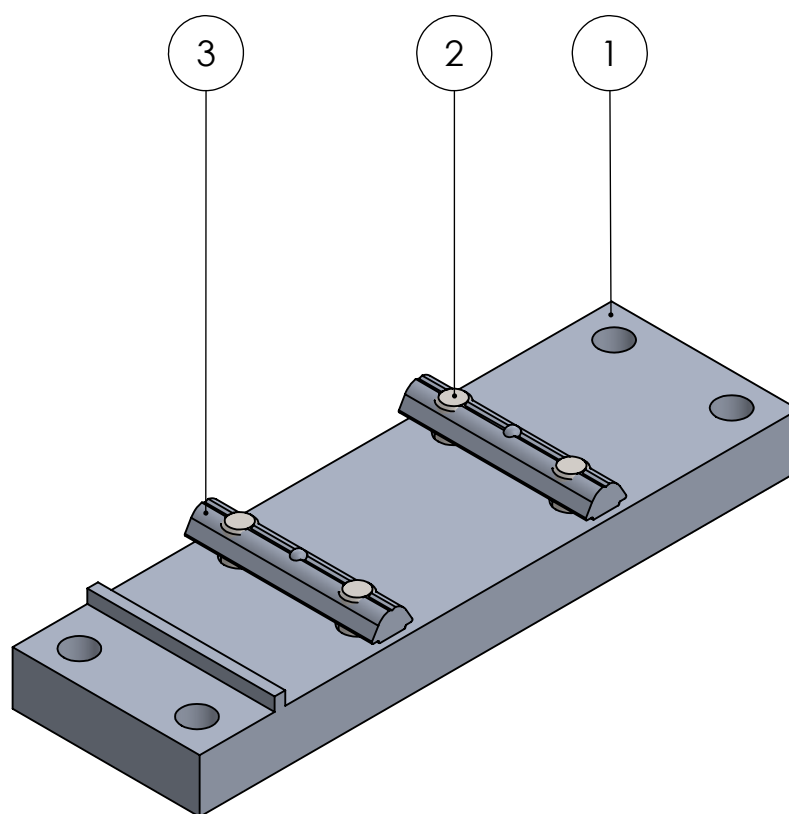
SCALE: 1:1



SHEET 55

SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

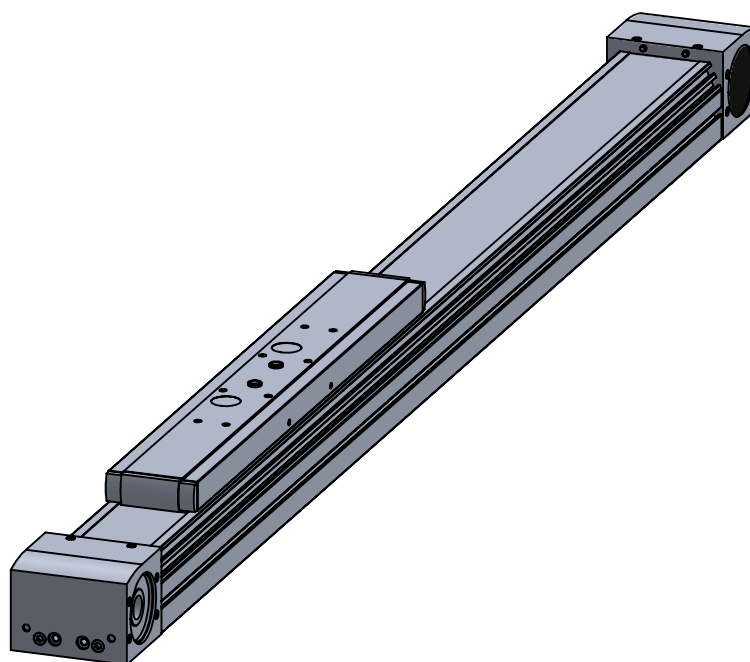
*Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129*



ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	3535185 EAHF-L5-80-P	Order	111	1
2	DIN-912 - M5x10(F)	Order	111	4
3	652641 MUP-32_40	Order	111	2



 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A	
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: 3535188 EAHF-L5-80-P---(L3)			
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken				04.05.2015
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen				05.05.2015
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015	DWG NO.			A4
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				SCALE :1:1		SHEET 56	

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	1371246 ELGA-TB-RF-80-600-0H---(0)	Order	111	1

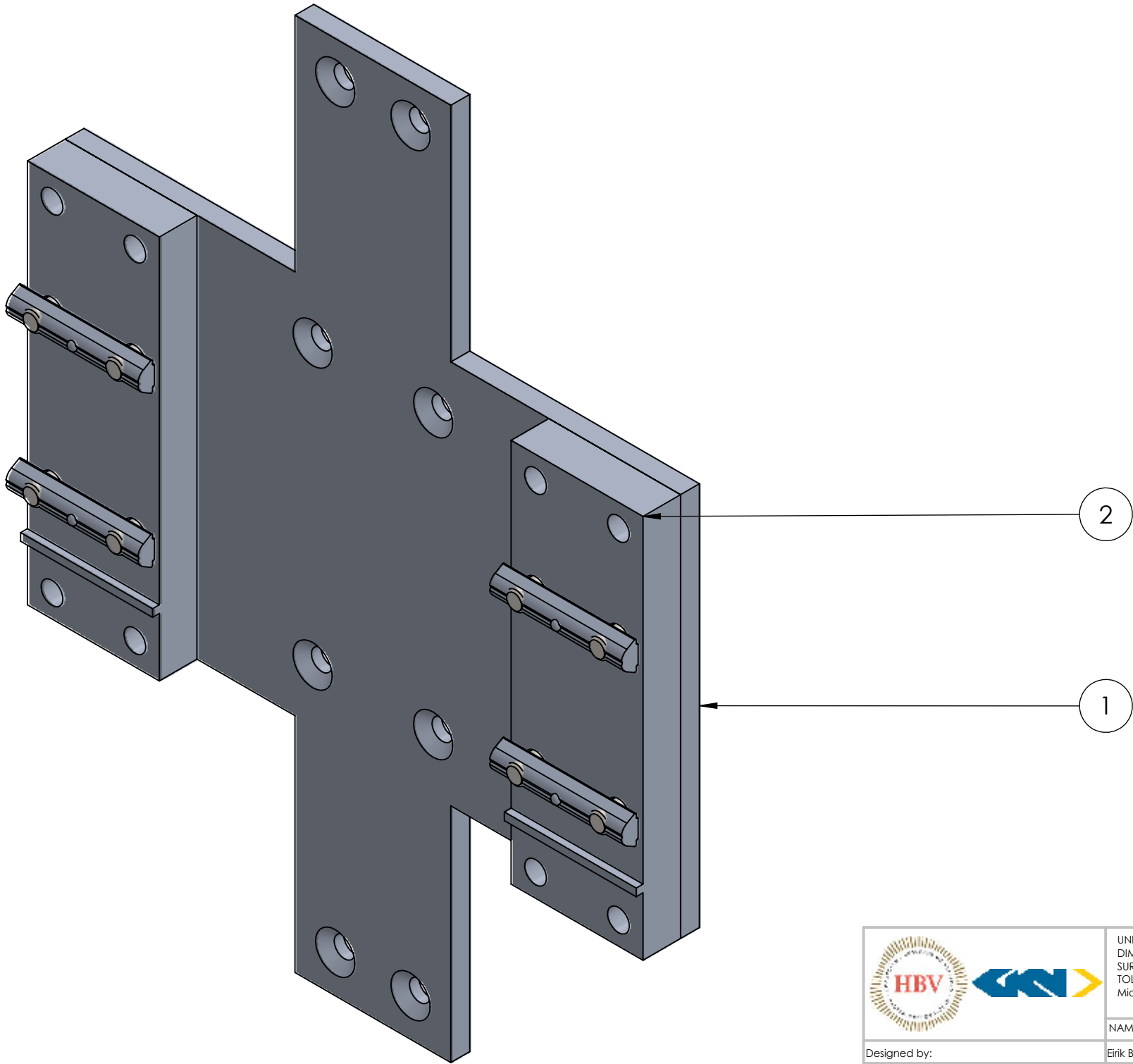


 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A		
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: 1371246 ELGA-TB-RF-80-600-0H---(0)				
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken				07.05.2015	
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen				08.05.2015	
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015	DWG NO.			LF-201	A4
SCALE: 1:5				SHEET 57				



**SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.**

*Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129*

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Monteringskloss_Line ære_Føringer	6061 Alloy	LF-301-1	1
2	2349256 EAHF-L5-70-P- --(L3)	Order	111	2

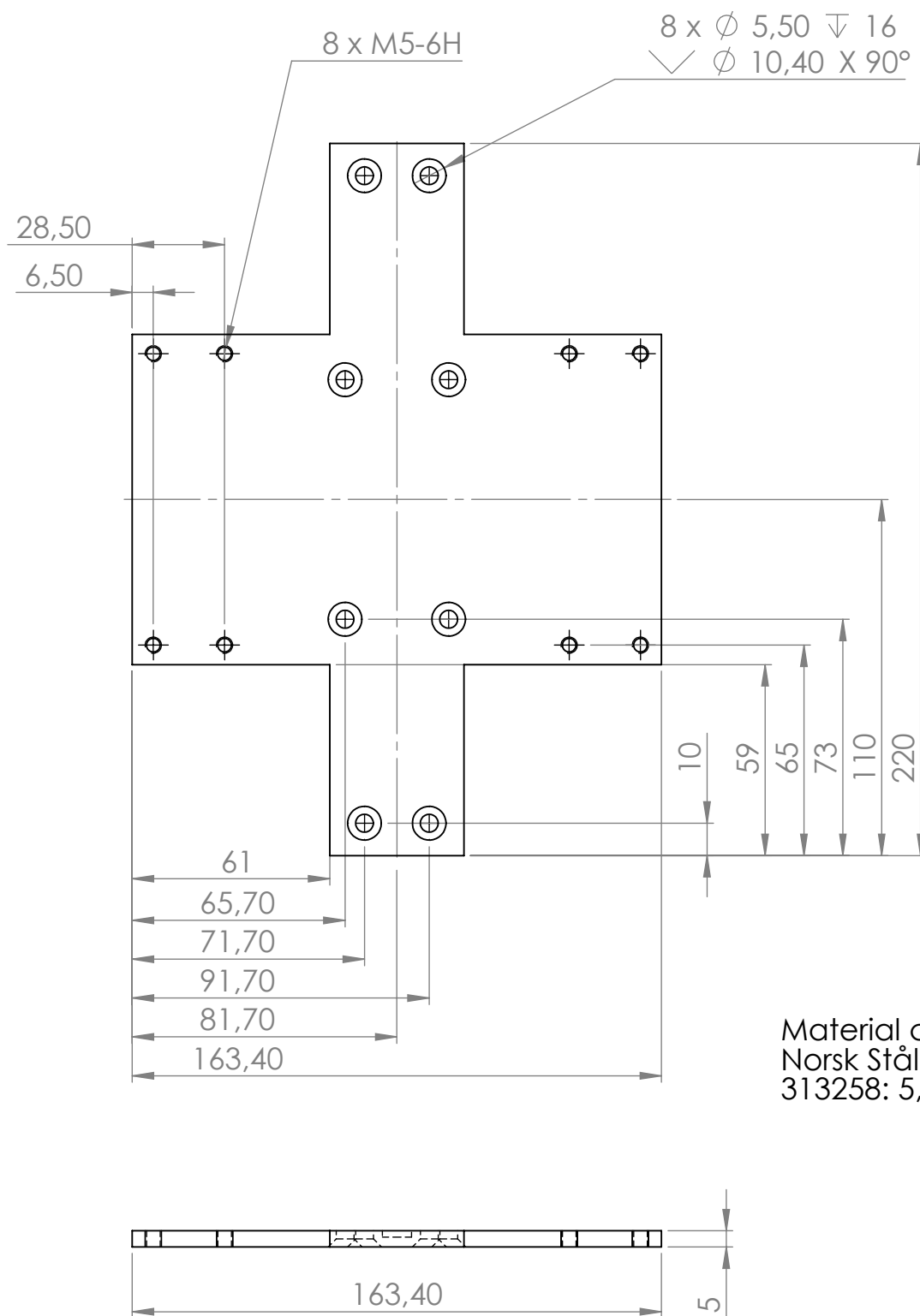




SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

 		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	REVISION: A
NAME		SIGNATURE	DATE	TITLE:	
Designed by:		Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	07.05.2015	Sammenstilling_Monteringskloss_For_Føringer
Checked by:		Erik Michalsen	Erik Michalsen	08.05.2015	
Approved by:		Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015	
<div>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129</div>					
DWG NO.				LF-301	A3
SCALE:1:2				SHEET 58	

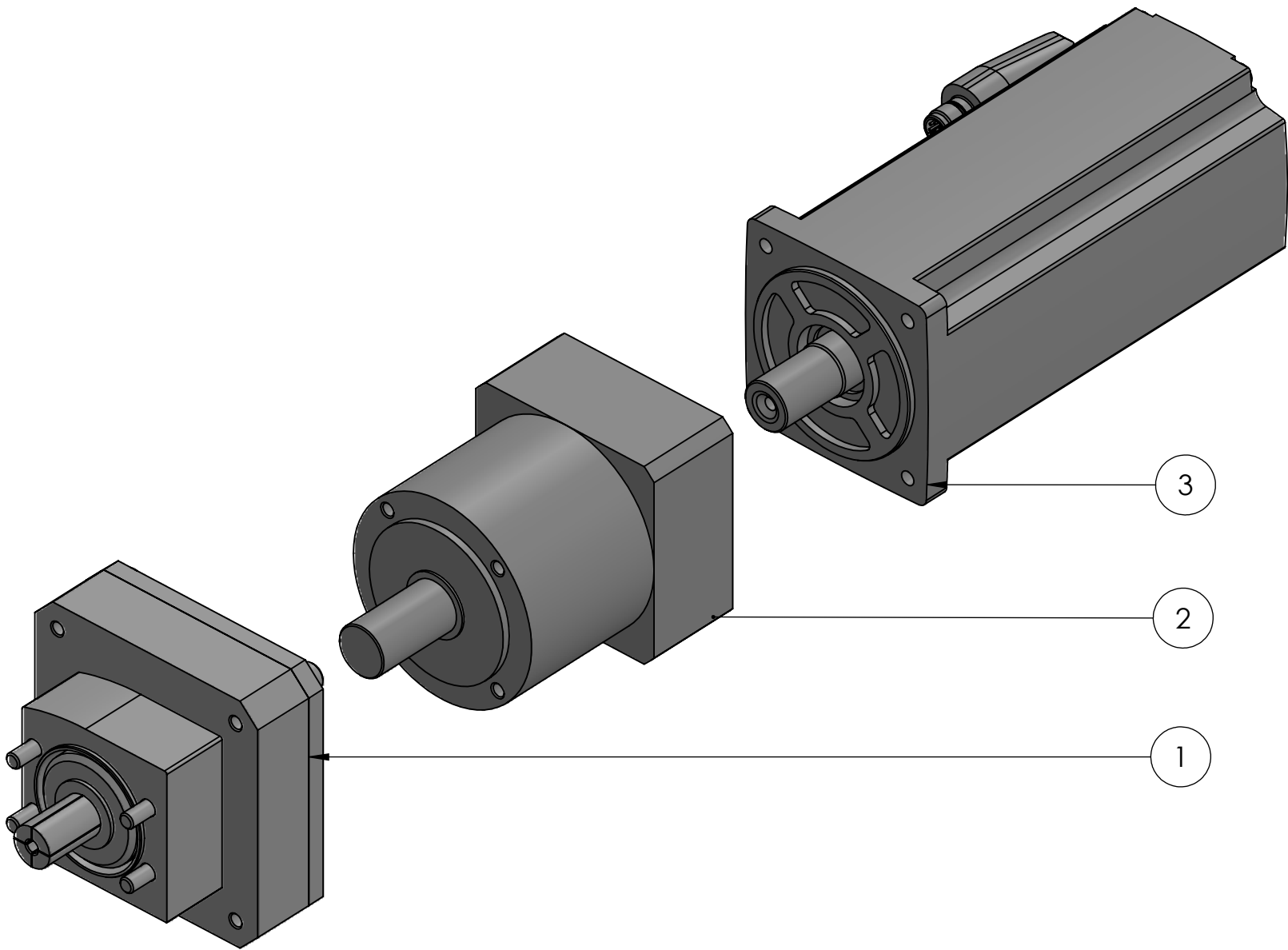
Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Monteringskloss_Lineære_Føringer	6061 Alloy	111	1





 		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A	
Designed by:		NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:				
Checked by:		Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	07.05.2015	Monteringskloss_Lineære_Føringer				
Approved by:		Eirik Michalsen	Eirik Michalsen	08.05.2015					
		Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015					
<div>SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only.</div> <div>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129</div>									
DWG NO.					LF-301-1			A4	
SCALE: 1:2							SHEET 59		

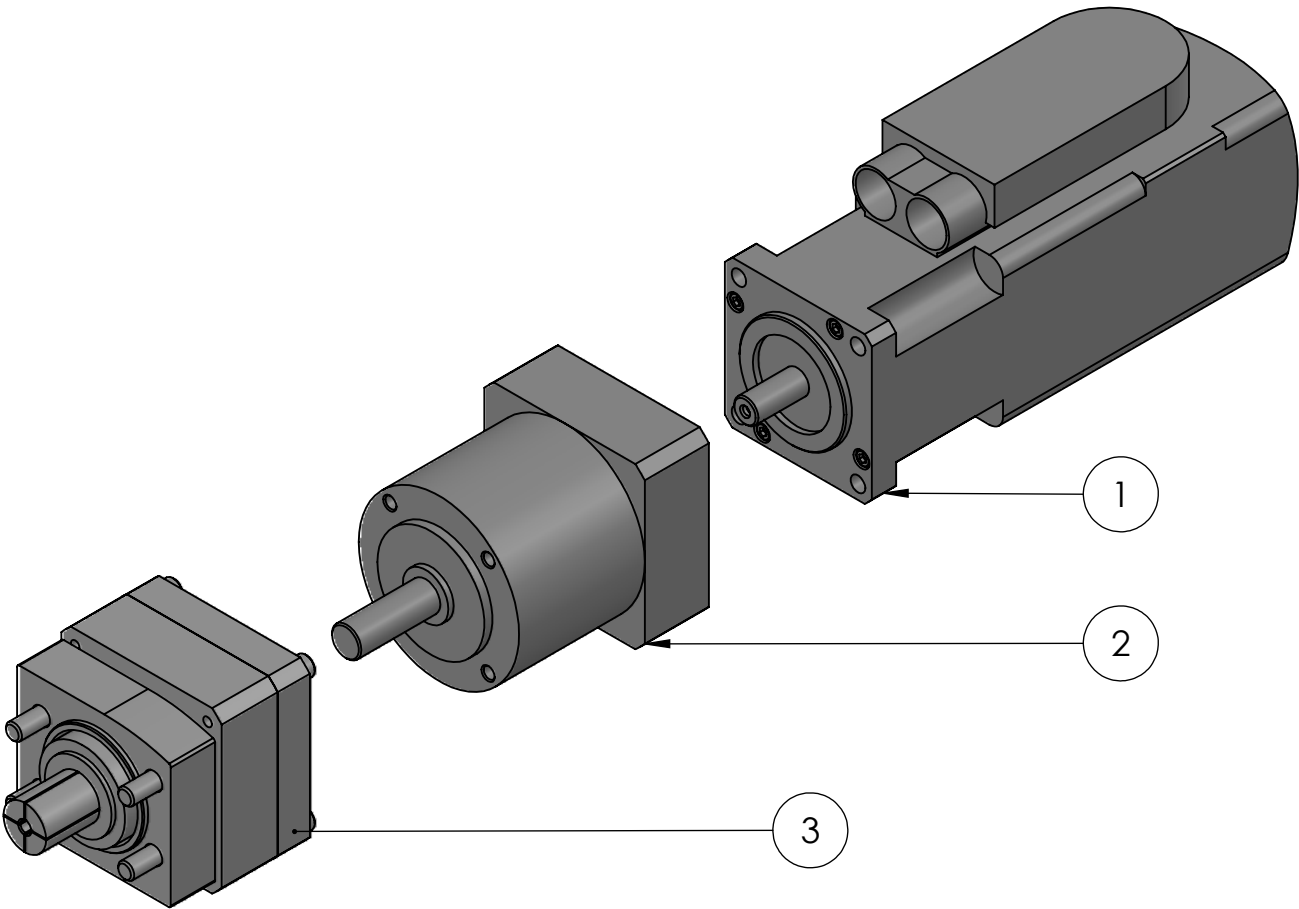
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	1258793 EAMM-A-N48-80G	Order	111	1
2	2297690 EMGA-80-P-G3-EAS-80	Order	111	1
3	2093169 EMME-AS-80-M-LS-AM	Order	111	1





SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

 		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A	
		NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE:			
Designed by:		Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	07.05.2015		Sammenstilling_Motor_80_Føring			
Checked by:		Erik Michalsen	Erik Michalsen	08.05.2015					
Approved by:		Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015					
<i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>									
						DWG NO.		A3	
						LF-401			
						SCALE: 1:2		SHEET 60	

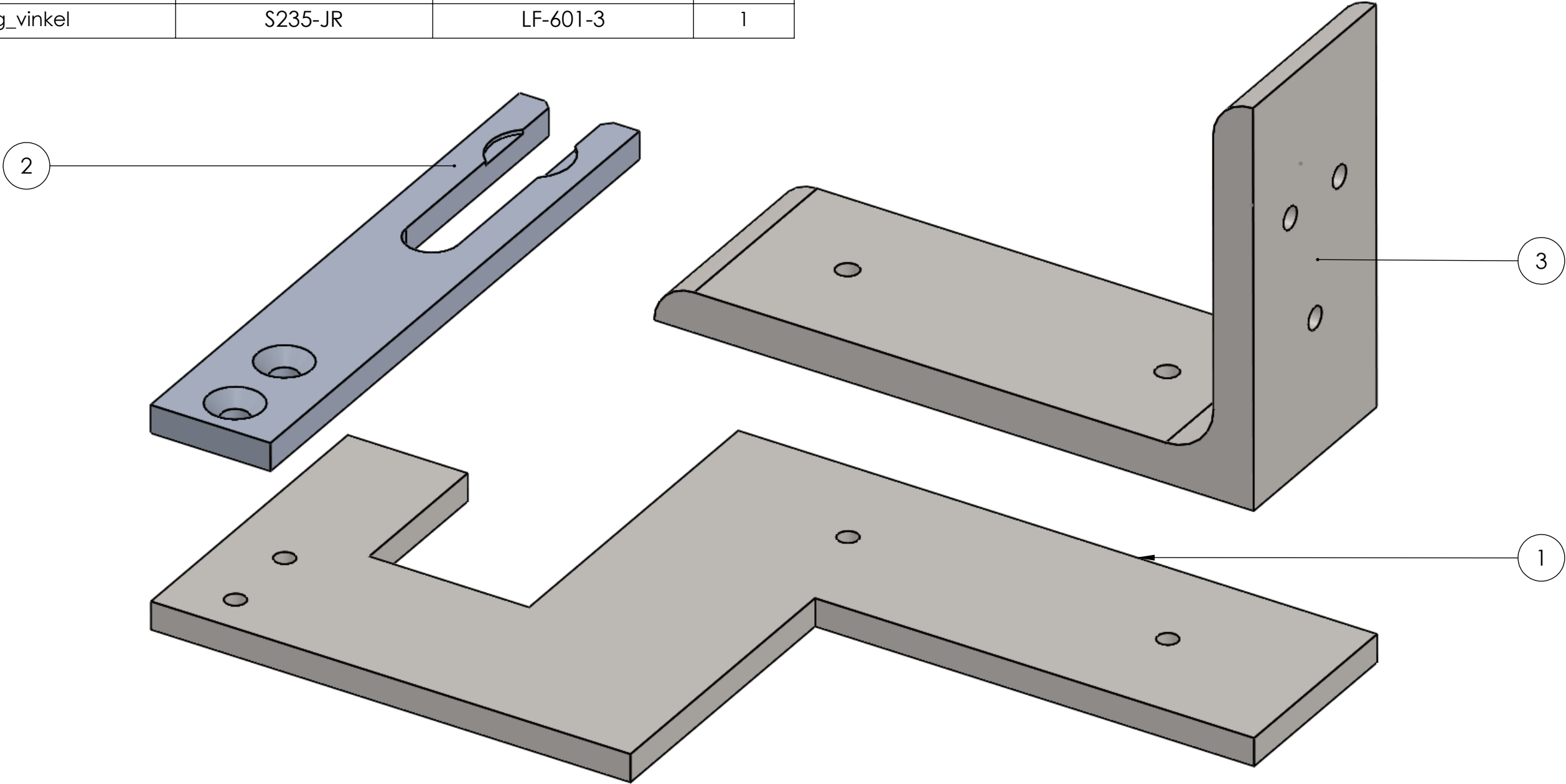
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	1569797 EMMS-AS-55-M-LS-TM-S1	Order	111	1
2	552188 EMGA-60-P-G3-SAS-55	Order	111	1
3	1202253 EAMM-A-N38-60G	Order	111	1





SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

 		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A	
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
Designed by:		Eirik Brendeløkken		Eirik Brendeløkken		04.05.2015		Sammenstilling_Motor_70_Føring	
Checked by:		Erik Michalsen		Erik Michalsen		05.05.2015			
Approved by:		Eirik Brendeløkken		Eirik Brendeløkken		10.05.2015			
Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129									
DWG NO.						LF-501		A3	
SCALE: 1:2						SHEET 61			

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Vinklet_Arm	S235JR	LF-601-1	1
2	Byttbar_Holder	6061 Alloy	LF-601-2	1
3	Lang_vinkel	S235-JR	LF-601-3	1

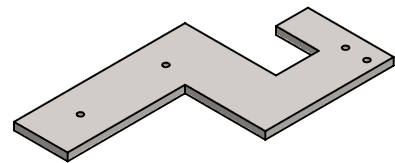
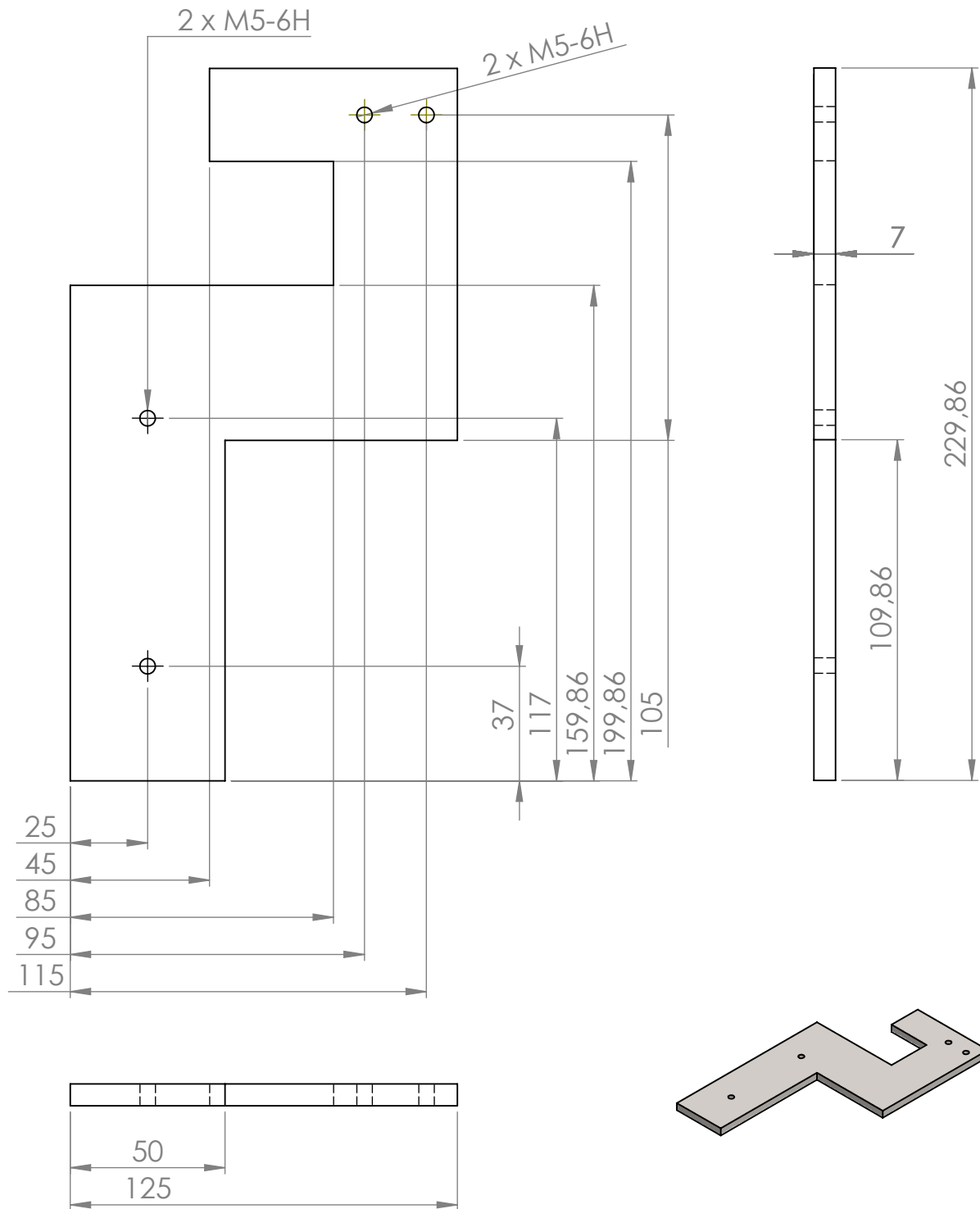


SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

<div> <div>   </div> <div> UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels </div> </div>		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		REVISION: A	
		NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	07.05.2015	Sammenstilling_Vinklet_Elektrodeholder_Lineærføring	
Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen	08.05.2015		
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015		
Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129				DWG NO.	A3
				SCALE: 1:1	SHEET 62

LF-601

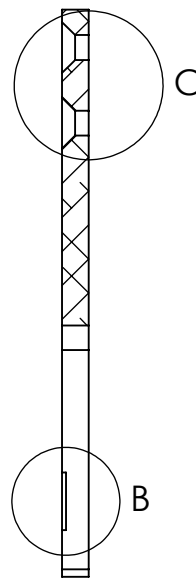
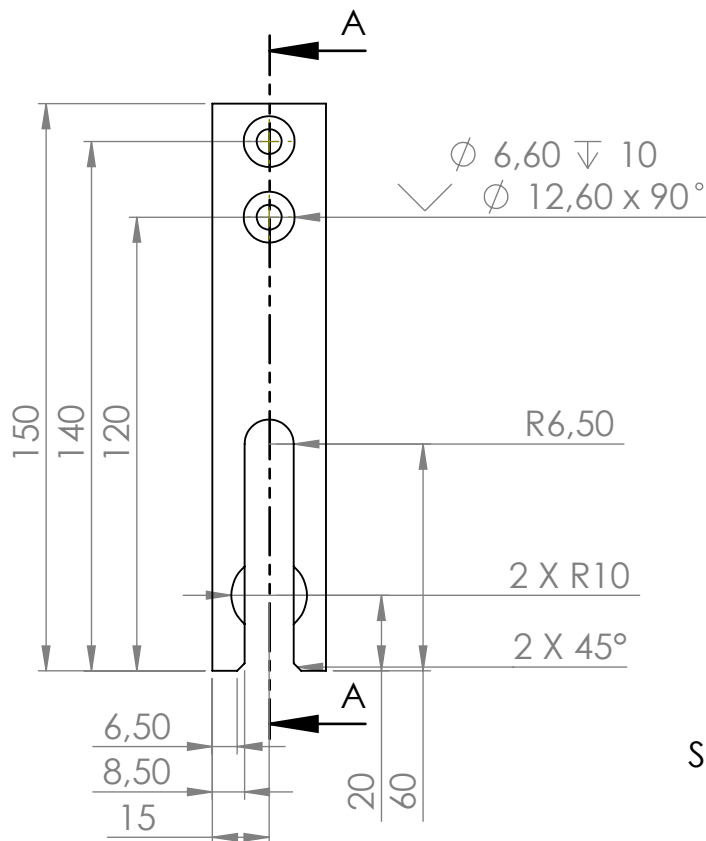
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Vinklet_Arm	S235JR	111	1



Material can be bought from Norsk Stål:
312106: 7,0 x 2000 x 6000 mm

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Vinklet_Arm		
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken			
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen			
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015			
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				DWG NO. LF-601-1		A4
				SCALE: 1:2		SHEET 63

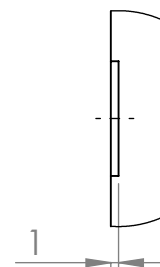
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Byttbar_Holder	6061 Alloy	111	1



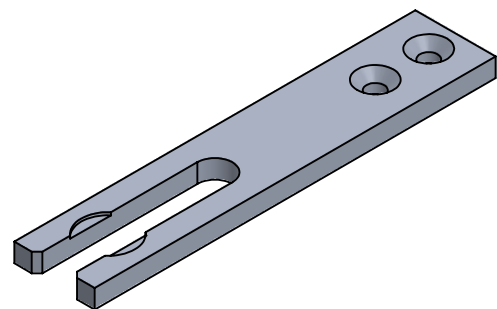
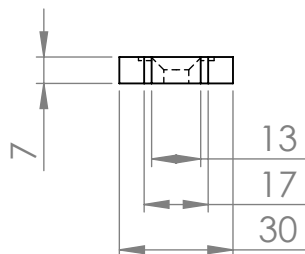
SECTION A-A



DETAIL C
SCALE 1 : 1



DETAIL B
SCALE 1 : 1



All holes are placed along the centreline

Chamfer both sides of the fork: 2 X 45°

Material can be bought from Norsk Stål:
313312: 7,0 x 2000 x 6000 mm.



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

Designed by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

07.05.2015

Checked by:

Eirik Michalsen

Eirik Michalsen

08.05.2015

Approved by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

10.05.2015

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

TITLE:

Byttbar_Holder

DWG NO.

LF-601-2

A4

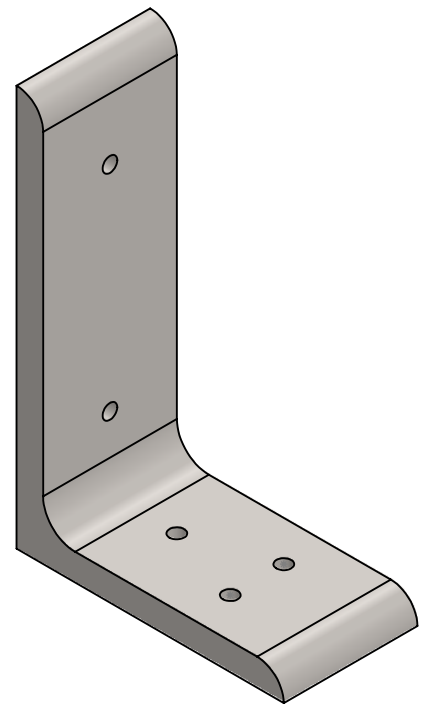
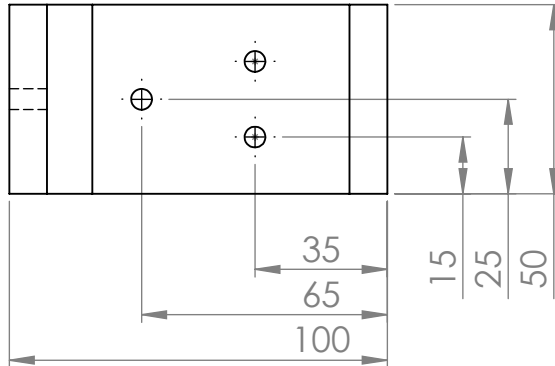
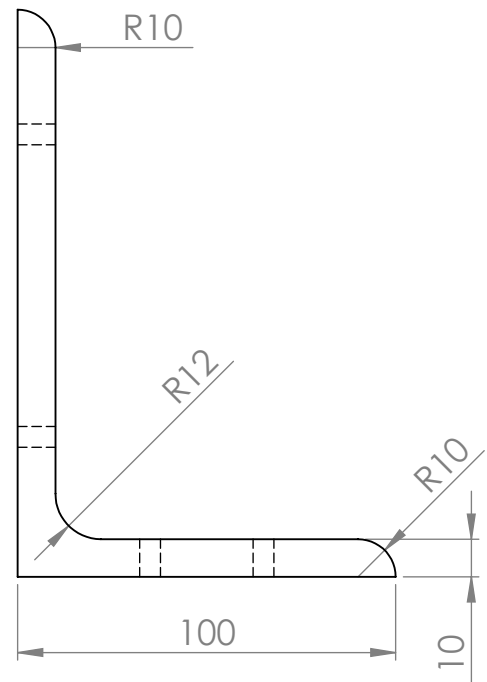
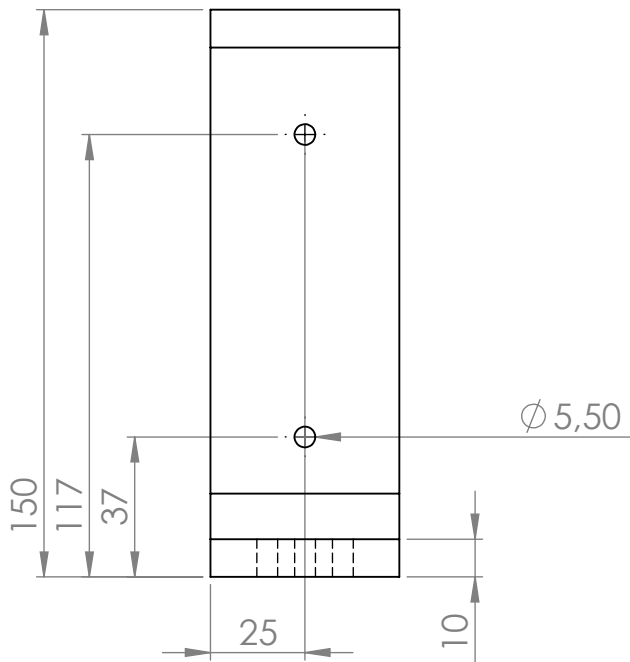
SCALE: 1:2

SHEET 64

**SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.**

*Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129*

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Lang_vinkel	S235JR	111	1



All holes are M5 clearance
holes ($\varnothing 5,50$)

Material can be bought from Norsk Stål:
11418: 150 x 100 x 10 mm x 12 m.



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

Designed by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

07.05.2015

Checked by:

Eirik Michalsen

Eirik Michalsen

08.05.2015

Approved by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

10.05.2015

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

TITLE:

Lang_Vinkel

DWG NO.

LF-601-3

A4

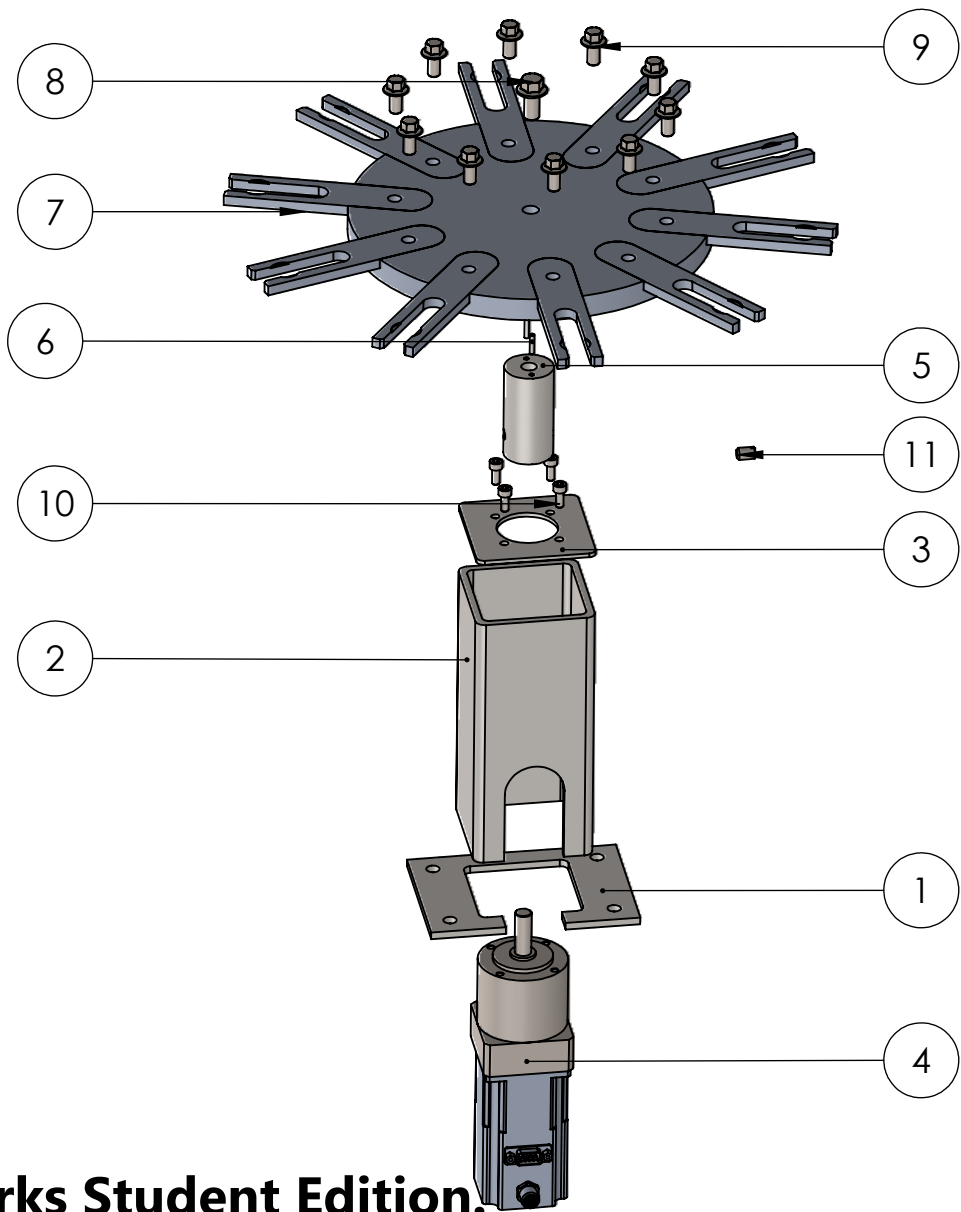
SCALE: 1:2

SHEET 65

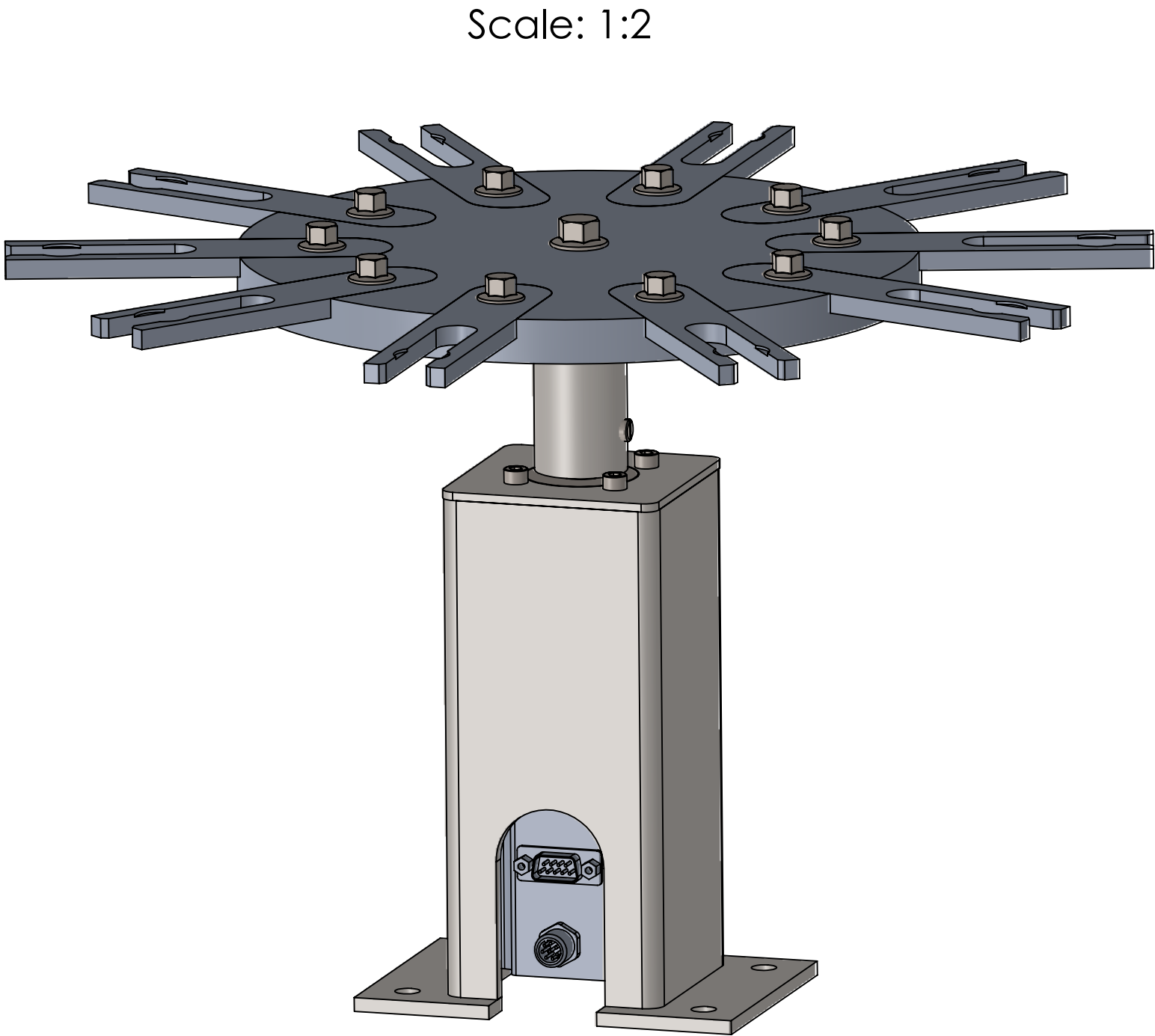
SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Bunnplate	S235JR	VV-001-1	1
2	Hus	S235JR	VV-001-2	1
3	Topplate	S235JR	VV-001-3	1
4	Sammenstilling_Motor_Gir	Order	VV-101	1
5	Aksel_Kilespor	S235JR	VV-001-4	1
6	DIN EN ISO 8748-3x14-St	Storage	111	2
7	Sammenstilling_Verktoyholder_Ovre_Del	6061 Alloy	VV-201	1
8	ISO 4162 - M10 x 20 x 20-N	Storage	111	1
9	ISO 4162 - M8 x 16 x 16-N	Storage	111	10
10	ISO 4762 M5 x 12 --- 12N	Storage	111	4
11	ISO 4766 - M8 x 12-N	Storage	111	1



**SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.**



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1
Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

NAME	SIGNATURE	DATE
Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken 04.05.2015
Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen 05.05.2015
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken 10.05.2015

Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129

TITLE:
Sammenstilling_Verktoyholder_Uten_Elektrodeholdere

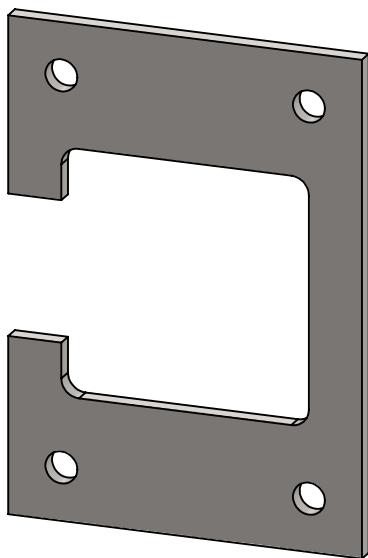
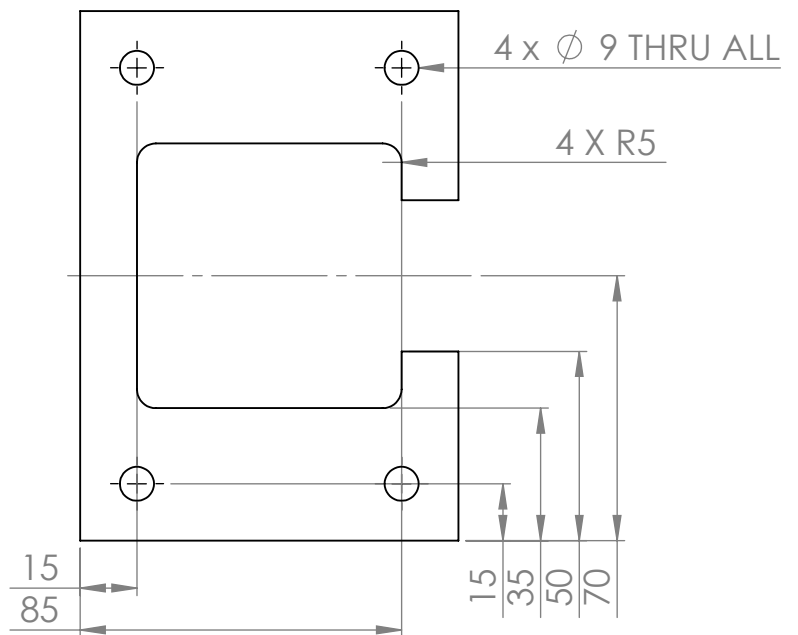
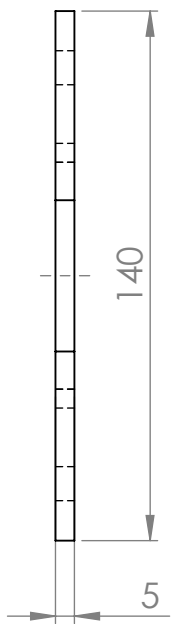
DWG NO. VV-001

A3

SCALE:1:5



SHEET 66

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Bunnplate	S235JR	111	1

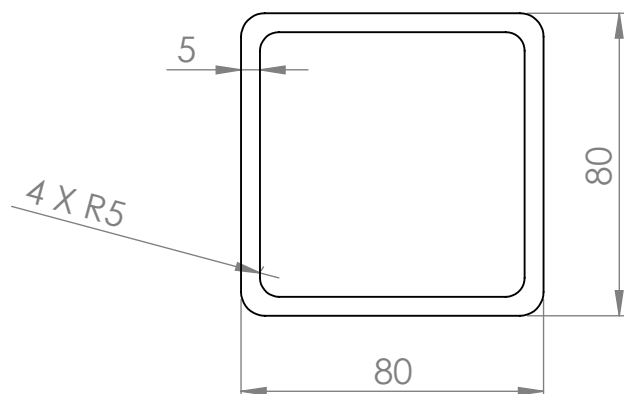
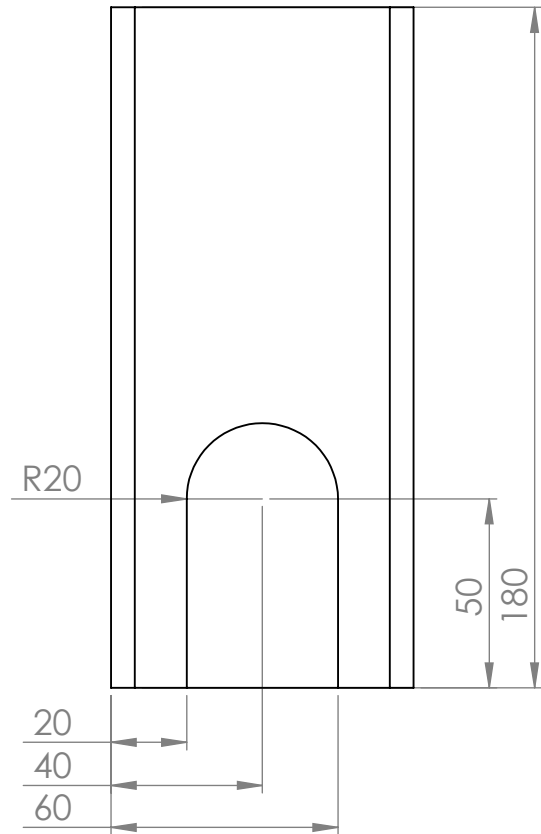
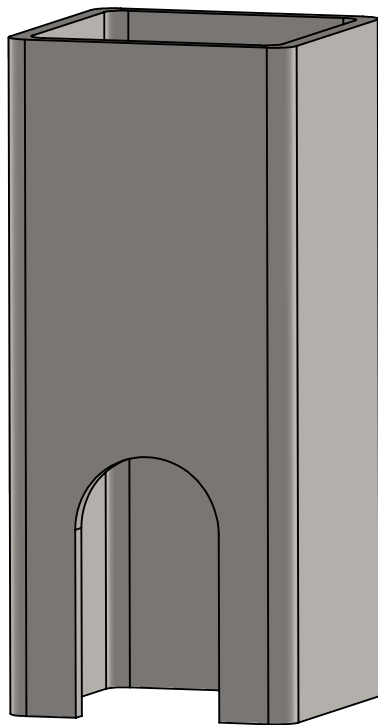


All holes are M8 clearance holes.



Material can be bought from Norsk Stål:
312097: 5,0 x 2000 x 6000 mm.

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A	
	NAME Eirik Brendeløkken Erik Michalsen Eirik Brendeløkken	SIGNATURE Eirik Brendeløkken Erik Michalsen Eirik Brendeløkken	DATE 06.05.2015 08.05.2015 10.05.2015	TITLE: Bunnplate			
Designed by: Checked by: Approved by:			DWG NO. VV-001-1				A4
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129			SCALE: 1:2				SHEET 67

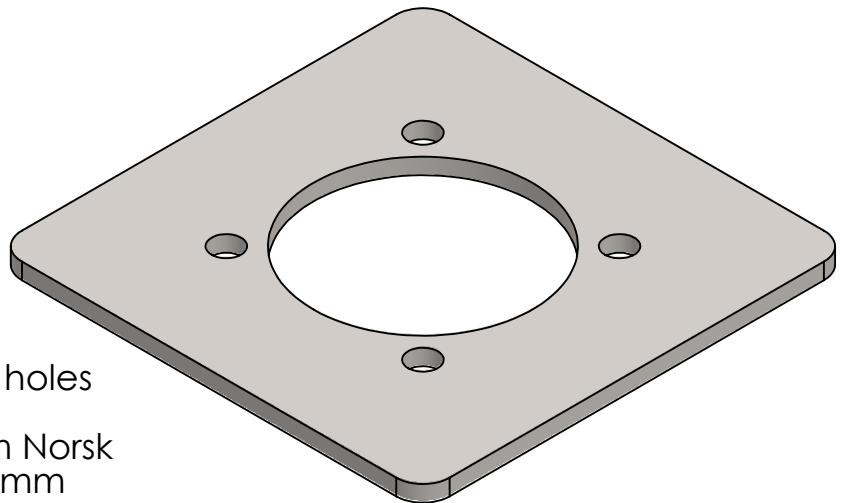
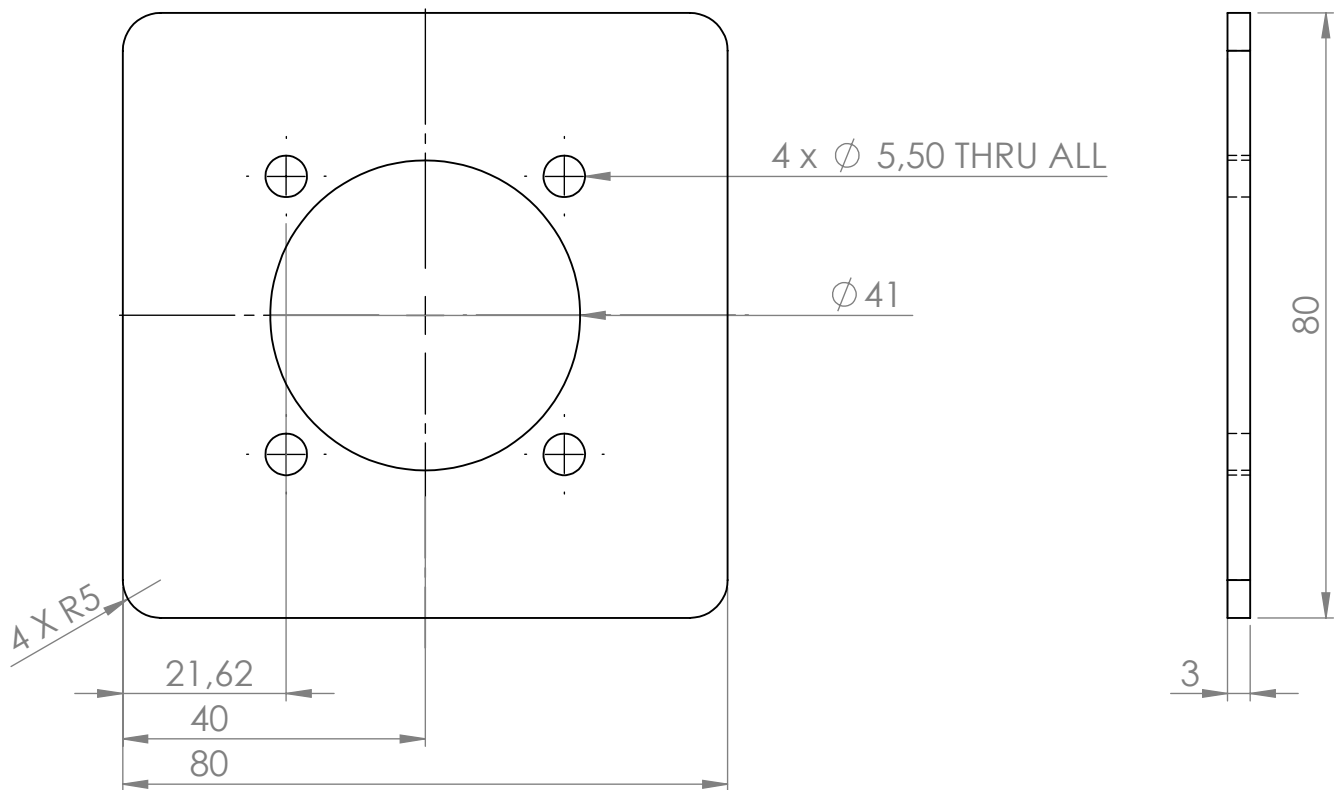
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Hus	S235JR	111	1



Materials can be bought from Norsk Stål:
312790: 80 x 80 x 5,0 mm x 6 m.

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A	
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Hus</div>			
	Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken				
	Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen				
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015	DWG NO. VV-001-2			A4
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				SCALE :1:2		SHEET 68	

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Topplate	S235JR	111	1

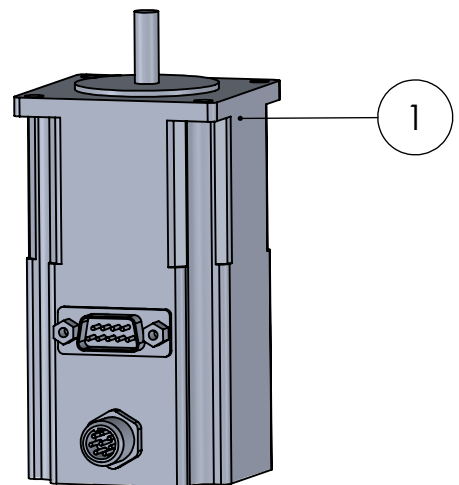
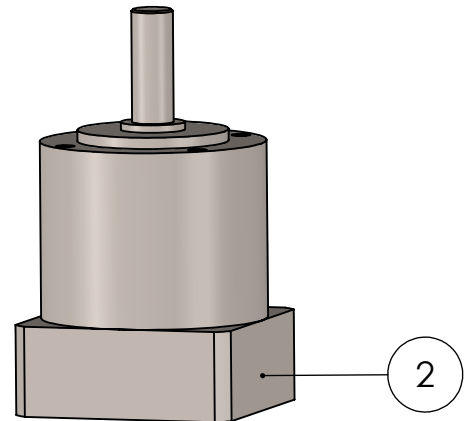
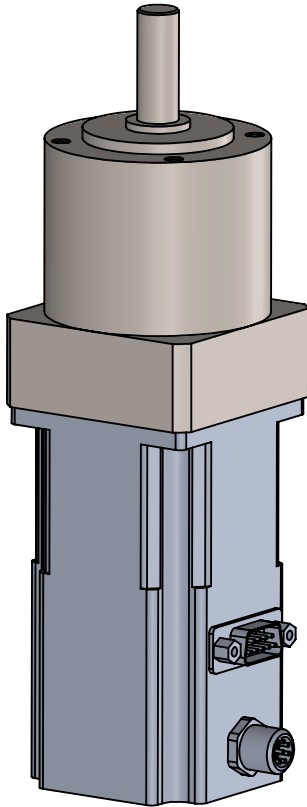


Small holes are M5 clearance holes

Material can be bought from Norsk
Stål: 54591: 3,0 x 1000 x 2000 mm

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A	
	NAME Eirik Brendeløkken Eirik Michalsen Eirik Brendeløkken	SIGNATURE Eirik Brendeløkken Eirik Michalsen Eirik Brendeløkken	DATE 06.05.2015 08.05.2015 10.05.2015	TITLE: Topplate			
Designed by: Checked by: Approved by:			DWG NO. VV-001-3				A4
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129			SCALE: 1:1				SHEET 69

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	1370475 EMMS-ST-57-S-SE-G2	Order	111	1
2	549431 EMGA-60-P-G5-SST-57	Order	111	1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

Designed by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

06.05.2015

Checked by:

Eirik Michalsen

Eirik Michalsen

08.05.2015

Approved by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

10.05.2015

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

TITLE:

Sammenstilling_Motor_Gir

DWG NO.

VV-101

A4

SCALE: 1:2

SHEET 70

**SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.**

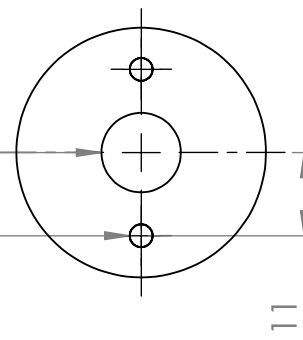
*Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129*

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Aksel_Kilespor	S235JR	111	1

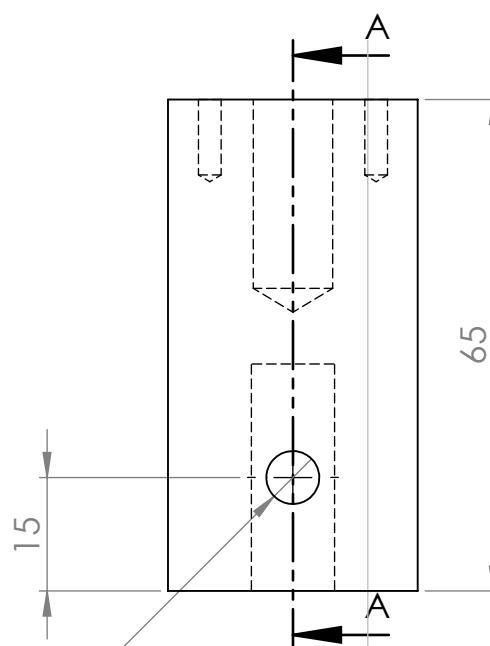
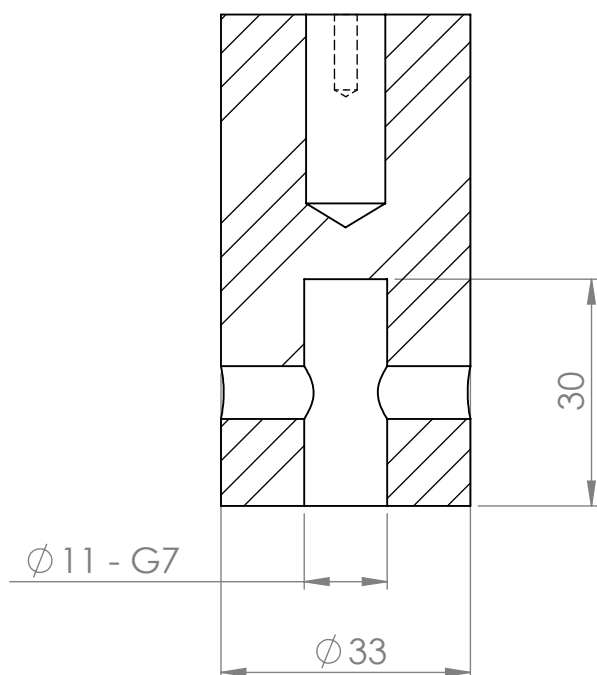


M12x1,5 ∇ 25

2 x \varnothing 3 ∇ 10





SECTION A-A

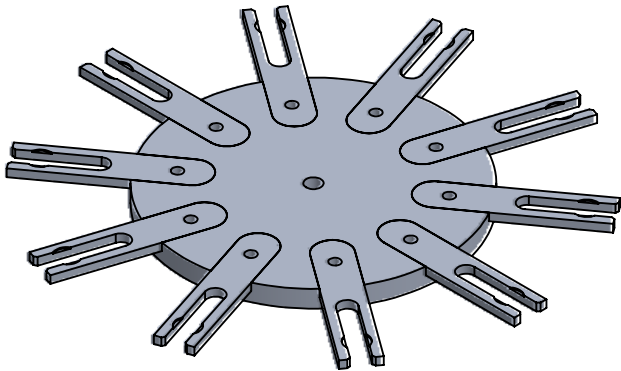
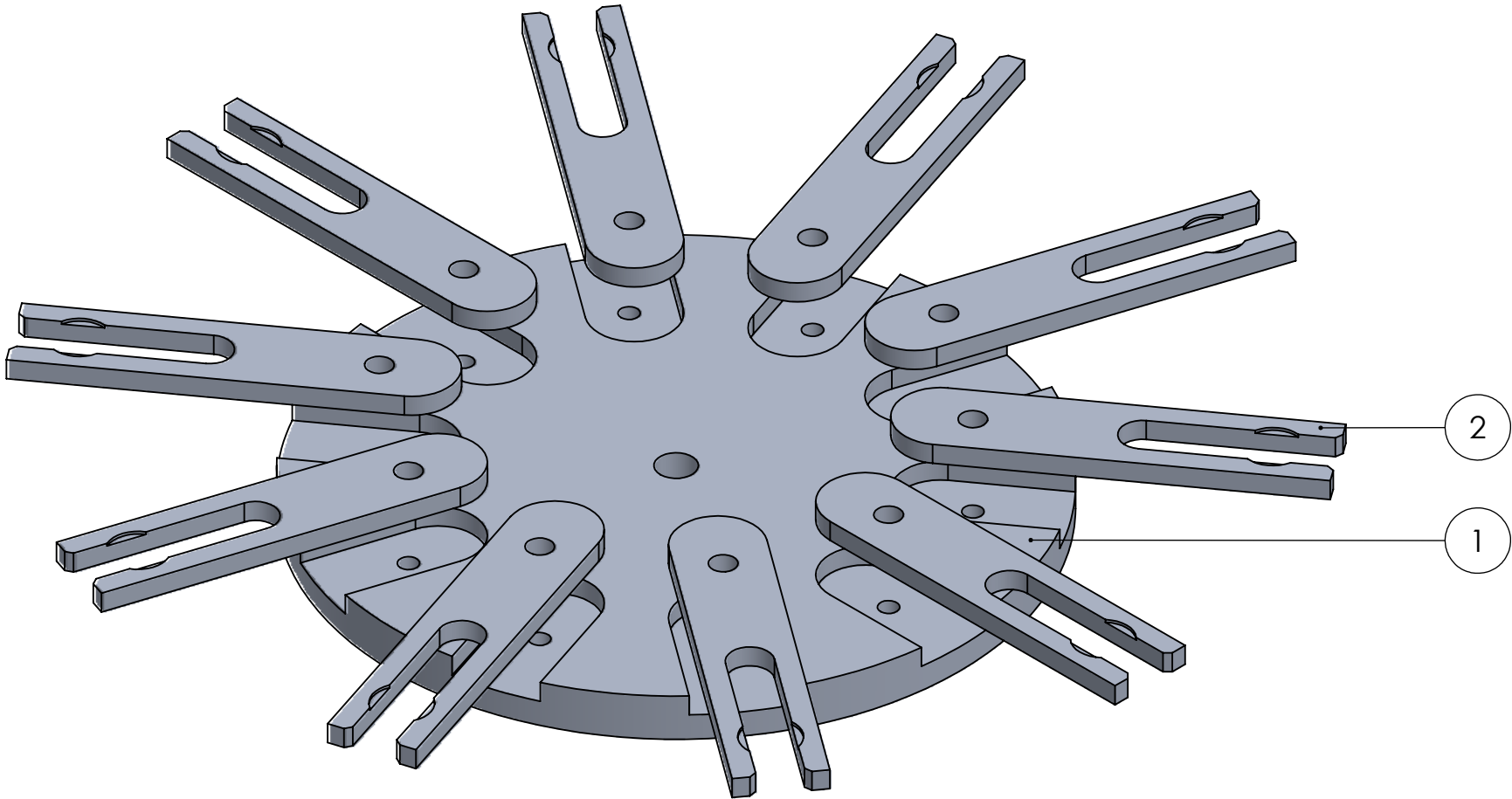


2 x M8 - 6H



Part can be machined from material
bought from Norsk Stål:
311861: 35 x \varnothing x 6 m

 	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION: A
	Designed by: Checked by: Approved by:	Eirik Brendeløkken Eirik Michalsen Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken Eirik Michalsen Eirik Brendeløkken	DATE 06.05.2015 08.05.2015 10.05.2015	TITLE: Aksel_Kilespor	
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only. <i>Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -</i> <i>Oppgradering av EDM-maskin 5129</i>				DWG NO.	VV-001-4	A4
SCALE: 1:1				SHEET 71		

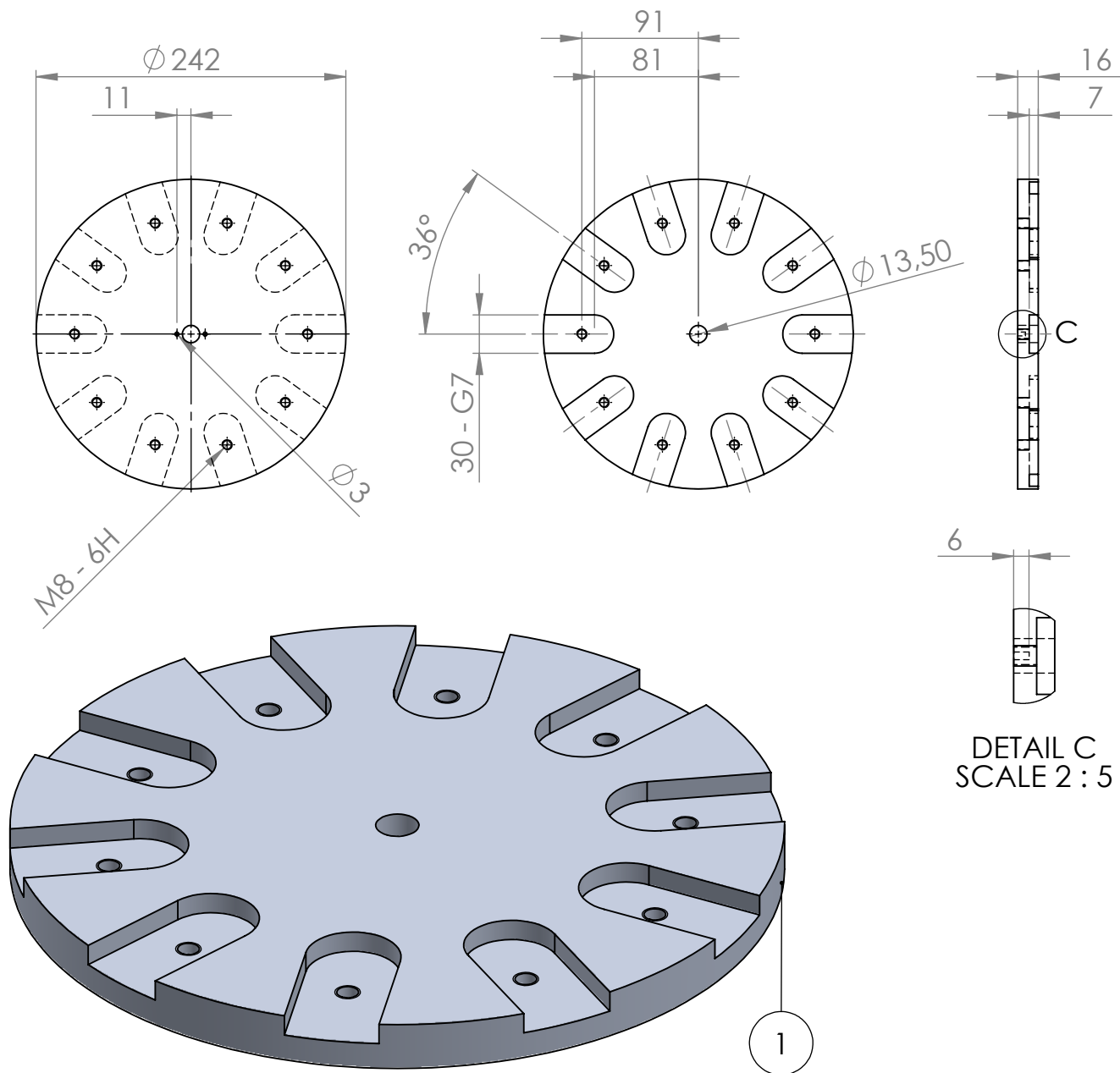
ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Verktøyveksler_Holderhjul	6061 Alloy	VV-201-1	1
2	Verktøyvekser_Byttbar_Holder	6061 Alloy	VV-201-2	10



SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

<div> <div>   </div> <div> UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels </div> </div>		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		REVISION: A	
		NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	06.05.2015	Sammenstilling_Verktoyholder_Ovre_Del	
Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen	08.05.2015		
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	10.05.2015		
Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129					DWG NO.
					VV-201
					A3
					SCALE: 1:2
					SHEET 72

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Verktøyveksler_Holderhjul	6061 Alloy	111	1



Depth of $\varnothing 3 = 6\text{mm}$ (Detail C)

Materials can be bought from Norsk Stål:
313270: 20,0 x 1000 x 2000 mm



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

Designed by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

06.05.2015

Checked by:

Eirik Michalsen

Eirik Michalsen

08.05.2015

Approved by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

10.05.2015

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

TITLE:

Verktøyveksler_Holdehjul

DWG NO.

VV-201-1

A4

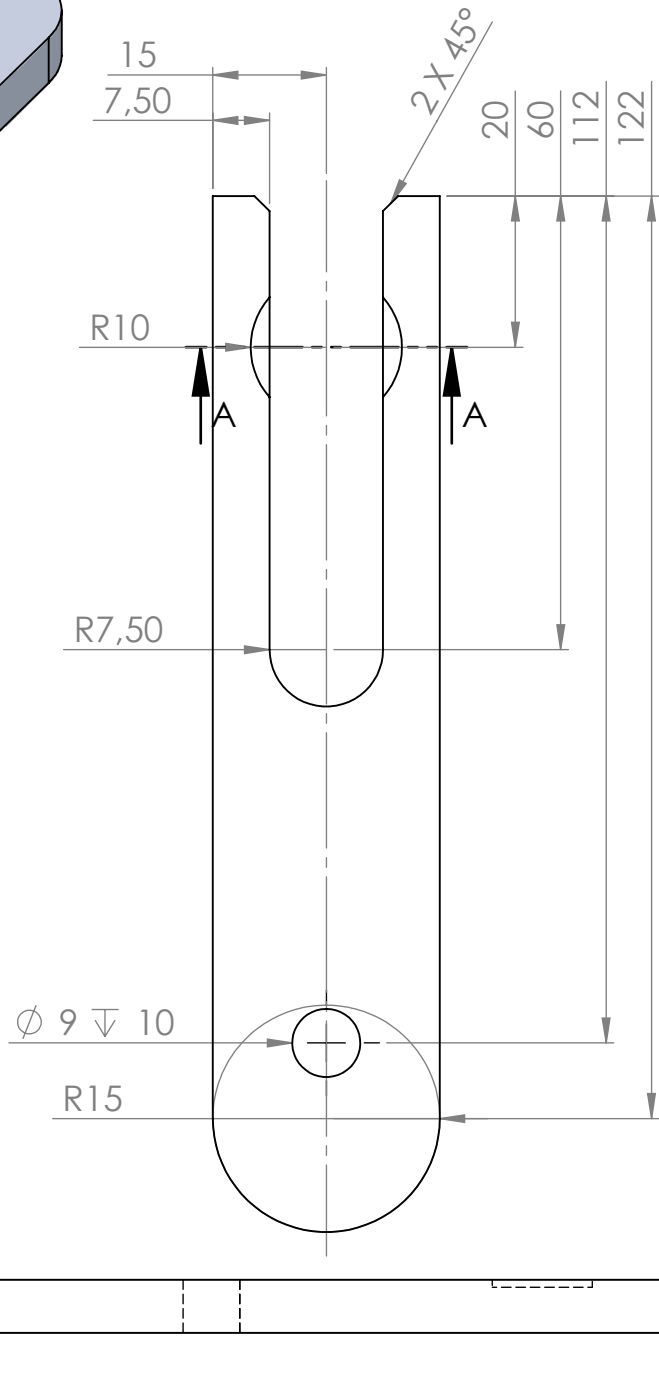
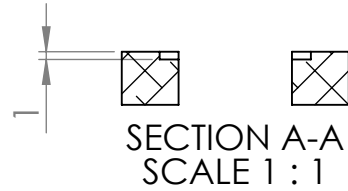
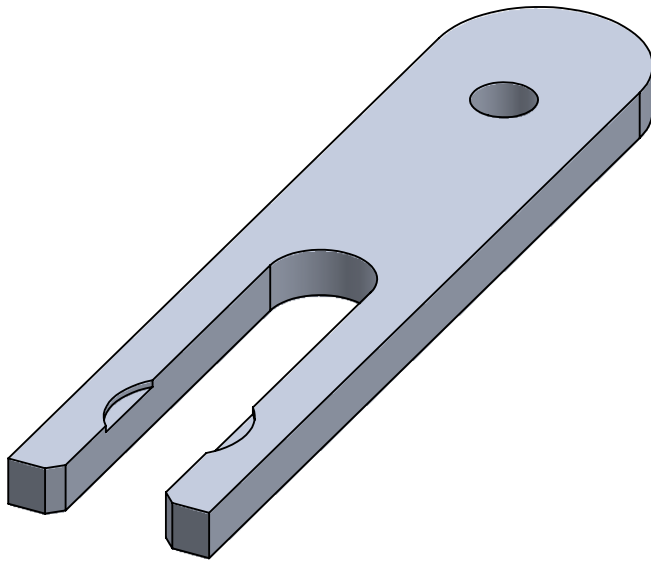
SCALE: 1:5

SHEET 73

SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129

ITEM NO.	PART NUMBER	MATERIAL	REFERENCE	QTY.
1	Verktøyvekser_Byttbar_Holder	6061 Alloy	111	1



Material can be bought from
Norsk Stål:
313312: 7,0 x 2000 x 6000 mm.



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

Designed by:

NAME
Eirik Brendeløkken

SIGNATURE
Eirik Brendeløkken

DATE
06.05.2015

Checked by:

Eirik Michalsen

Eirik Michalsen

08.05.2015

Approved by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

10.05.2015

TITLE:

Verktøyveksler_Byttbar_Holder

DWG NO.

VV-201-2

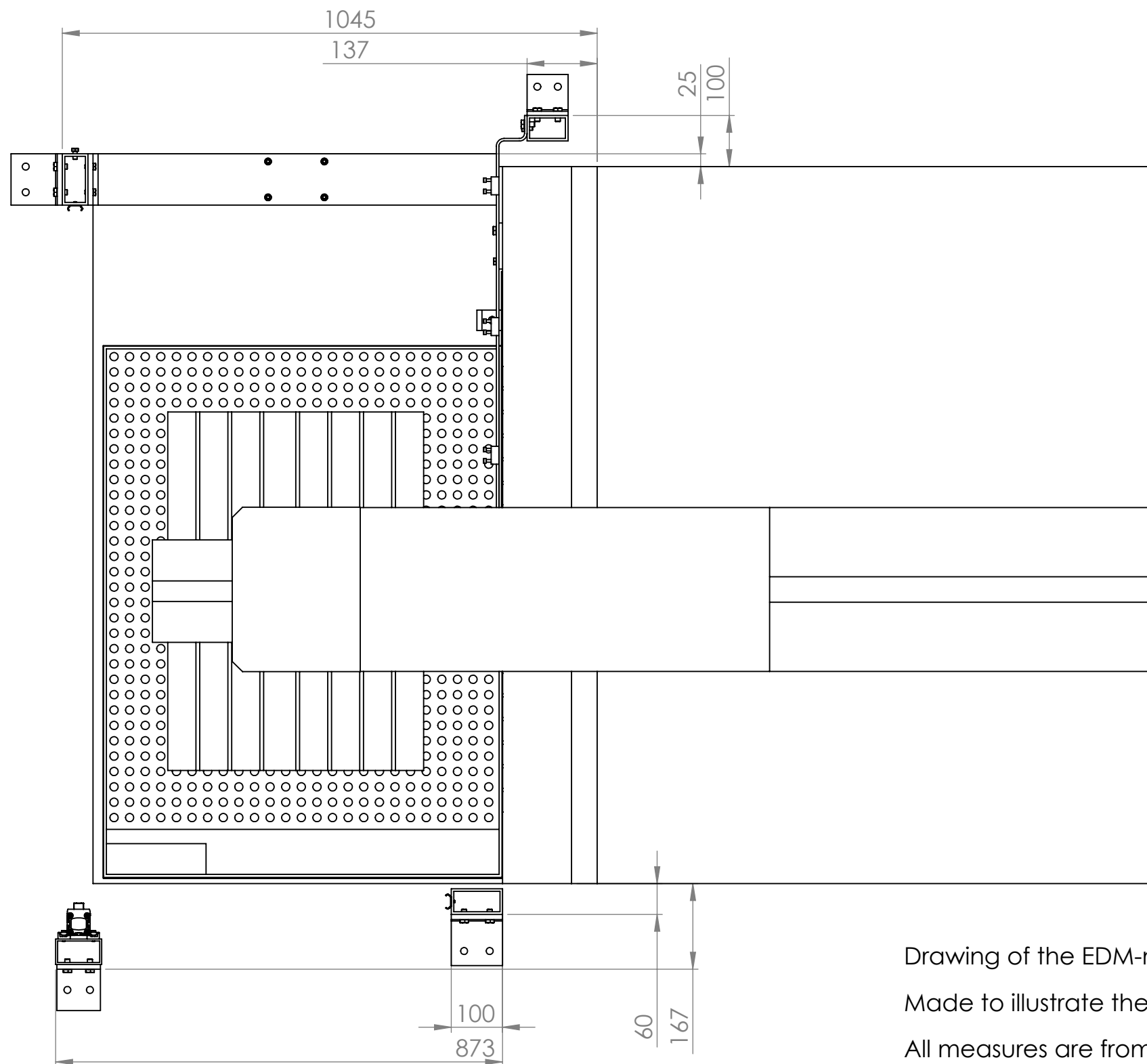
A4

SCALE:1:1

SHEET 74

SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

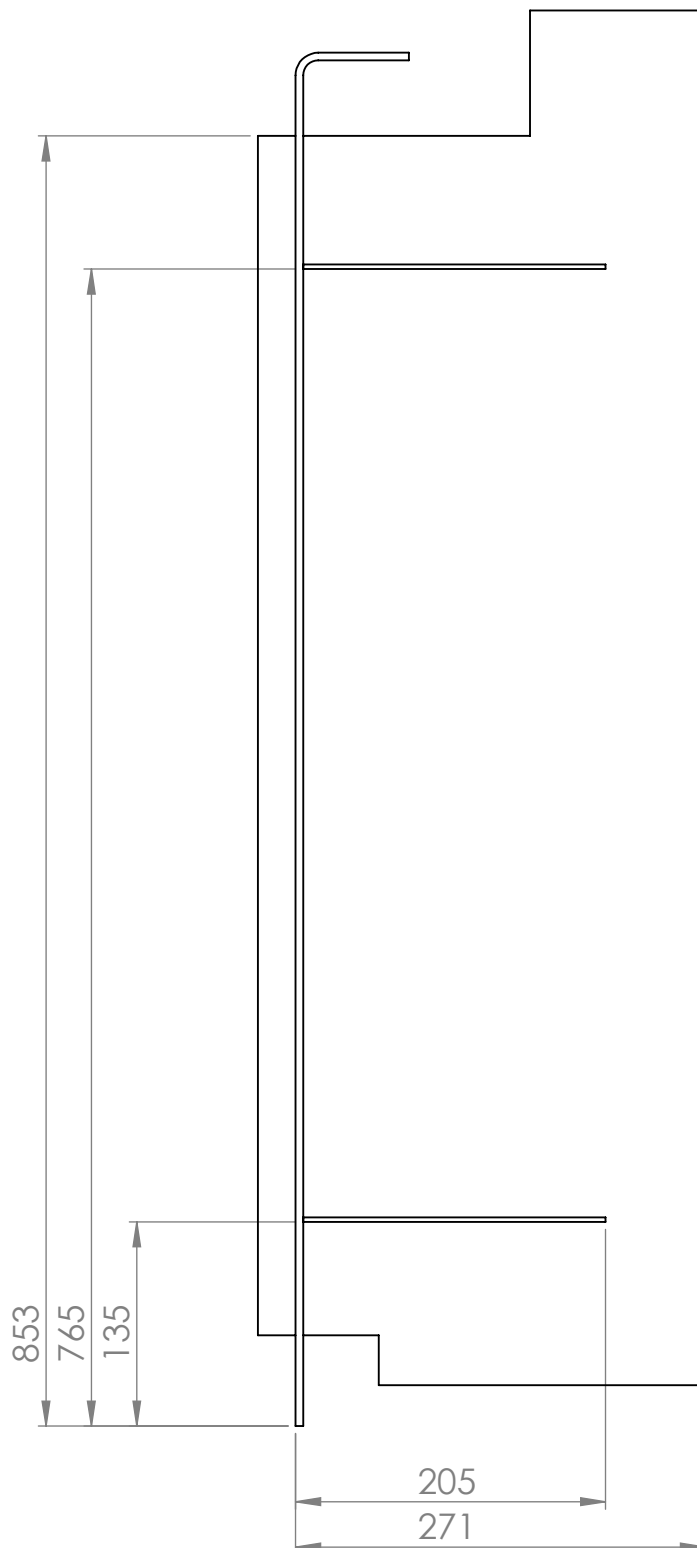
Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129



Drawing of the EDM-machine and the new frame components.
 Made to illustrate the placement of the framework.
 All measures are from the sides or the backwall of the EDM-machine.

 		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: NS-ISO 2768 Middels	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	REVISION: A
NAME	SIGNATURE	DATE	DO NOT SCALE DRAWING	
Designed by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken	TITLE:	
Checked by:	Eirik Michalsen	Eirik Michalsen	Plassering_Rammeverk_EDM-maskin	
Approved by:	Eirik Brendeløkken	Eirik Brendeløkken		
Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering - Oppgradering av EDM-maskin 5129			DWG NO.	A3
			SCALE:1:10	Sheet 75

**SolidWorks Student Edition.
 For Academic Use Only.**



Drawing made to illustrate the placement of the different components in the assembly of the table. All parts are to be welded together.



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: NS-ISO 2768-1 Middels

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION: A

Designed by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

04.05.2015

Checked by:

Eirik Michalsen

Eirik Michalsen

05.05.2015

Approved by:

Eirik Brendeløkken

Eirik Brendeløkken

10.05.2015

TITLE:

Målsetting_Sammenstilling_Bord

**SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.**

*Gruppe 8: Produksjonsoptimalisering -
Oppgradering av EDM-maskin 5129*

DWG NO.

Additional drawing

A4

SCALE: 1:5

76

Anlegg: EDM5129		
Prosjekt: Produktoptimalisering - EDM5129		
Leverandør: Høgskolen i Buskerud og Vestfold		
Innhold	Kommentar	Side
Ustyrsideks 1		1-1
Ustyrsideks 2		1-2
Kabelliste 1		1-3
Kabelliste 2		1-4
Prosessbeskrivelse 1		1-5
Prosessbeskrivelse 2		1-6
Prosessbeskrivelse 3		1-7
Prosessbeskrivelse 4		1-8
Prosessdata		1-9
Ustyrstflytskjema		1-10
Fordeling, forsyning		1-11
Fordeling, jord		1-12
Fordeling, luft		1-13
Oversikt, sentral skap		1-14
Rekkeklemmeliste_S.S.	For sentral skap	1-15
Oversikt, lokal skap	Front (Dør)	1-16
Oversikt, lokal skap	Innmat	1-17
Rekkeklemmeliste_L.S.	For lokal skap	1-18
Nødstopp kobling	For EDM og verktøyveksler	1-19

Dato/sign:	Rev:

Anlegg og funksjoner	
Innholdsfortegnelse	



Anlegg: EDM5129
Prosjekt: Produktoptimalisering - EDM5129

Leverandør: Høgskolen i Buskerud og Vestfold

Innhold	Kommentar	Side
Verktøyveksler	Forside	2-1
VV:Ustyrsplassering	LFX01	2-2
VV:Ustyrsplassering	LFZ01	2-3
VV:Ustyrsplassering	Fabrikkområdet	2-4
VV:Hookup tegning, LFX01 og LFZ01	Pneumatisk oppkobling for overtrykk	2-5
VV: LFX01	Kretskjema, driver	2-6
VV: LFZ01	Kretskjema, driver	2-7
VV: RAC01	Kretskjema, driver	2-8
VV:VV-GS-01	Kretskjema, tårnposisjon	2-9
VV:VV-GS-02	Kretskjema, bassengposisjon	2-10
VV:EDM-YS-01	Kretskjema, EDM-stopp	2-11
0-punktsystem	Forside	3-1
3R:Ustyrsplassering	Fabrikkområdet	3-2
3R:Hookup tegning	Pneumatisk oppkobling	3-3
3R:3R-MV-01	Kretskjema, mag.vent. 3R.	3-4
Beskyttelsebarriere	Forside	4-1
BB:Ustyrsplassering	Fabrikkområdet	4-2
BB:Ustyrsplassering	BB-PG-01, Pneu. Lineær føring	4-3
BB:Ustyrsplassering	Sikkerhetsventiler og hastighetsregulering	4-4

Dato/sign:

Rev:



Anlegg og funksjoner

Innholdsfortegnelse



Anlegg: EDM5129			
Prosjekt: Produktoptimalisering - EDM5129			
Leverandør: Høgskolen i Buskerud og Vestfold			
Innhold	Kommentar	Side	
BB:Hookup tegning	Pneu. skjema for beskyttelsebarriere	4-5	
BB:BB-GSL-01	Kretskjema, posisjonssensor	4-6	
BB:BB-GSH-01	Kretskjema, posisjonssensor	4-7	
BB:BB-MV-01	Kretskjema, mag.vent. Beskyttelsebarriere	4-8	
PLS	Forside	5-1	
PLS:Utstyrsindeks		5-2	
PLS:Flytskjema	Profibus oppkobling	5-3	
PLS:inn- og utganger	Oversikt	5-4	
PLS:Logisk flytskja 1		5-5	
PLS:Logisk flytskja 2		5-6	
PLS:Logisk flytskja 3		5-7	
PLS:Logisk flytskja 4		5-8	
PLS:Logisk flytskja 5		5-9	
PLS:Logisk flytskja 6		5-10	
Vedlegg	Utstyrsliste		

Dato/sign:	Rev:

Anlegg og funksjoner	
Innholdsfortegnelse	
	

Anlegg: EDM5129 Prosjekt: Produktoptimalisering - EDM5129		Leverandør: Høgskolen i Buskerud og Vestfold			Side 1 av 2
Tag	Utstyr	Spesifikasjon	Leverandør	Type	Delnummer
LFX01	X-akse føring	80-600mm	Festo	ELGA-TB-RF-80-600-0H	1371246
LFX-O	X-akse servo		Festo	EMME-AS-80-M-LS-AM	2093169
LFX-EG	X-akse enkoder		Festo		
LFX-EC-01	X-akse driver	240VAC/3A	Festo	CMMP-AS-C2-3A-M3	1501325
LFZ01	Z-akse føring	70-200mm	Festo	ELGA-TB-RF-70-200-0H	1371245
LFZ-O	Z-akse servo		Festo	EMMS-AS-55-M-LS-TM-S1	1569797
LFZ-EG	Z-akse enkoder		Festo		
LFZ-EC-01	Z-akse driver	240VAC/3A	Festo	CMMP-AS-C2-3A-M3	1501325
			Festo		
RAC-O	C-akse stepper	48V/5A	Festo	EMMS-ST-57-S-SE-G2	1370475
RAC-EG	C-akse enkoder		Festo		
RAC-EG-01	C-akse driver	Logikk: 24VDC, Load: 48VDC/5A	Festo	CMMS-ST-C8-7-G2	572211
VV-S1	Sikkerhetsbryter	230V/20A, 3polet,	Moeller	T0-2-1/EA/SVB	1456246
K1	Sikkerhetsrele, drivere	1 kanal, 1 utganger, 24VAC/DC	PHOENIX	PSR-MS20-1NO-1DO- 24DC-SC	2904950
K2	Sikkerhetsrele, 3R-MV	1 kanal, 1 utganger, 24VAC/DC	PHOENIX	PSR-MS20-1NO-1DO- 24DC-SC	2904950
K3	Sikkerhetsrele, BB-MV	1 kanal, 1 utganger, 24VAC/DC	PHOENIX	PSR-MS20-1NO-1DO- 24DC-SC	2904950



Anlegg og funksjoner



Utstyrs indeks

Tegn.nr: 1-1



Dato/sign:

Rev:



Anlegg: EDM5129		Leverandør: Høgskolen i Buskerud og Vestfold			Side 2 av 2
Prosjekt: Produktoptimalisering - EDM5129					
Tag	Utstyr	Spesifikasjon	Leverandør	Type	Delnummer
BB-PG-01	Pneumatisk føring, beskyttelsebarriere	d:25mm, l:800mm	Festo	DGC-K-25-800-PPV-A-GK	
BB-MV-01	Magnet ventil, Pne.før.	5/2 monostabil, 24VDC	Festo	VUVS-L20-M52-MD-Q6-U3 -F7-1C1	
BB-GSL-01	Posisjonsbryter, senket	PNP NO, 2-leder	Festo	SMT-8M-A-ZS-24V-E-8-OE	
BB-GSH-01	Posisjonsbryter, hevet	PNP NO, 2-leder	Festo	SMT-8M-A-ZS-24V-E-8-OE	
3R-MV-01	Magnet ventil, 3R-chuck	3/2, 24VDC	Festo	VUVB-L-M32C-AD-Q6-1C1	537468
VV-GS-01	Tårnposisjon	PNP NO, 24VDC	ELFA	CX-491-P	3763253
VV-GS-02	Bassengposisjon		Elmark	TZ -8104	468104
VV-YS-01	V.V-bytte_EDM-stopp				
VV-EZ-01	Nødstop, V.V.		ELFA	FAK-R/V/KC11/IY	3511819
VV-EZ-02	Nødstop, Lokal skap		ELFA	FAK-R/V/KC11/IY	3511819
EDM-EZ-01	Nødstop, EDM				
VV-CB-01	SIMATIC HMI, KTP900 BASIC	24VDC/0.32A		AV2123-2JB03-0AX0	4505166

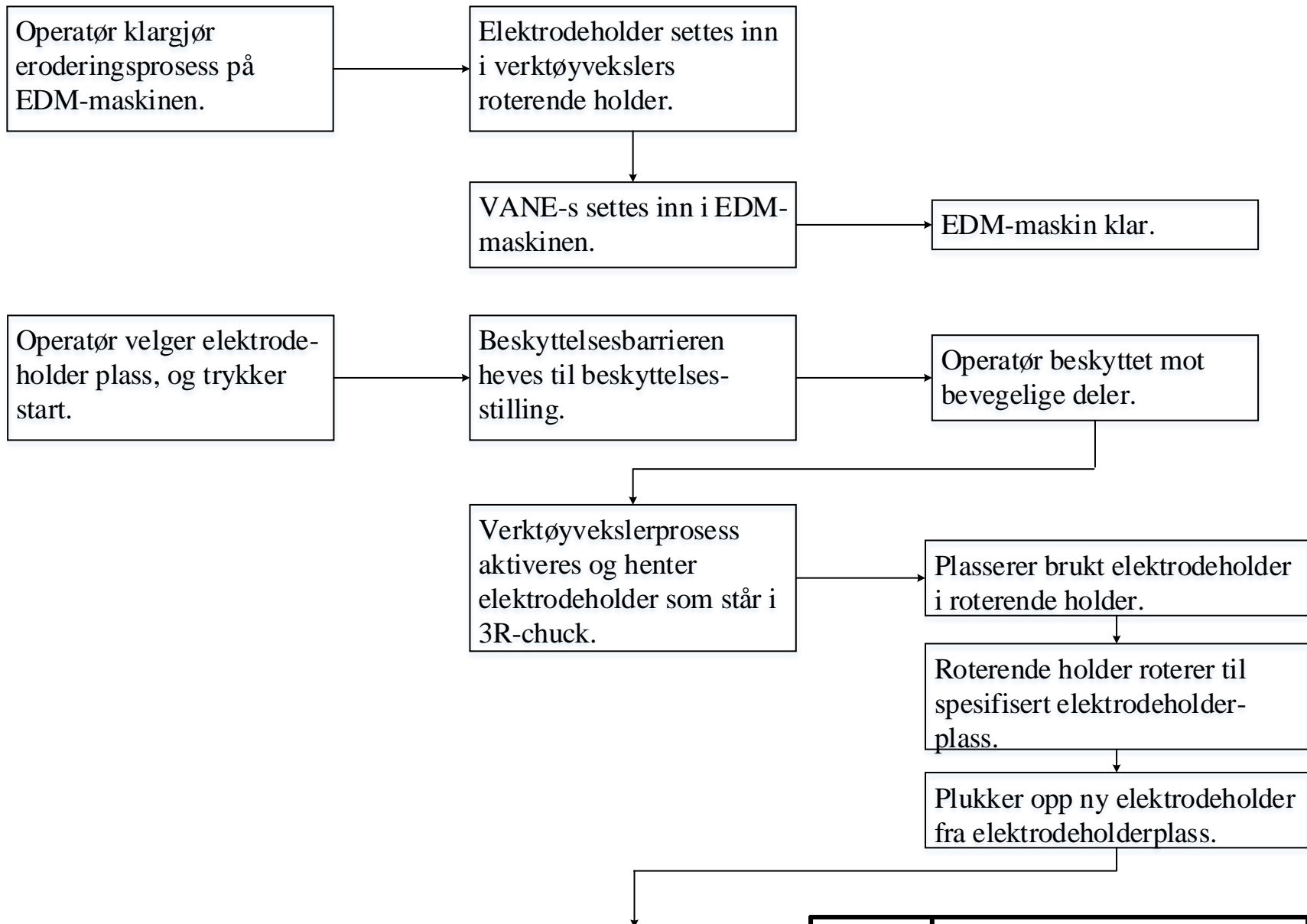
 	Anlegg og funksjoner	Dato/sign:
	Utstyrs indeks	*****
	Tegn.nr: 1-2	Rev:

Anlegg: EDM 5129		Leverandør: Høgskolen i Buskerud og Vestfold		Side 1 av 2
Prosjekt: Produktoptimalisering				
Kabel nr.	Adresse/Merking		Kabeltype	Anmerkning
	Til	Fra		
LFX-O	X-akse servo	Lokal skap	NEBM-T1G8-E-5-N-S1G15	
LFX-G	X-akse enkoder	Lokal skap	NEBM-T1G7-E-5-N-LE7	
LFZ-O	Z-akse servo	Lokal skap	NEBM-T1G8-E-5-N-S1G15	
LFZ-G	Z-akse enskoder	Lokal skap	NEBM-T1G7-E-5-N-LE7	
RAC-O	C-akse stepper	Lokal skap	NEBM-S1G9-E-5-LE6	
RAC-G	C-akse enkoder	Lokal skap	NEBM-M12G8-E-5-S1G9	
BB-PV-01	Mag.vent beskyttelsebarriere	Lokal skap	NEKFLEX-SO	

 	Anlegg og funksjoner	Dato/sign:
	Kabelliste	*****
	Tegn.nr: 1-3	Rev:

Anlegg: EDM 5129		Leverandør: Høgskolen i Buskerud og Vestfold		Side 2 av 2
Prosjekt: Produktoptimalisering				
Utstyr	Adresse/Merking		Kabeltype	Anmerkning
	Til	Fra		
Beskyttelsebarriere, senket	BB-GSL-01	Lokal skap	NEKFLEX-SO	
Beskyttelsebarriere, hevet	BB-GSH-01	Lokal skap	NEKFLEX-SO	
Magnet ventil, R3-chuck	3R-PV-01	Lokal skap	NEKFLEX-SO	
Tårnposisjon	VV-GS-01	Lokal skap	NEKFLEX-SO	
Bassengposisjon	VV-GS-02	Lokal skap	NEKFLEX-SO	
VV-bytte_EDM-stopp	VV-YS-01	Lokal skap	PFSP	
Nødstop, verktøyveksler	VV-EZ-01	Lokal skap	NEKFLEX-SO	
Nødstop, verktøyveksler, på lokal skap	VV-EZ-02	Lokal skap		
Nødstop, EDM	EDM-EZ-01	Lokal skap	NEKFLEX-SO	

 	Anlegg og funksjoner	Dato/sign:
	Kabelliste	*****
	Tegn.nr: 1-4	Rev:



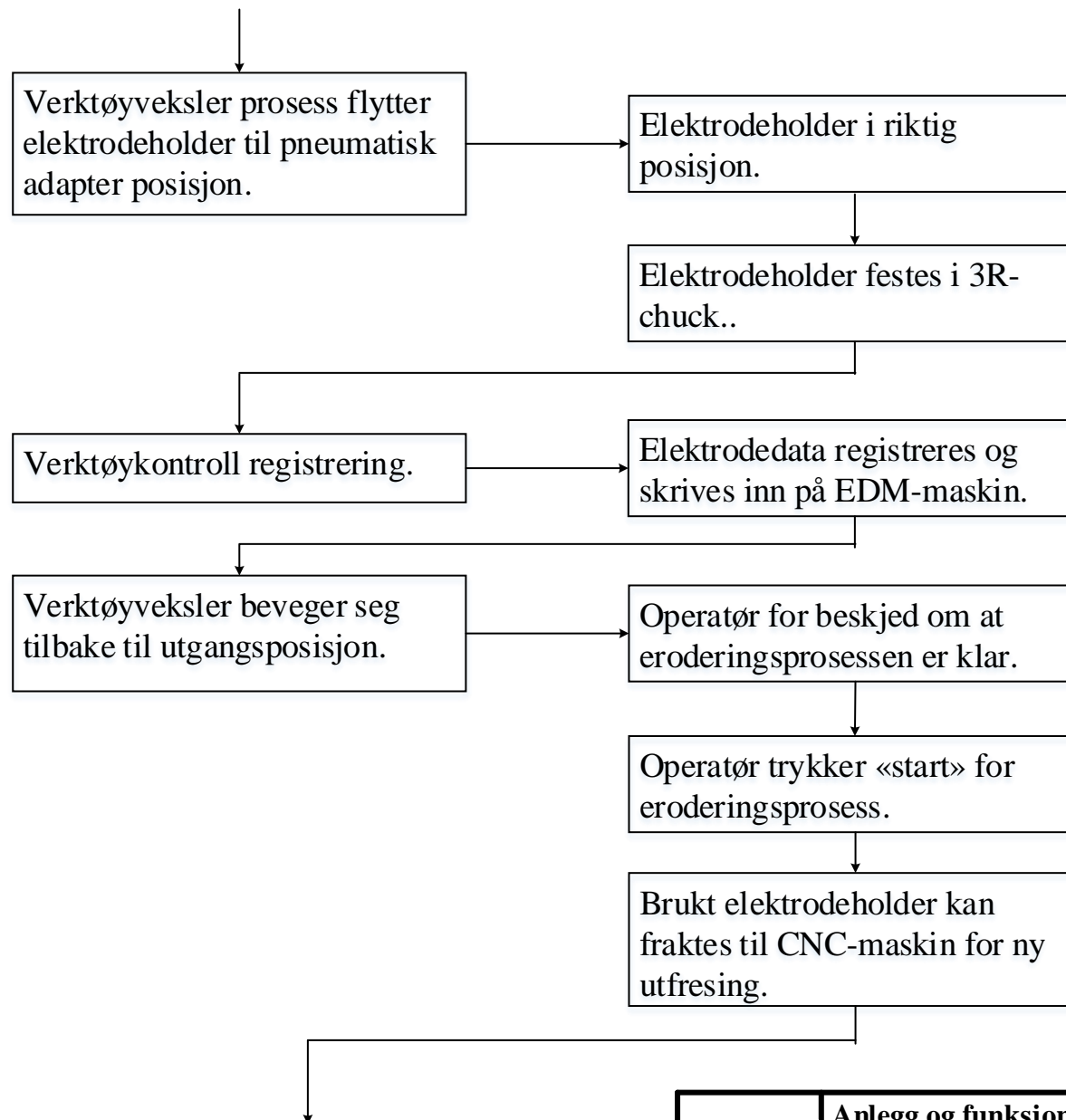
Anlegg og funksjoner

Prosessbeskrivelse 1

Tegn.nr: 1-5

Dato/sign:

Rev:



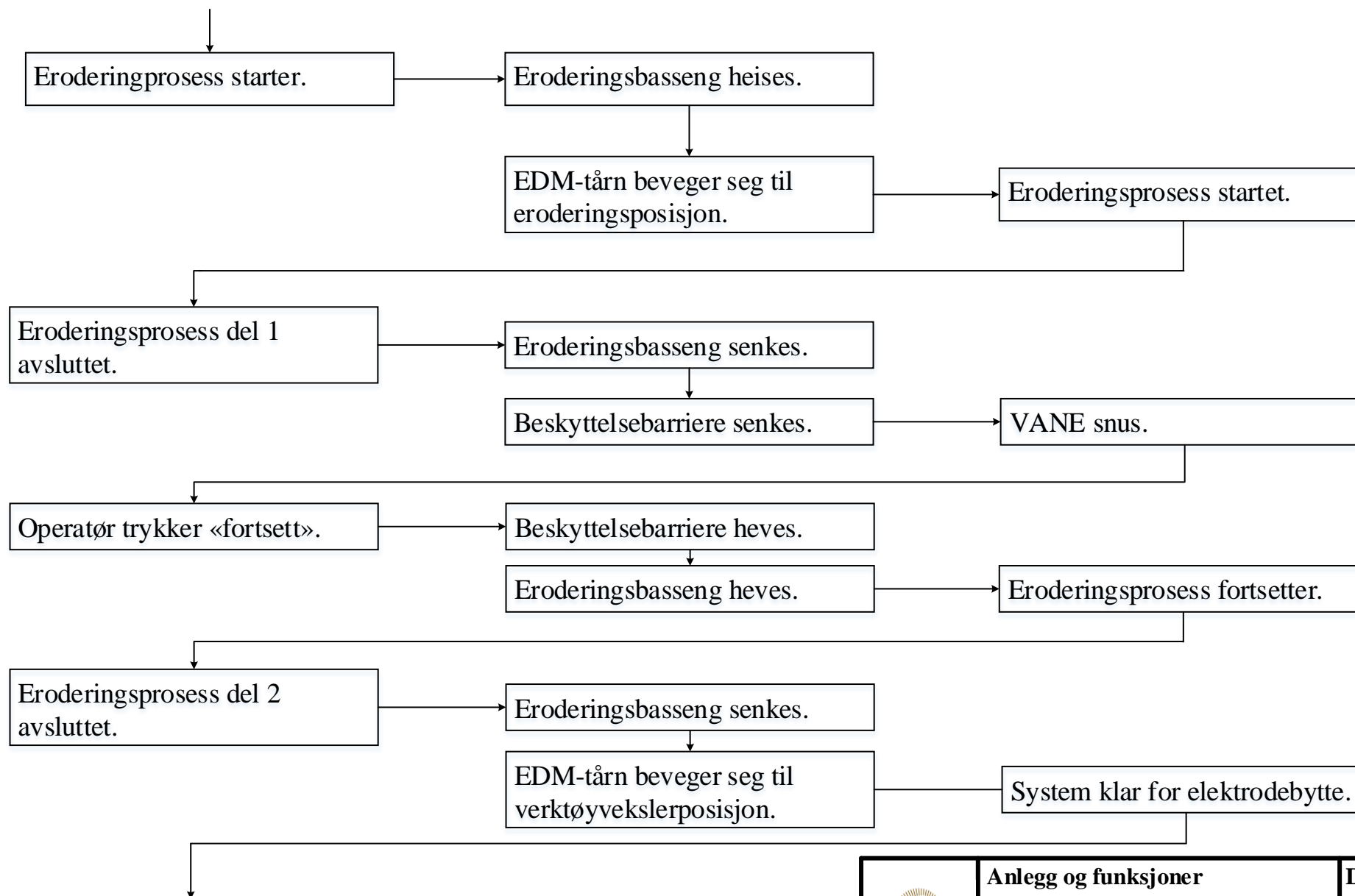
Anlegg og funksjoner

Prosessbeskrivelse 2

Tegn.nr: 1-6

Dato/sign:

Rev:



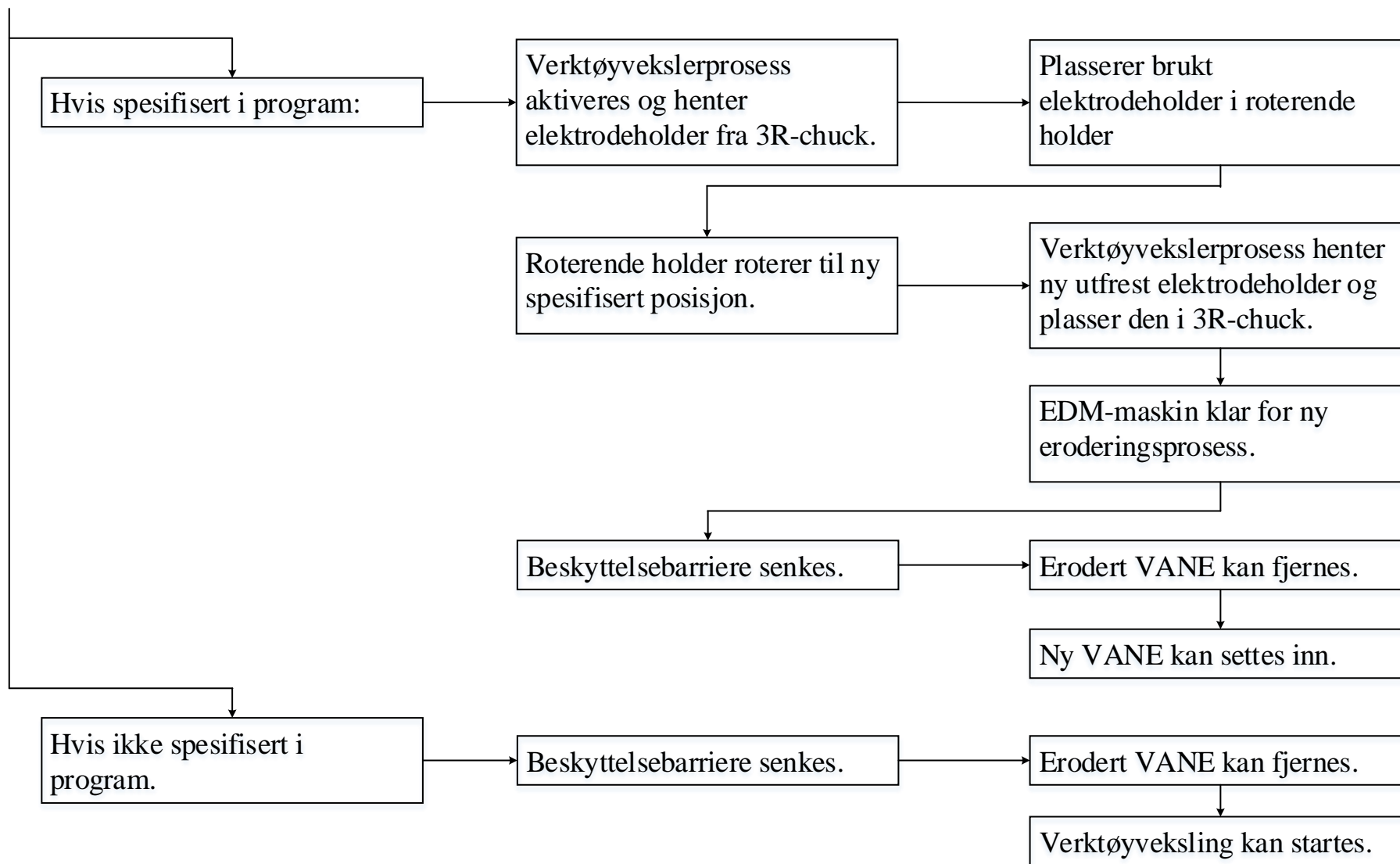
Anlegg og funksjoner

Prosessbeskrivelse 3

Tegn.nr: 1-7

Dato/sign:

Rev:



Anlegg og funksjoner

Prosessbeskrivelse 4

Tegn.nr: 1-8

Dato/sign:

Rev:

Ikke utfyllt



Anlegg og funksjoner

Prosessdata

Dato/sign:

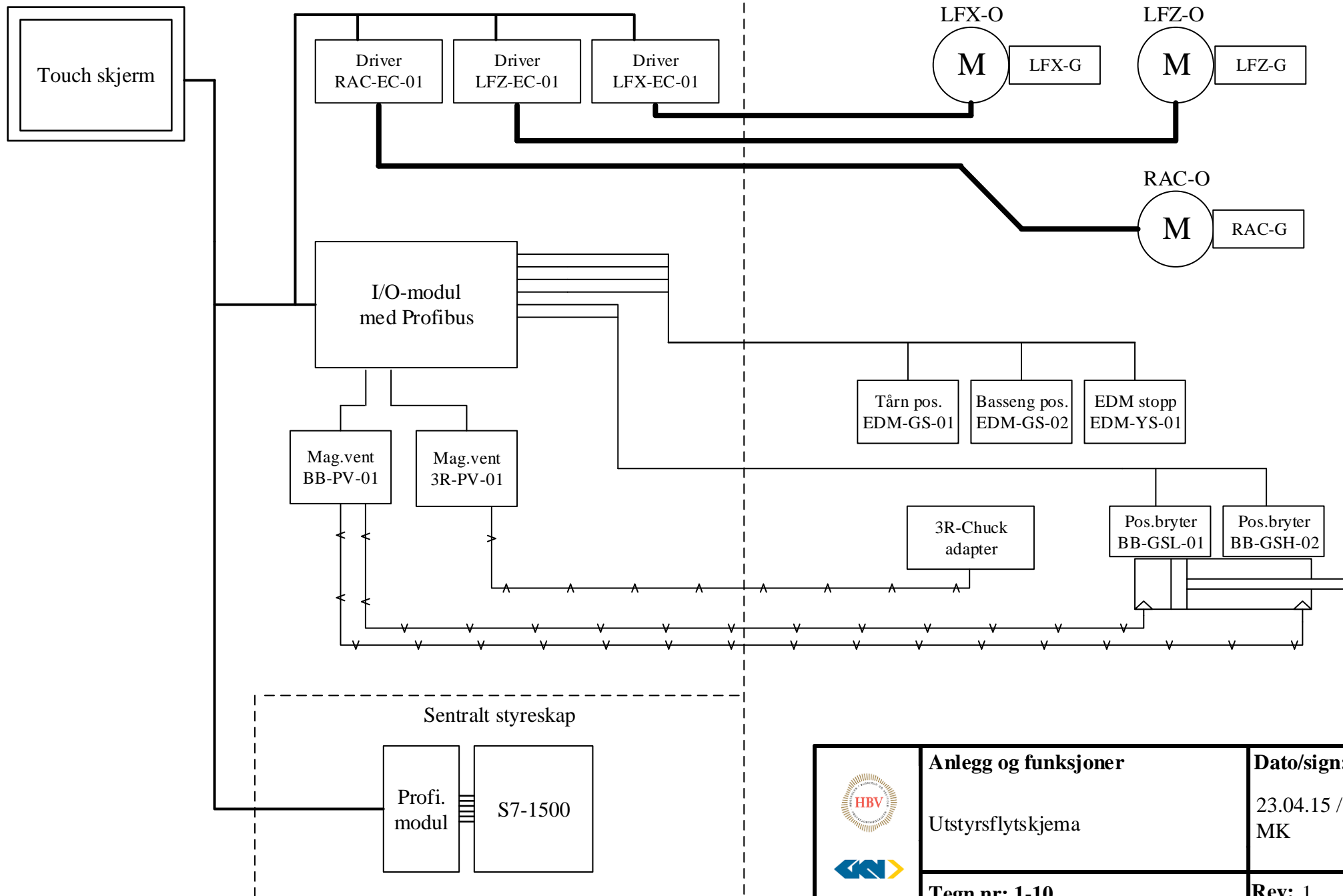
Tegn.nr: 1-9

Rev:

Operatørpanel

Lokalt styreskap

Fabrikkområde, maskin 5129



Anlegg og funksjoner

Utstyrsflytskjema

Tegn.nr: 1-10

Dato/sign:

23.04.15 /
MK

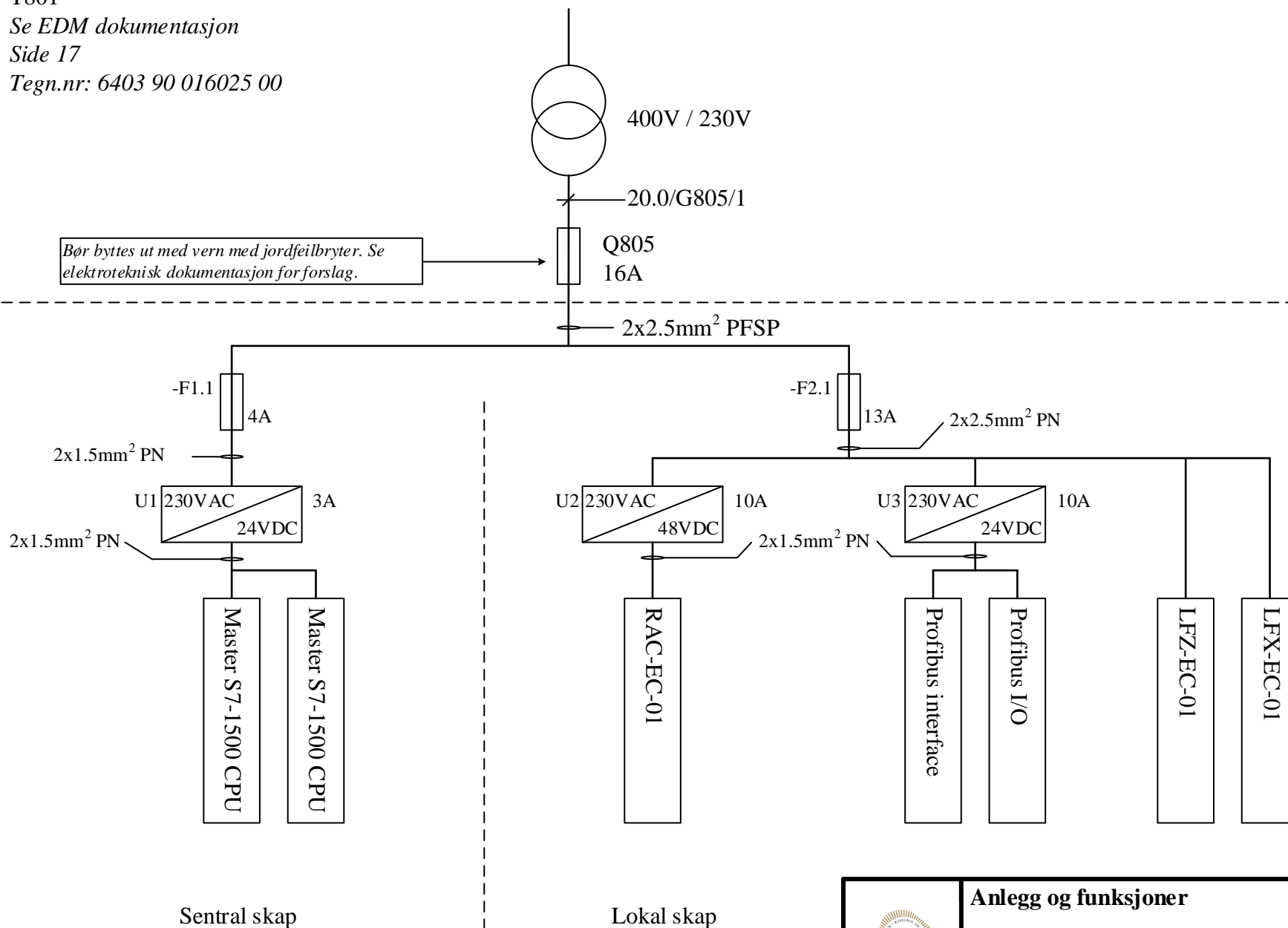
Rev: 1

T801

Se EDM dokumentasjon

Side 17

Tegn.nr: 6403 90 016025 00



Anlegg og funksjoner

Fordeling

Tegn.nr: 1-11

Dato/sign:

Rev:

EDM-maskins styreskap

Lokalt skap

PE

PE

2,5mm² PN

Sentralt skap

2,5mm² PN

PE

Hovedutjevning



Anlegg og funksjoner

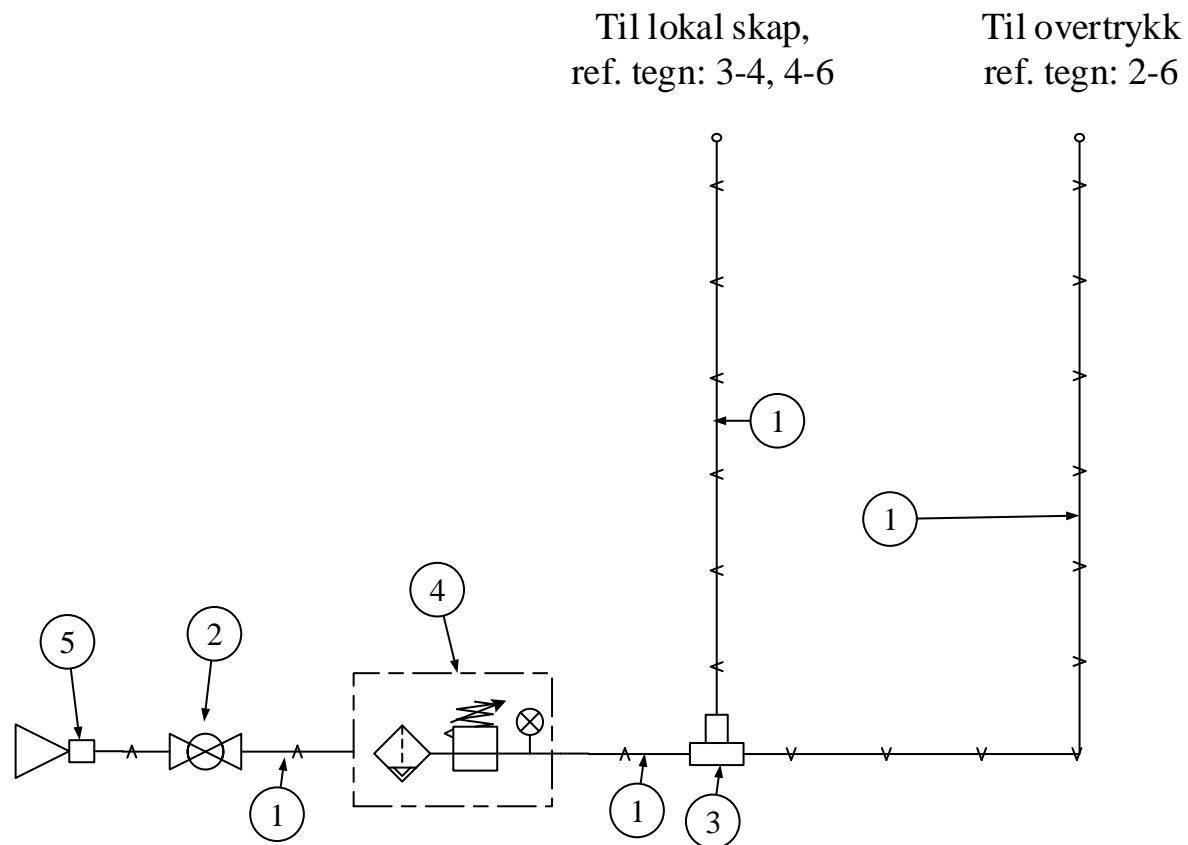
Jordfordeling

Tegn.nr: 1-12

Dato/sign:

Rev:

	Stk	Benevning	Material	Type, Dim.
1	1	PUN	TPE- U(PU)	Tubing, 6mm
2	1	LR-QS-6	Housing: PBT	Trykk vent, 6mmPush-in
3	1	NPQH-T-Q6-E-P10	Messing	T-3x6mmPush-in
4	1	LFR-QS6-D-7-5M-MICRO-H	Metal	5mmPush-in m/manometer
5	1	NPQH-D-G14-Q6-P10	Metal	1/4" Male / 6mmPush-in



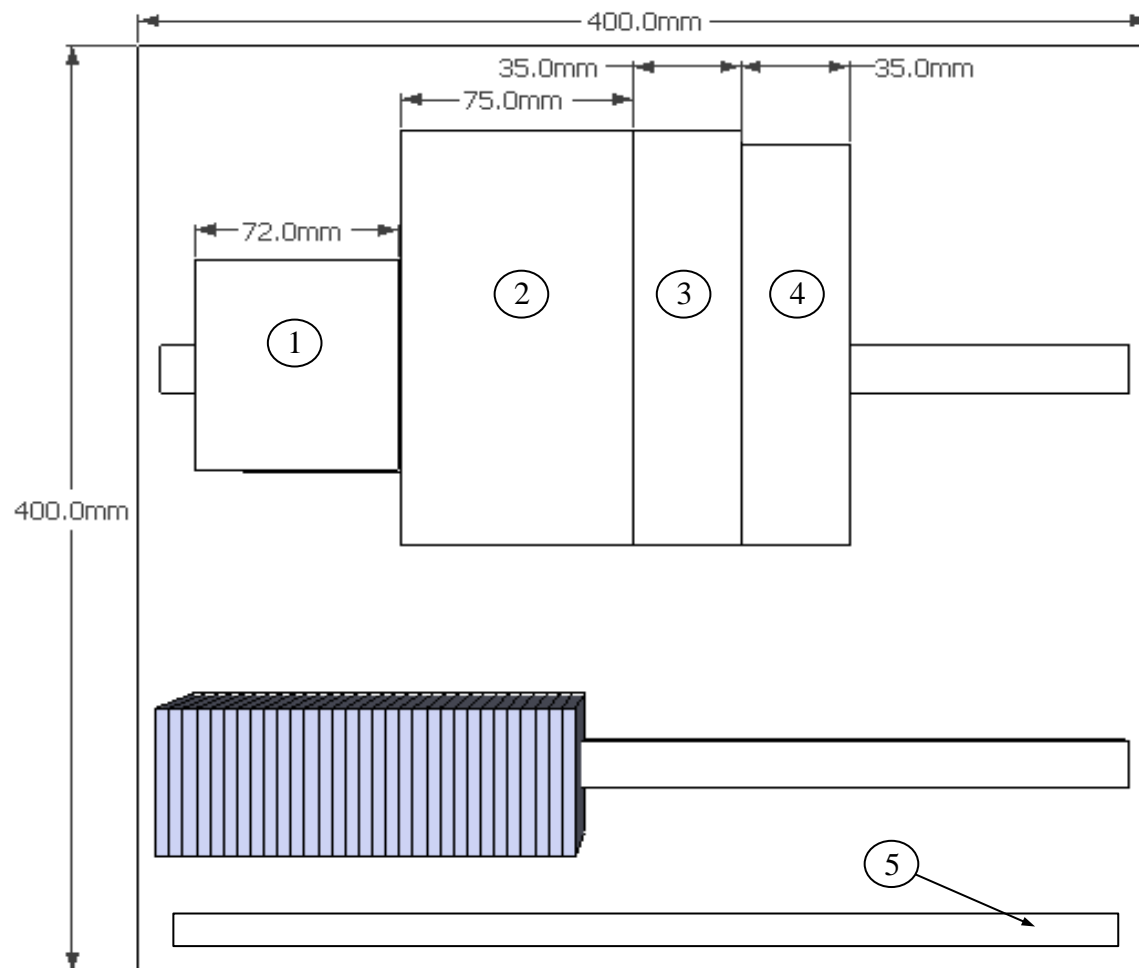
Anlegg og funksjoner

Fordeling luft



Tegn.nr: 1-13

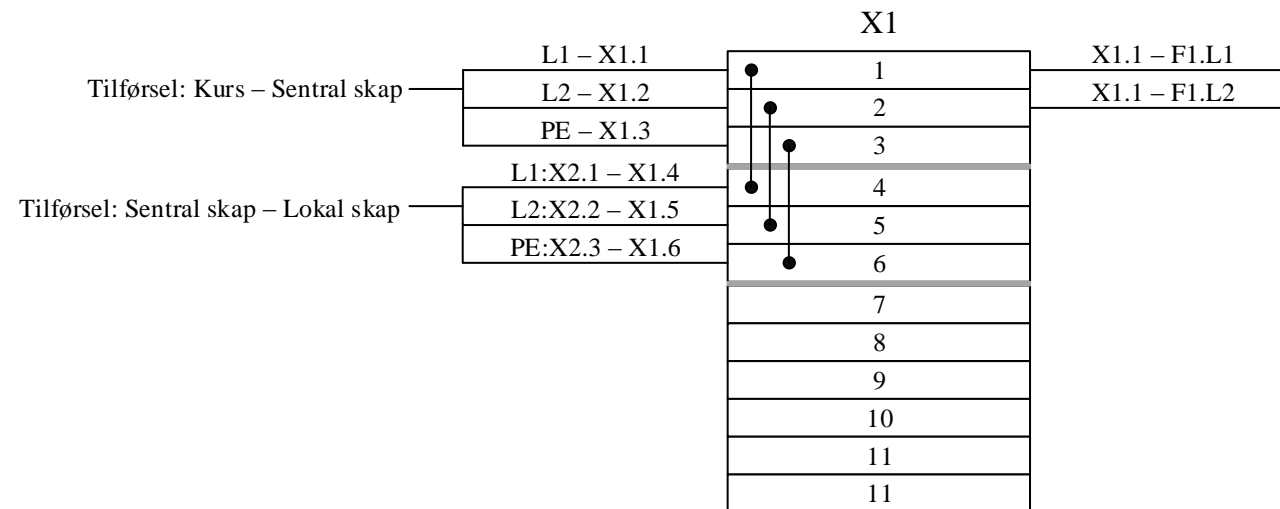
Dato/sign:

Rev:



	Utstyr	Type
1	Overbelastningsvern	C60H-2P-4A-C-10KA
2	Strømforsyning	6EP1332-4BA00
3	Siemens S7-1500, CPU1511-1PN	6ES7511-1AK00-0AB0
4	Profibus modul	6GK7542-5DX00-0XE0
5	Jordskinne	
6	Sentral skap	12506-012

 	Anlegg og funksjoner	Dato/sign:
	Sentral skap Utstyrs plassering	*****
	Tegn.nr: 1-14	Rev:



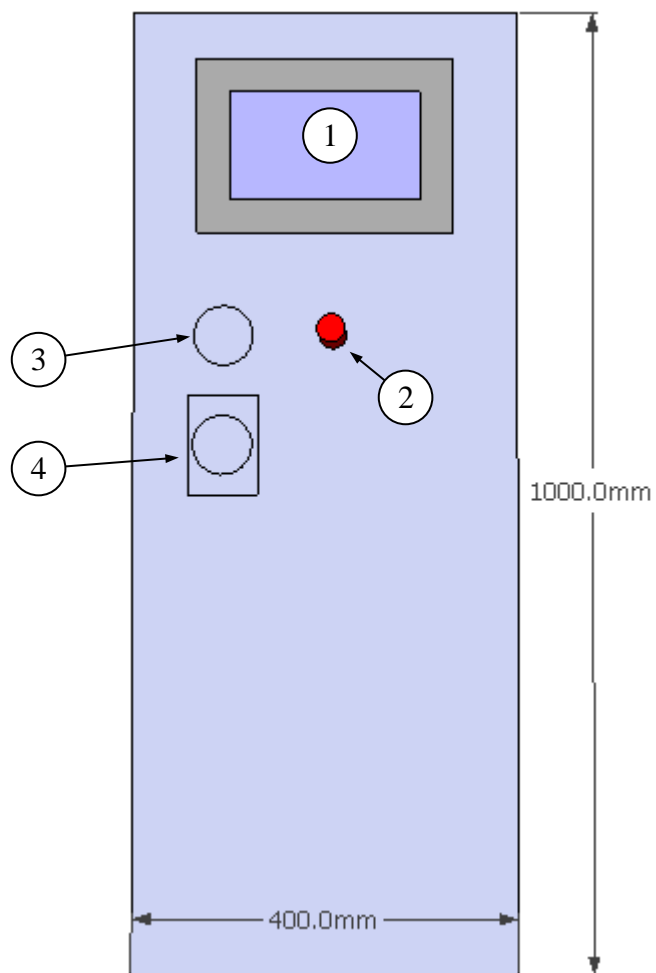
Anlegg og funksjoner

Rekkeklemmeliste
Sentral skap

Tegn.nr: 1-15

Dato/sign:

Rev:



	Utstyr	Type
1	Touch display	AV2123-2JB03-0AX0
2	Nødstopp	44-712.001
3	Manometer, overtrykk	FMAP-63-1-1/4-EN
4	Sikkerhetsbryter	T0-2-1/EA/SVB



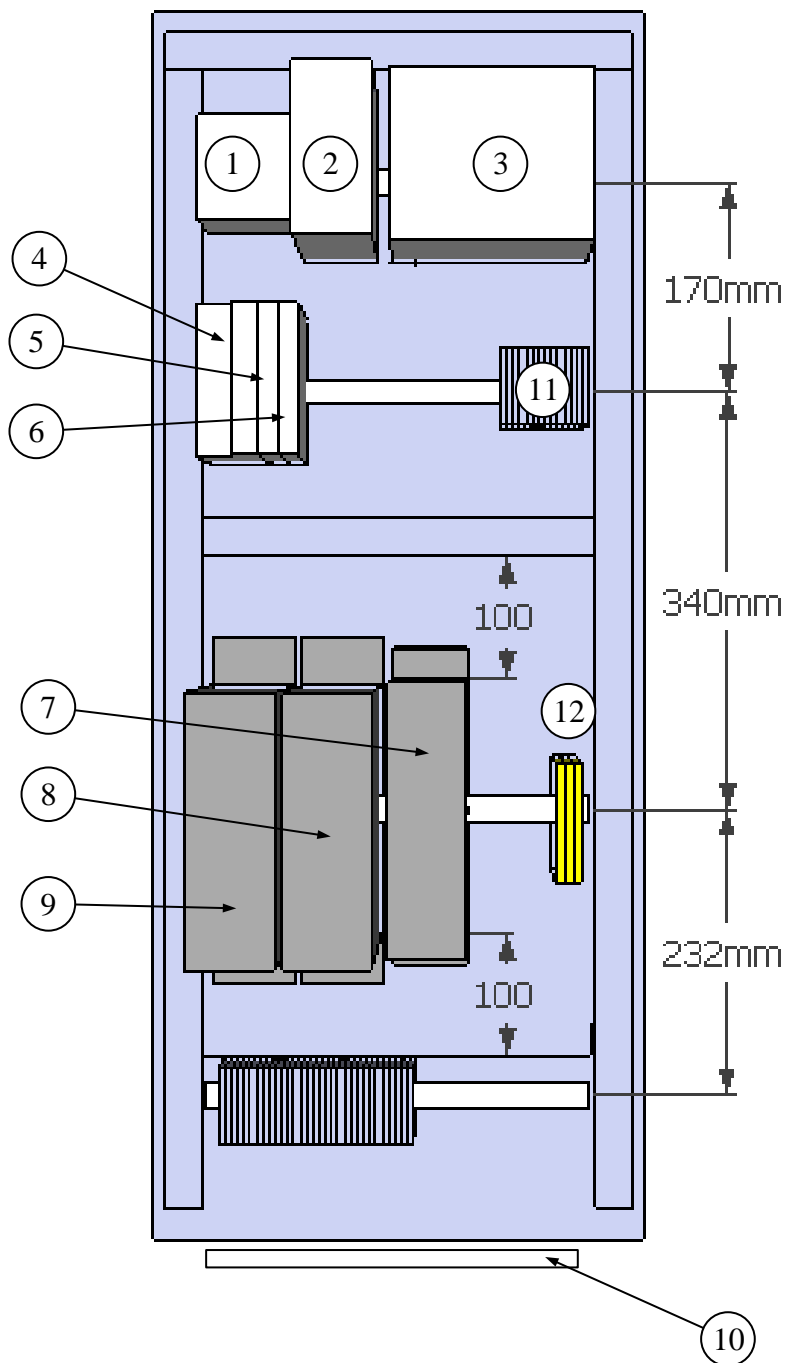
Anlegg og funksjoner

Lokal skap
Utstyrs plassering, skap dør



Tegn.nr: 1-16

Dato/sign:

Rev:



	Utstyr	Type
1	Vern	G102-C-13-13A
2	Strømforsyning, 24VDC/10A	CACN-3A-1-10
3	Strømforsyning, 48VDC/10A	CACN-3A-7-10
4	Profibus interface	6ES7155-6BA00-0CN0
5	Digitalt inngangskort	6ES7131-6BF00-0AA0
6	Digitalt utgangskort	6ES7132-6BF00-0BA0
7	Driver c-akse, 24VDC	CMMS-ST-C8-7-G2
8	Driver x-akse, 230VAC	CMMP-AS-C2-3A-M3
9	Driver z-akse, 230VAC	CMMP-AS-C2-3A-M3
10	Jordskinne	
11	24VDC - 0V	Rekkeklemme, fordeling
12	Sikkerhetsrele	PSR-MS20-1NO-1DO- 24DC-SC
13	Lokal skap	12506-041

 	Anlegg og funksjoner	Dato/sign:
	Lokal skap Utstyrs plassering, skap innvendig	*****
	Tegn.nr: 1-17	Rev:

		X2	
Tilførsel: Sentral skap – Lokal skap	VV-S1.L1 – X2.1	1	X2.1 – F2.L1
	VV-S1.L2 – X2.2	2	X2.2 – F2.L2
	PE – X2.3	3	
	+V – X2.4	4	X2.4 – ET200SP-DI.24V:9
VV-GS-01	Out – X2.5	5	X2.5 – ET200SP-DI.DI0:1
	-V – X2.6	6	X2.6 – ET200SP-DI.M
	21 – X2.7	7	X2.7 – ET200SP-DI.24V:10
VV-GS-02	22 – X2.8	8	X2.8 – ET200SP-DI.DI1:2
	+V – X2.9	9	X2.9 – ET200SP-DI.24V:11
VV-GSL-01	Out – X2.10	10	X2.10 – ET200SP-DI.DI2:3
	+V – X2.11	11	X2.11 – ET200SP-DI.24V:12
VV-GSH-01	Out – X2.12	12	X2.12 – ET200SP-DI.DI3:4
	A1 – X2.13	13	X2.13 – K3:14
BB-MV-01	A2 – X2.14	14	X2.14 – ET200SP-DQ.M10
	A1 – X2.15	15	X2.15 – K2:14
3R-MV-01	A2 – X2.16	16	X2.16 – ET200SP-DQ.M9
	A1 – X2.17	17	X2.17 – ET200SP-DQ.DQ2:3
EDM-YS-01	A2 – X2.18	18	X2.18 – ET200SP-DQ.M10
	21 – X2.19	19	X2.19 – K1:S11
VV-EZ-01	22 – X2.20	20	
	21 – X2.21	21	
VV-EZ-02	22 – X2.22	22	
	21 – X2.23	23	
VV-EZ-01	22 – X2.24	24	X2.24 – K1:S12



Anlegg og funksjoner

Rekkeklemmeliste
Lokal skap

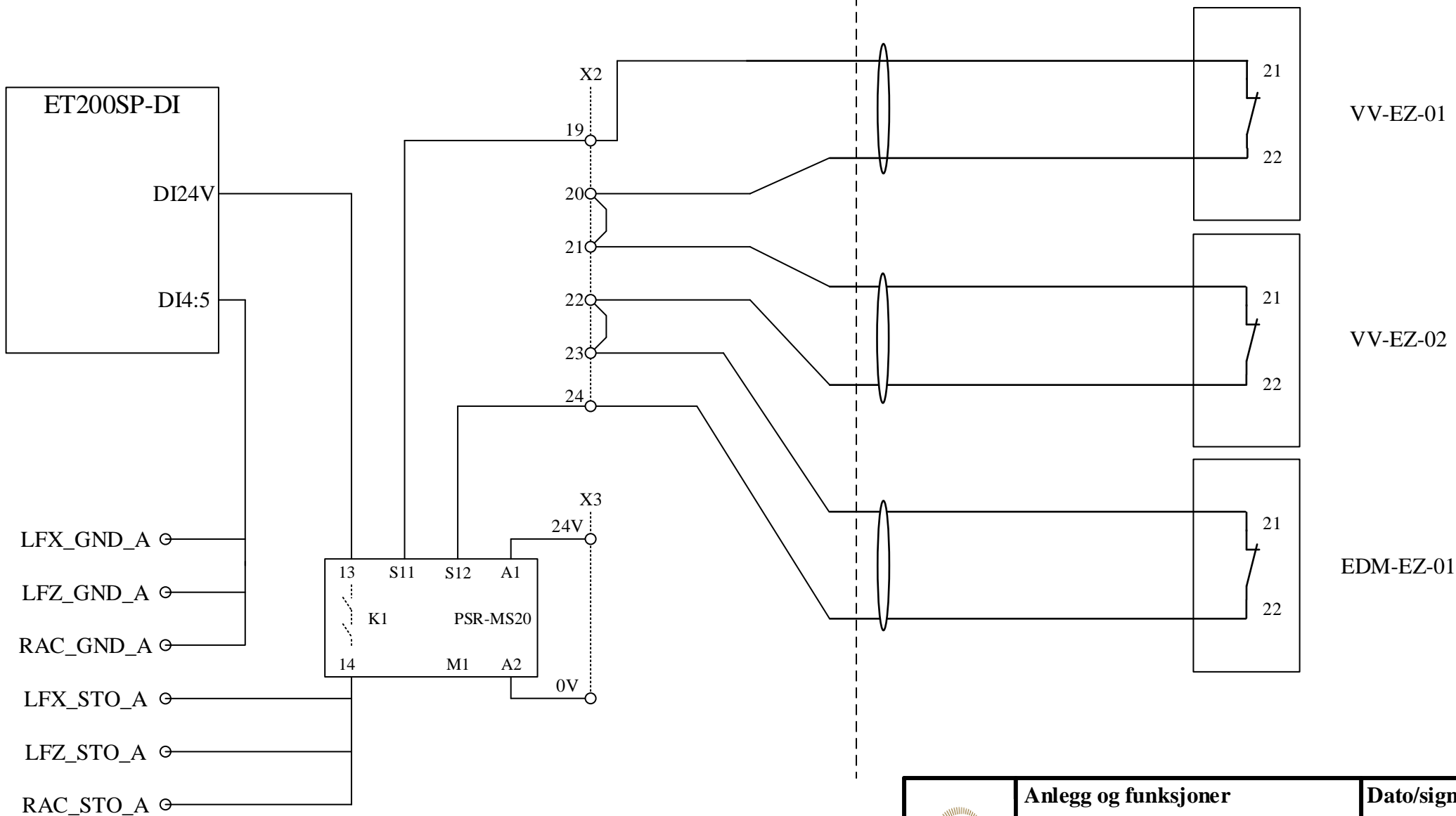
Tegn.nr: 1-18

Dato/sign:

Rev:

Lokal skap

Fabrikkområde – maskin 5129



Anlegg og funksjoner

Kretsskjema for nødstopp på EDM-maskin og verktøyveksler

Tegn.nr: 1-19

Dato/sign:

Rev:

Verktøyveksler



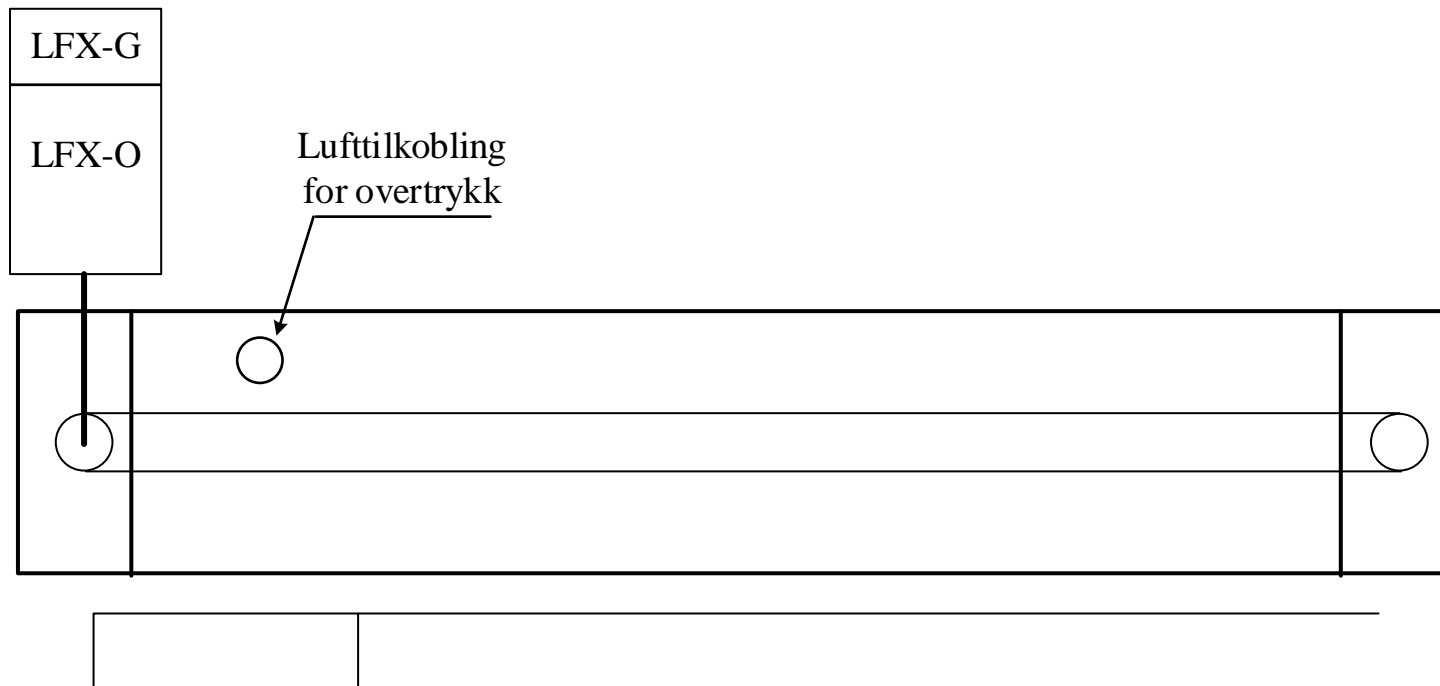
Anlegg og funksjoner

Samlet dokumentasjon for
verktøyveksler.



Tegn.nr: 2-1

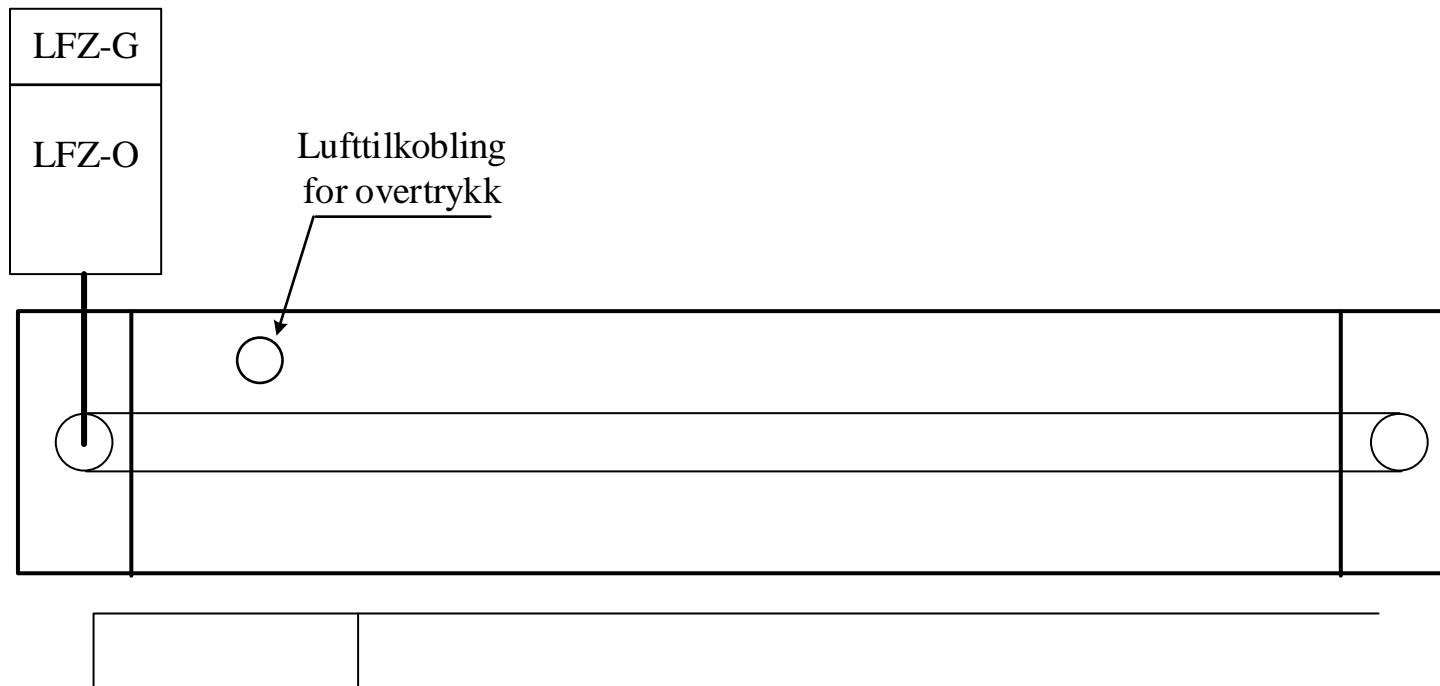
Dato/sign:

Rev:





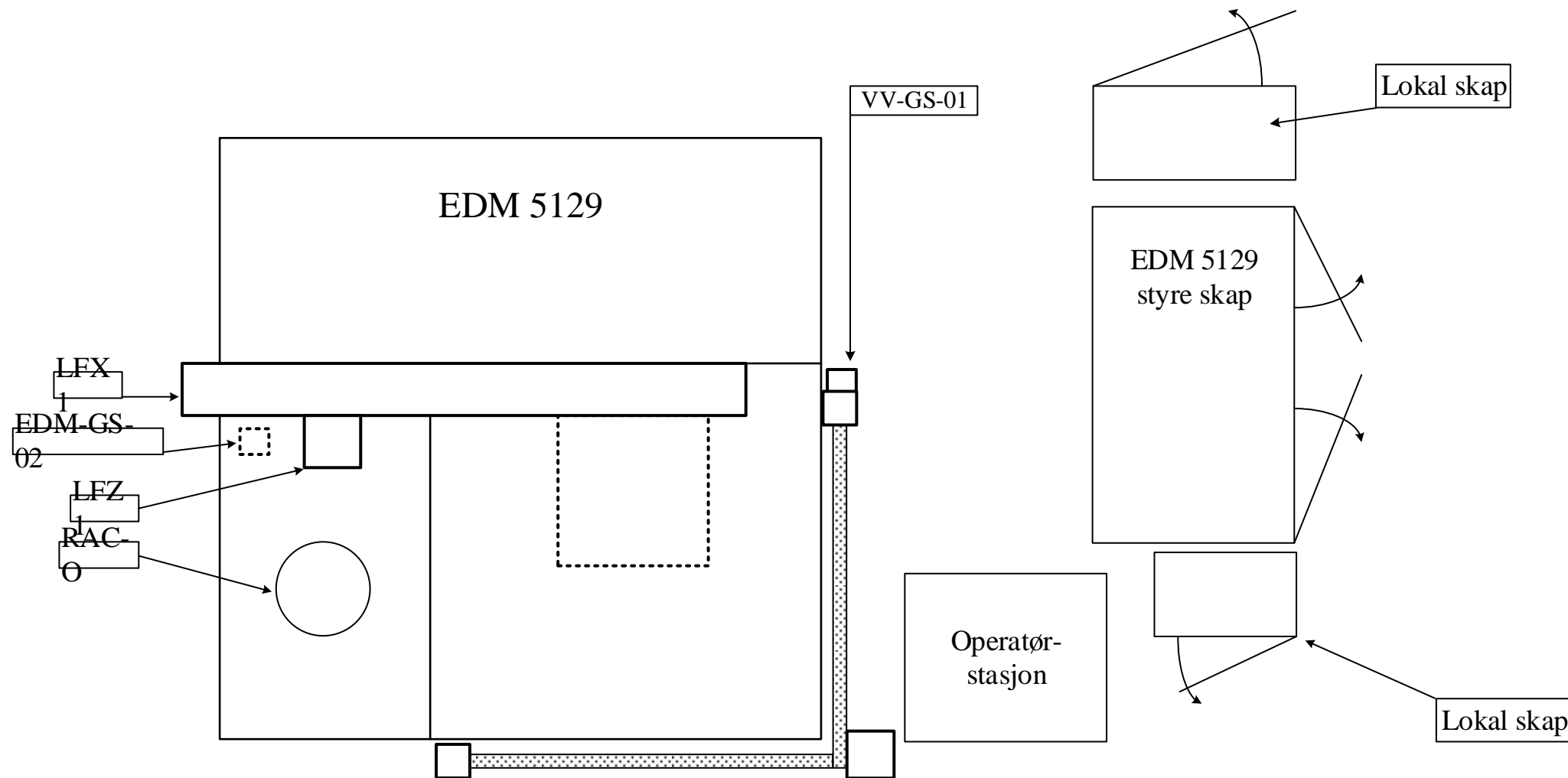
*Sett liggende ovenifra

 	Anlegg og funksjoner Verktøyveksler Utstyrs plassering på LFX1	Dato/sign: *****
	Tegn.nr: 2-2	Rev:



*Sett liggende ovenifra

 	Anlegg og funksjoner Verktøyveksler Utstyrs plassering på LFZ1	Dato/sign: *****
	Tegn.nr: 2-3	Rev:



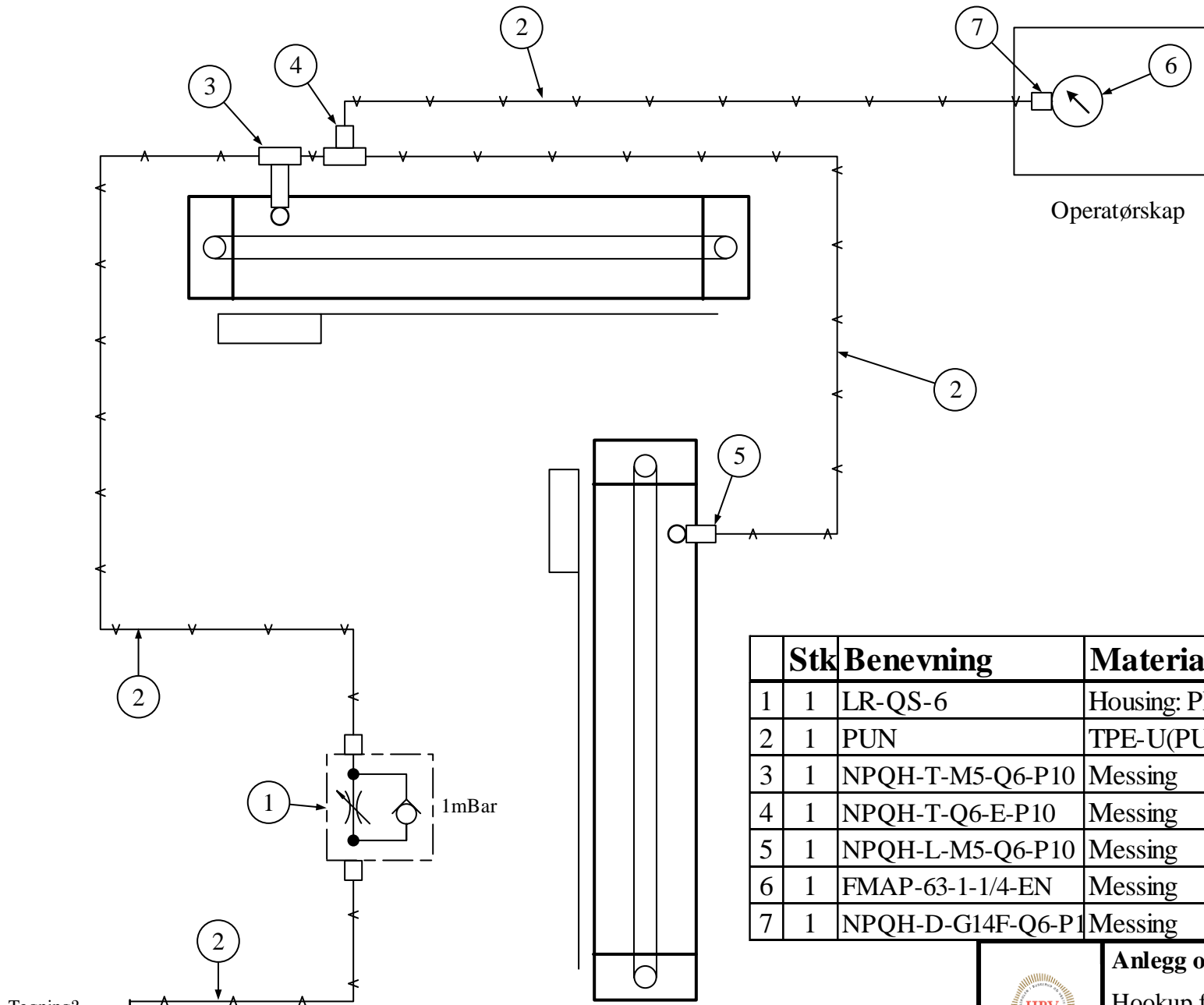
Anlegg og funksjoner

Verktøyveksler
Utstyrs plassering

Tegn.nr: 2-4

Dato/sign:

Rev:



	Stk	Benevning	Material	Type, Dim.
1	1	LR-QS-6	Housing: PBT	Trykk vent, 6mmPush-in
2	1	PUN	TPE-U(PU)	Tubing, 6mm
3	1	NPQH-T-M5-Q6-P10	Messing	T5mmMale 2x6mmPush-in
4	1	NPQH-T-Q6-E-P10	Messing	T3x6mmPush-in
5	1	NPQH-L-M5-Q6-P10	Messing	Elbow5mmMale 6mmPush-in
6	1	FMAP-63-1-1/4-EN	Messing	0-1 Bar manometer, panel mont.
7	1	NPQH-D-G14F-Q6-P1	Messing	1/4"Female 6mmPush-in



Anlegg og funksjoner

Hookup for overtrykk, LFX01/
LFZ01
Verktøyveksler.

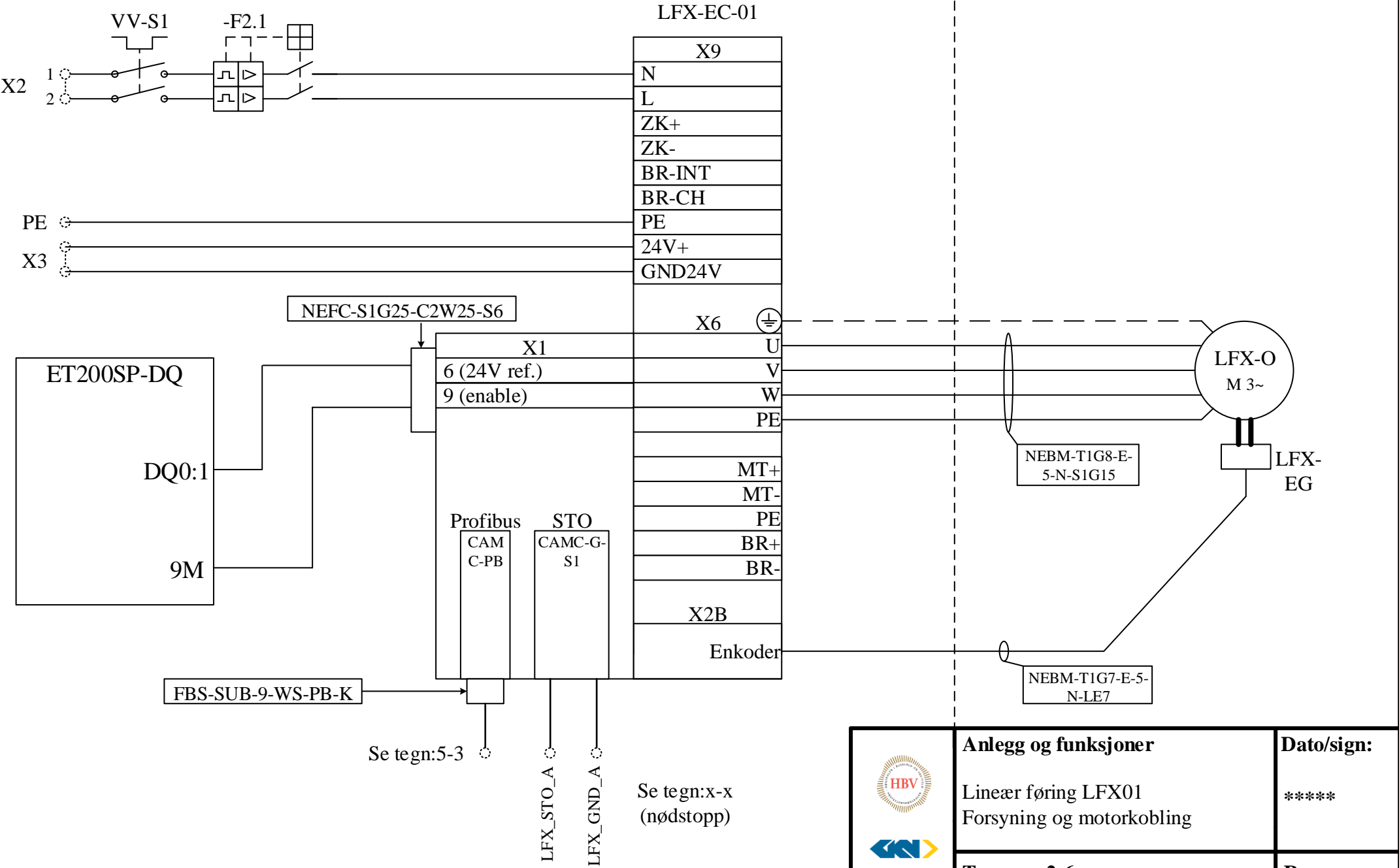
Tegn.nr: 2-5

Dato/sign:

Rev:

Lokal skap

Fabrikkområde – maskin 5129



Se tegn:5-3

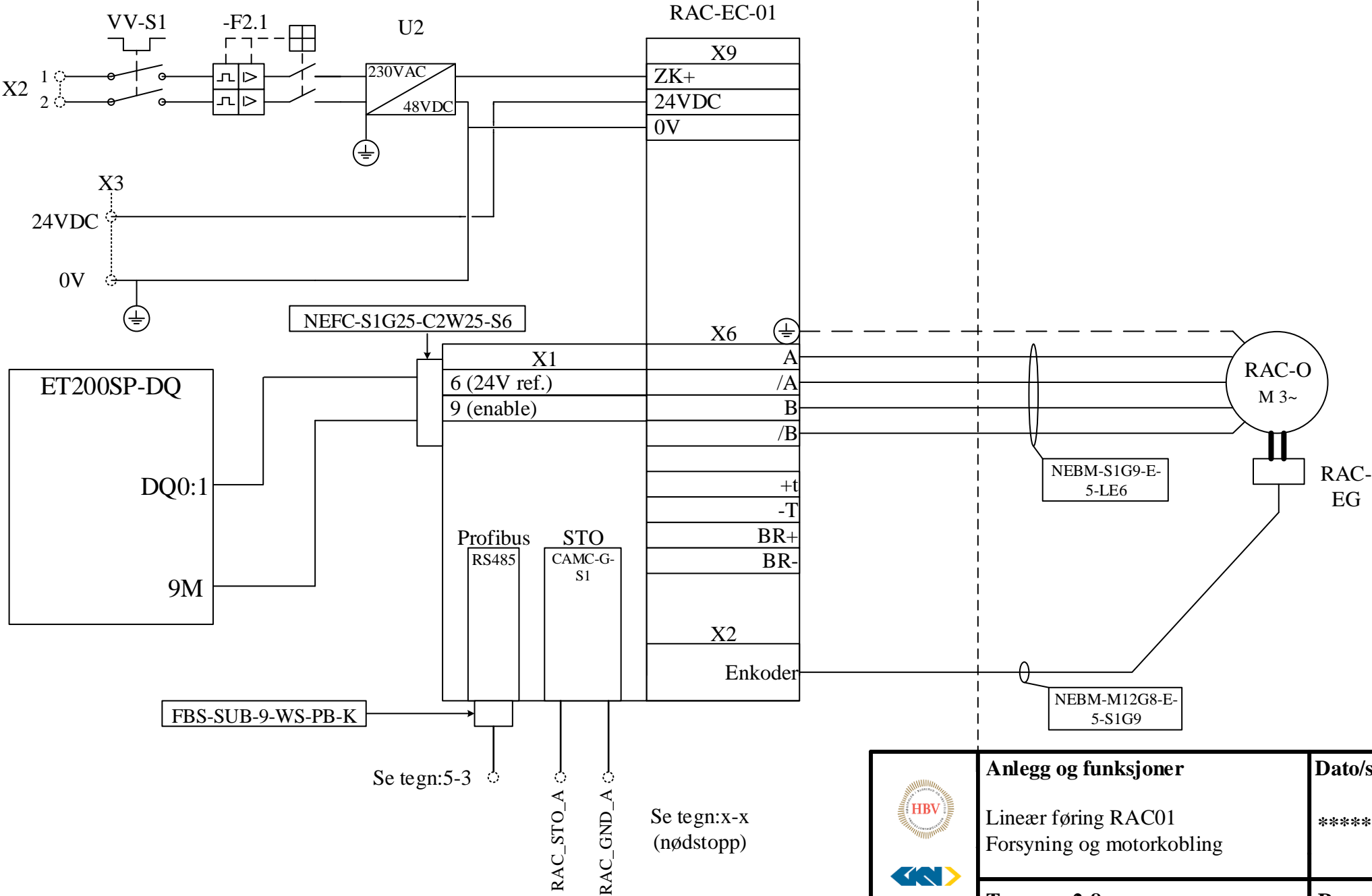
Se tegn:x-x
(nødstop)

LFX_STO_A

LFX_GND_A

Lokal skap

Fabrikkområde – maskin 5129



Anlegg og funksjoner

Lineær føring RAC01
Forsyning og motorkobling

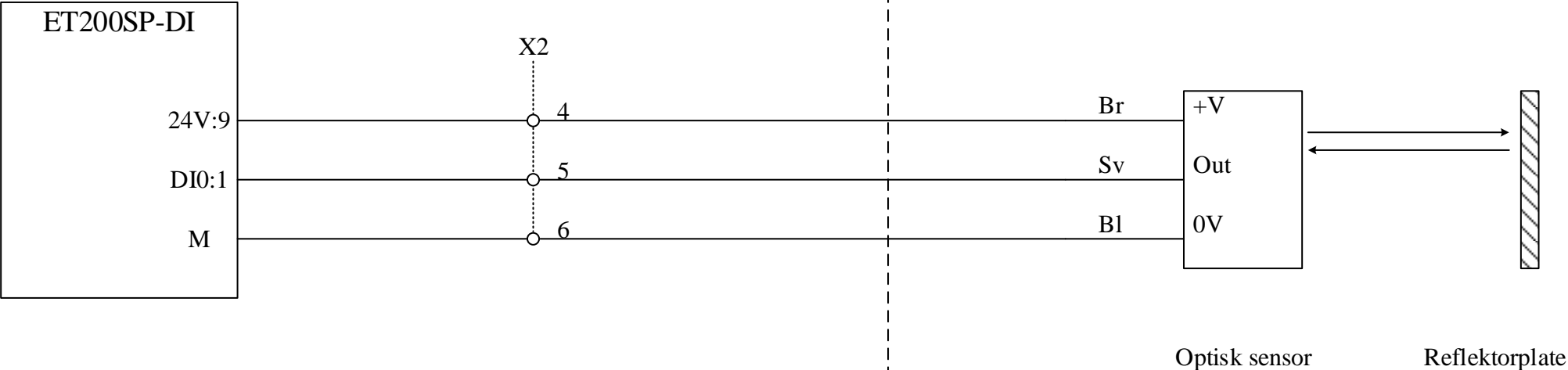
Tegn.nr: 2-8


Dato/sign:

Rev:

Lokal skap

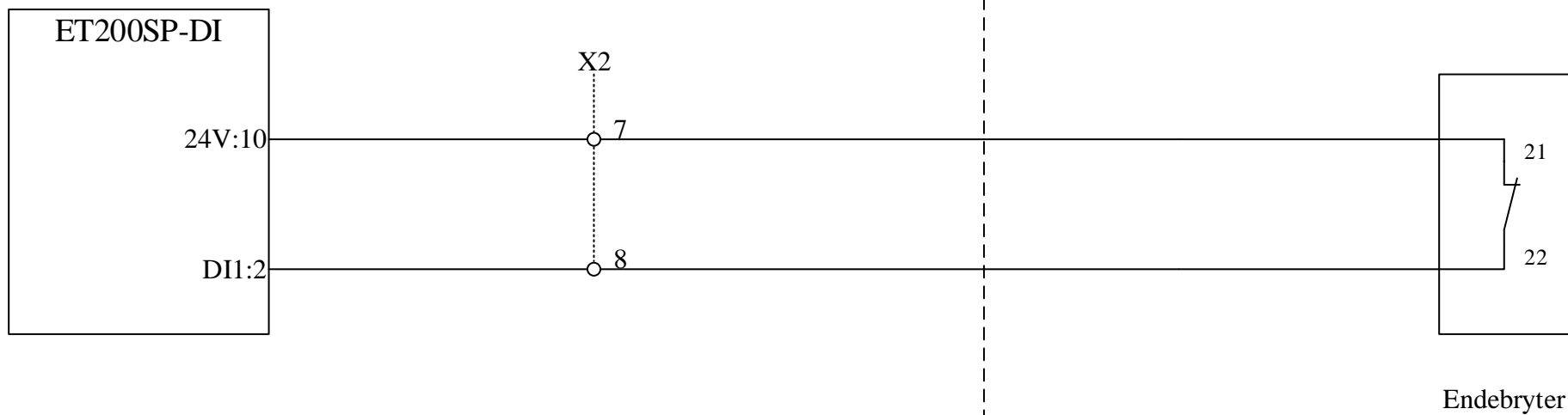
Fabrikkområde – maskin 5129



	Anlegg og funksjoner	Dato/sign:
	Kretsskjema for VV-GS-01 Tårnposisjon	*****
	Tegn.nr: 2-9	Rev:

Lokal skap

Fabrikkområde – maskin 5129



Anlegg og funksjoner

Kretsskjema for VV-GS-02
Bassengposisjon

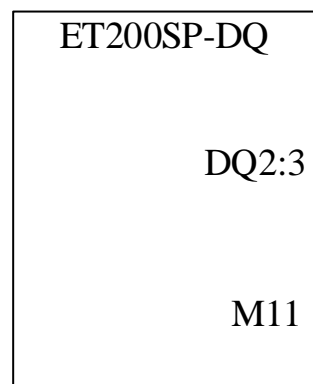
Tegn.nr: 2-10

Dato/sign:

Rev:

Lokal skap

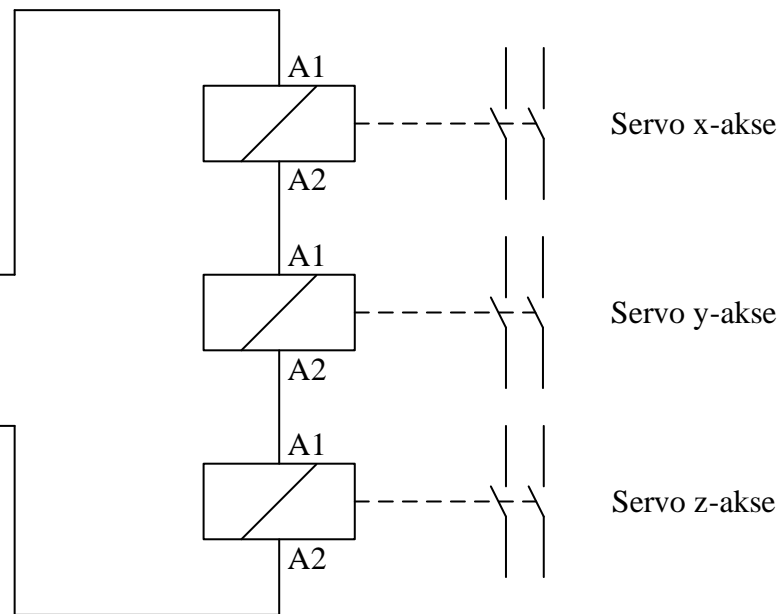
Fabrikkområde – maskin 5129



X2

17

18



Anlegg og funksjoner

EDM-stopp ved verktøyvekslerbytte
EDM-YS-01

Dato/sign:

Tegn.nr: 2-11

Rev:

0-punktsystem (3R-system)



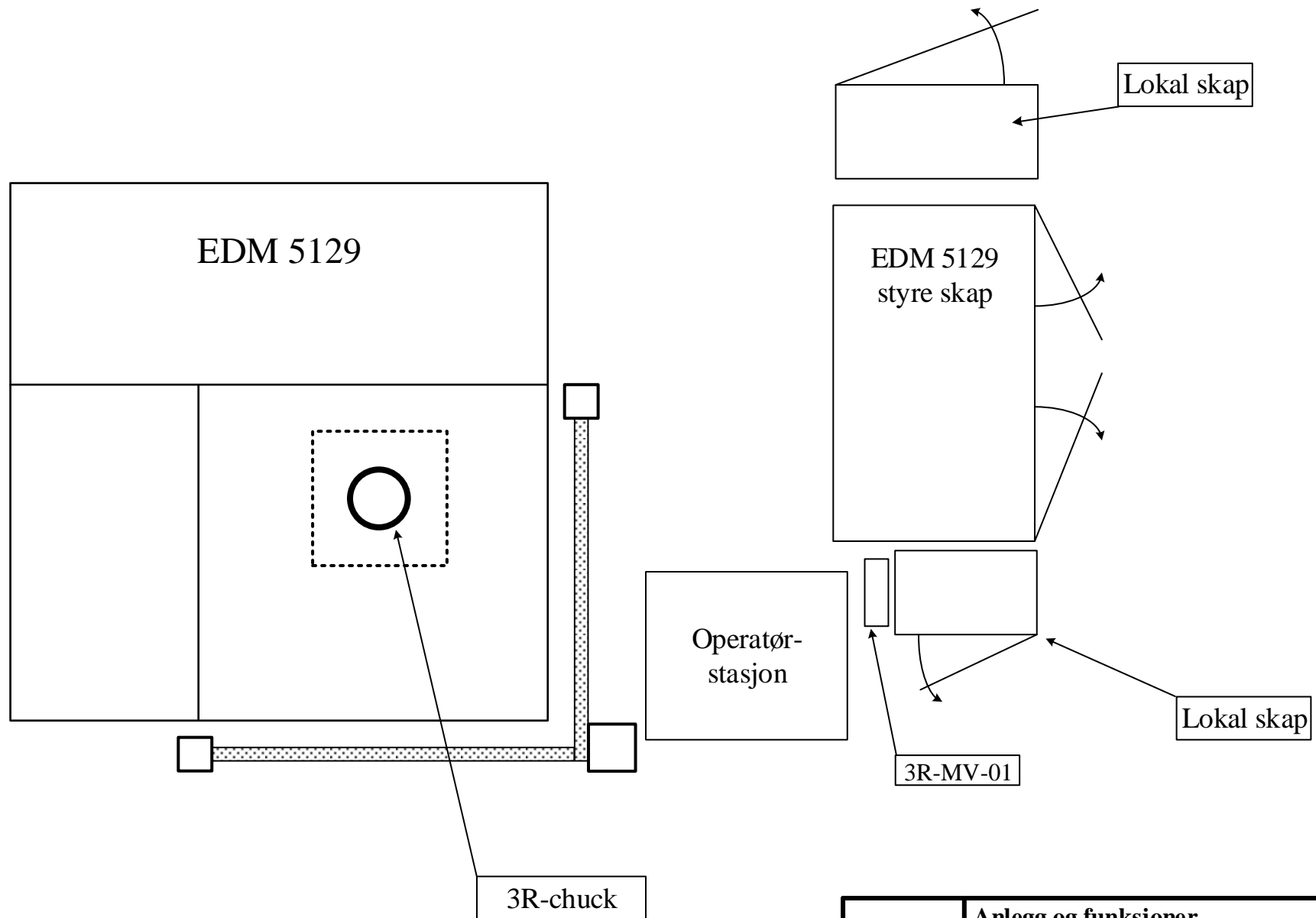
Anlegg og funksjoner



Samlet dokumentasjon for 0-punktsystem

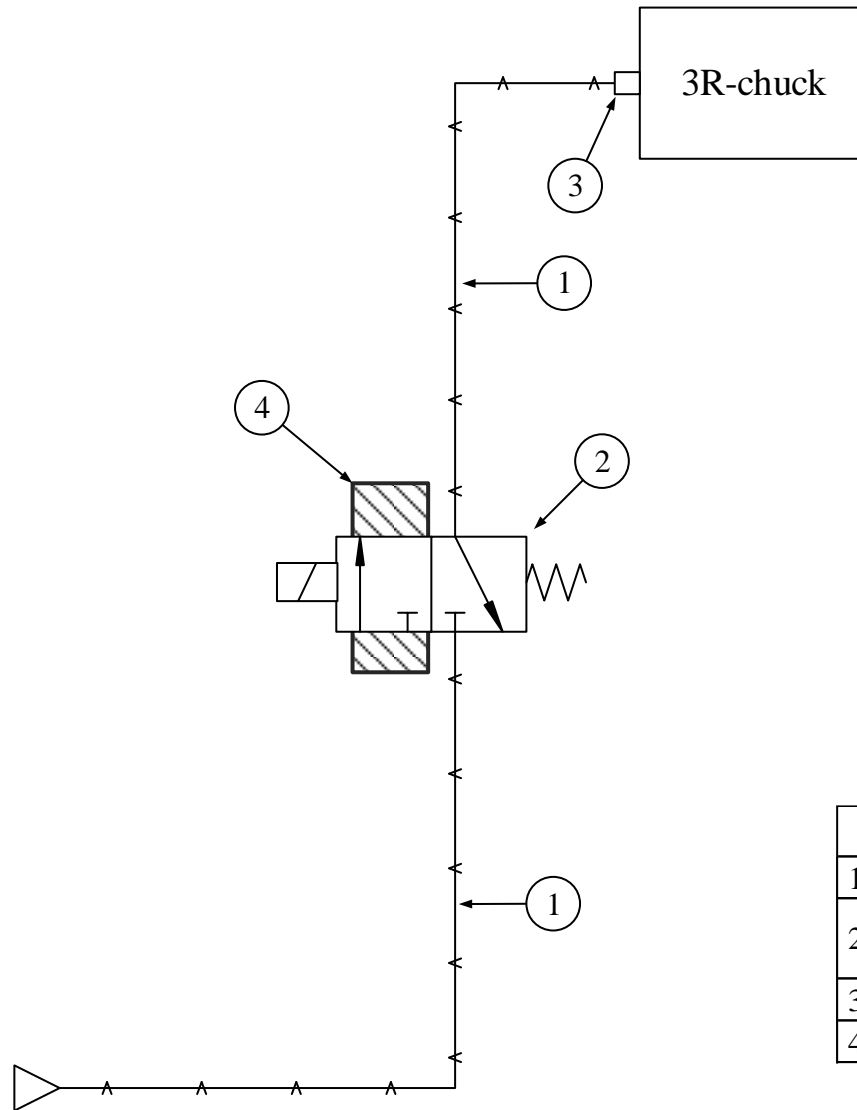
Tegn.nr: 3-1

Dato/sign:

Rev:



 	Anlegg og funksjoner 3R-chuck Utstyrs plassering	Dato/sign: *****
	Tegn.nr: 3-2	Rev:



	Stk	Benevning	Material	Type, Dim.
1	1	PUN	TPE-U(PU)	Tubing, 6mm
2	1	VUVB-L-M32C-AD-Q6-1C1	Metall	Solenoid, 6mmPush-in
3	1			
4	1	VAME-B10-20-A	Stål	Installasjonsplate



Anlegg og funksjoner

Oppkobling 3R-chuck
3R-PV-01

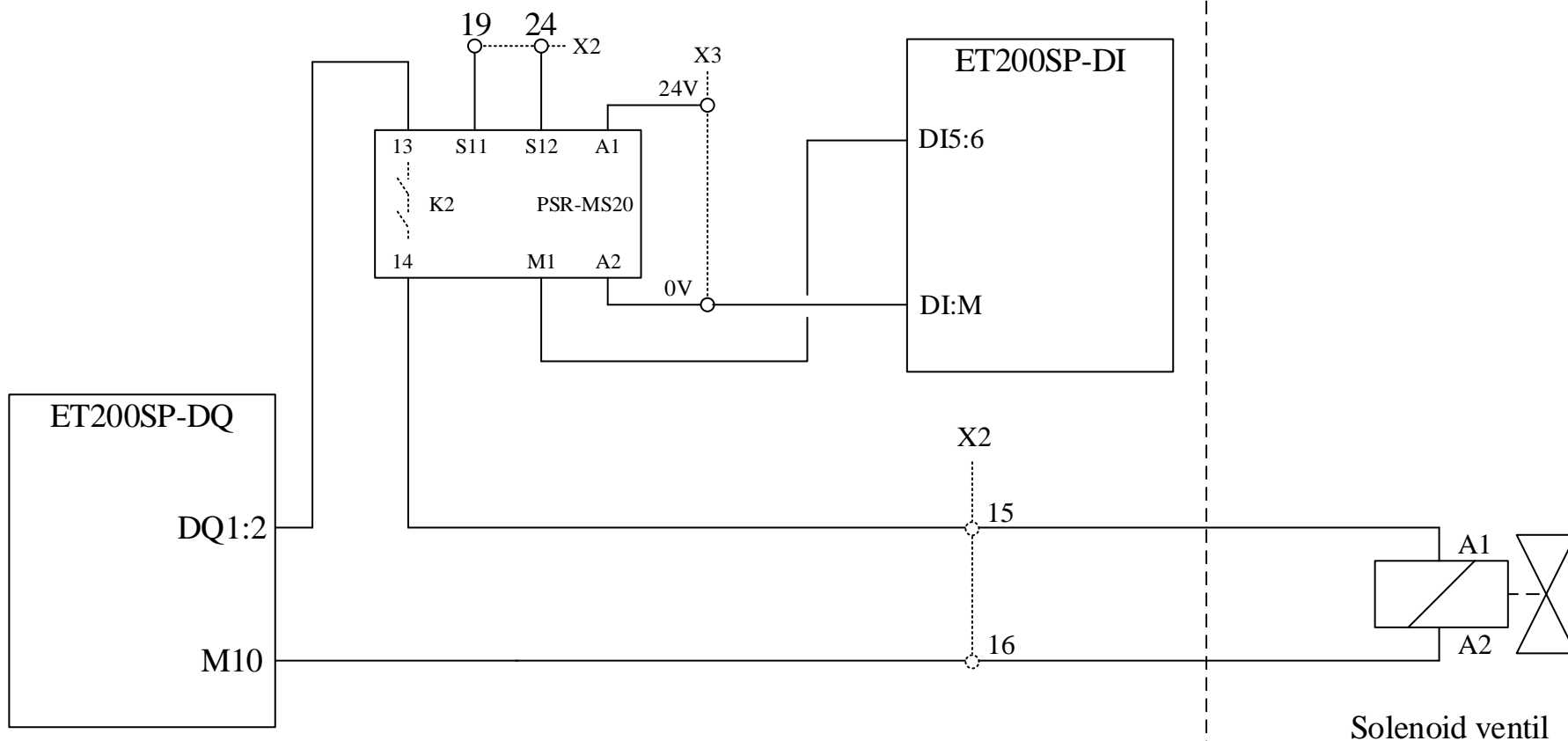
Tegn.nr: 3-3

Dato/sign:

Rev:

Lokal skap

Fabrikkområde – maskin 5129



Anlegg og funksjoner

0-punktsystem, magnetventil.
3R-MV-01

Tegn.nr: 3-4

Dato/sign:

Rev:

Beskyttelsebarriere



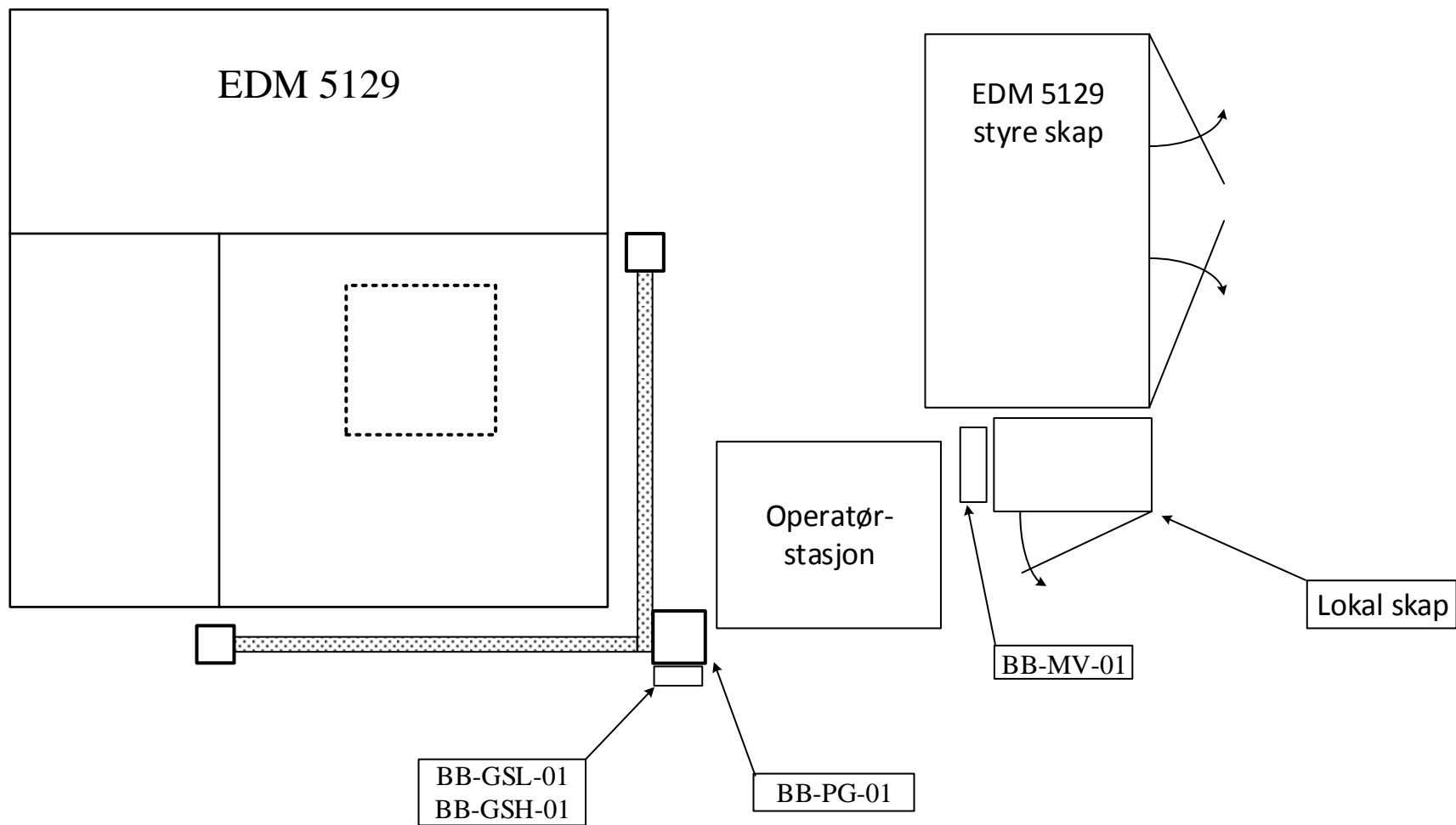
Anlegg og funksjoner



Samlet dokumentasjon for
Beskyttelsesbarriere

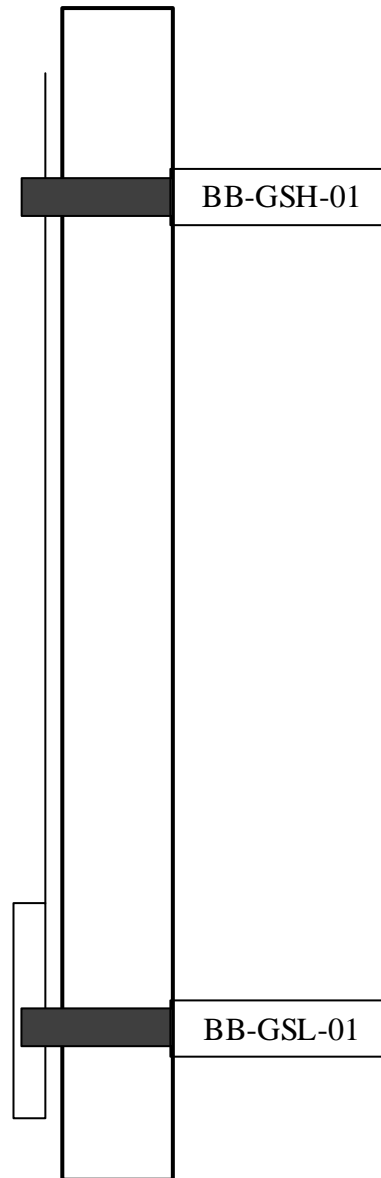
Tegn.nr: 4-1

Dato/sign:

Rev:



 	Anlegg og funksjoner Beskyttelsebarriere. Utstyrs plassering, generelt	Dato/sign: *****
	Tegn.nr: 4-2	Rev:

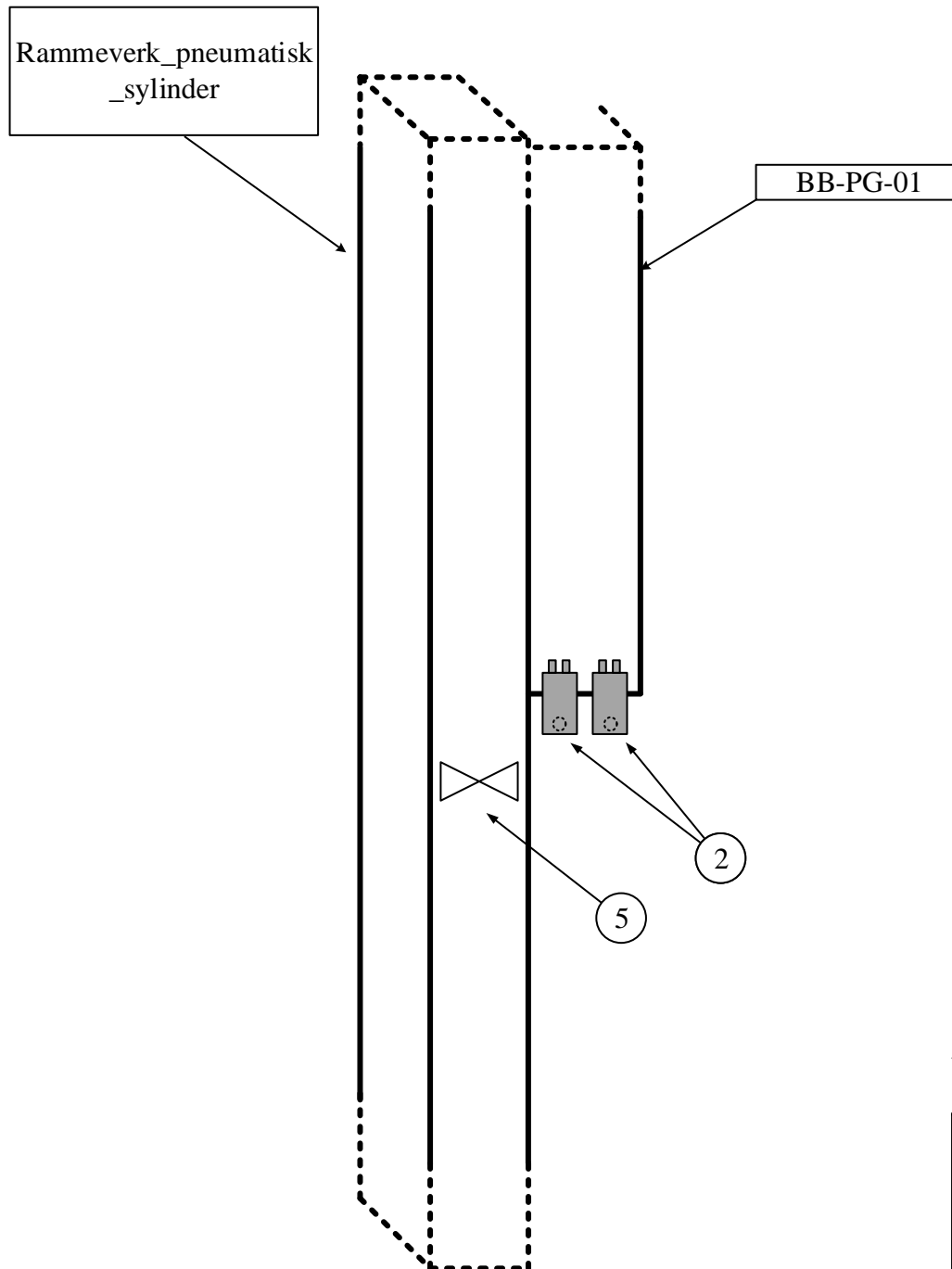
**Anlegg og funksjoner**

Sensorplassering på BB-PG-01
BB-GSL-01/GSH-01



Tegn.nr: 4-3

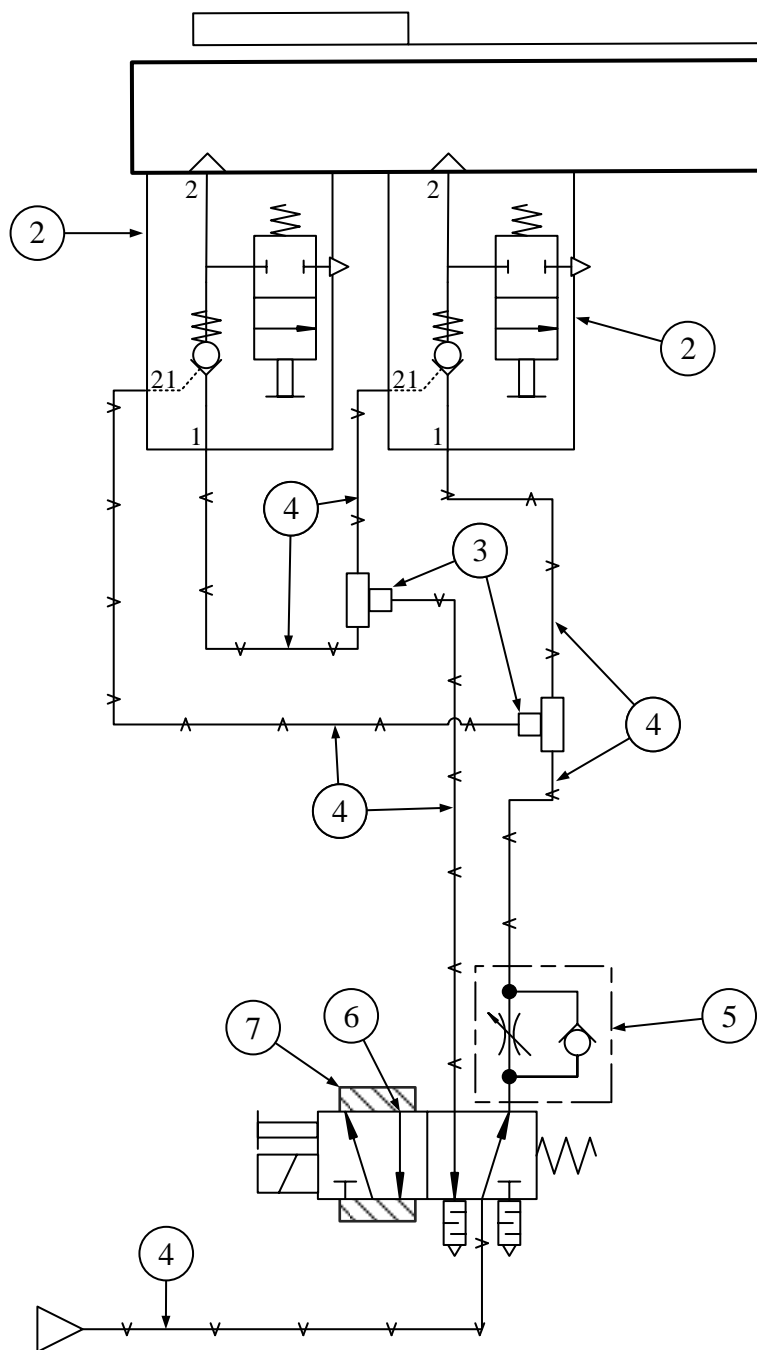
Dato/sign:

Rev:



Se tegning 4-6 (Hookup for beskyttelsesbarriere) for koder på plassert utstyr.

 	Anlegg og funksjoner Beskyttelsebarriere Utstyrsplassering for div. deler	Dato/sign: *****
	Tegn.nr: 4-4	Rev:



	stk	Benevning	Material	Type, Dim.
1	1	DGC-K-25-800-PPV-A-GK	Alu	d=25mm, l=800mm, G1/8"Female
2	2	VBNF-LBA-G18-Q6	Stål	1/8"Male 2x6mmPush-in
3	2	NPQH-T-Q6-E-P10	Messing	T3x6mmPush-in
4		PUN	TPE-U(PU)	Tubing, 6mm
5	1	GR-QS-6	Stål	2x6mmPush-in
6	1	VUVS-L20-M52-MD-Q6-U3 -F7-1C1	Alu	5/2 monostabil, 6mmPush-in, 24VDC, U3 lyddemper
7	1	VAME-B10-20-A	Stål	Installasjonsfeste



Anlegg og funksjoner

Beskyttelsesbarriere
Hookup for BB-PG-01

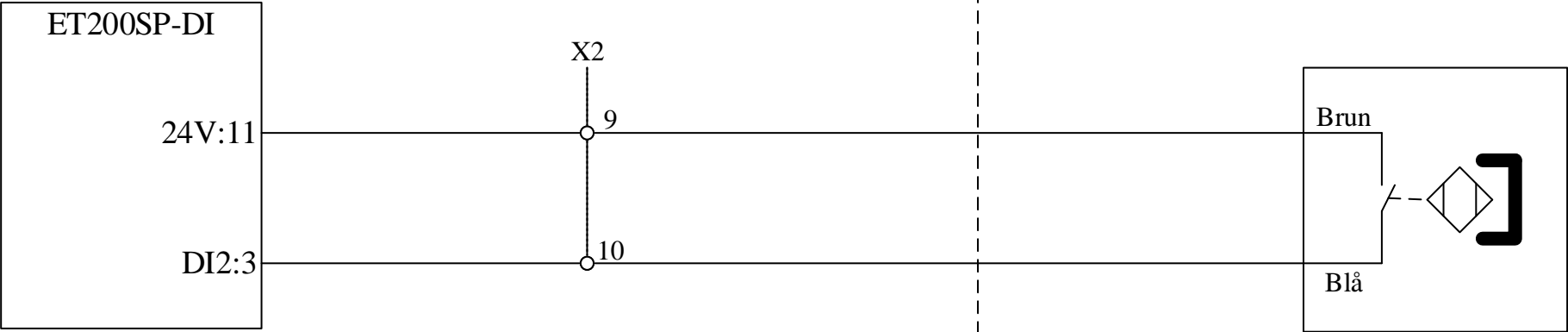
Tegn.nr: 4-5



Dato/sign:

Rev:

Lokal skap

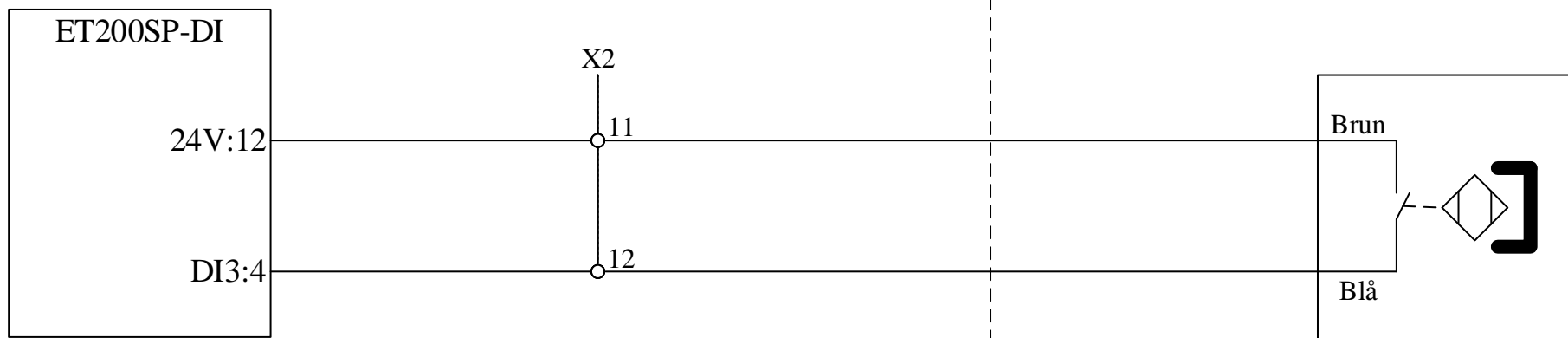
Fabrikkområde – maskin 5129



 	Anlegg og funksjoner Beskyttelsesbarriere, lav posisjon Kretsskjema for BB-GSL-01	Dato/sign: *****
	Tegn.nr: 4-6	Rev:

Lokal skap

Fabrikkområde – maskin 5129



Anlegg og funksjoner

Beskyttelsesbarriere, høy posisjon
Kretsskjema for BB-GSH-01

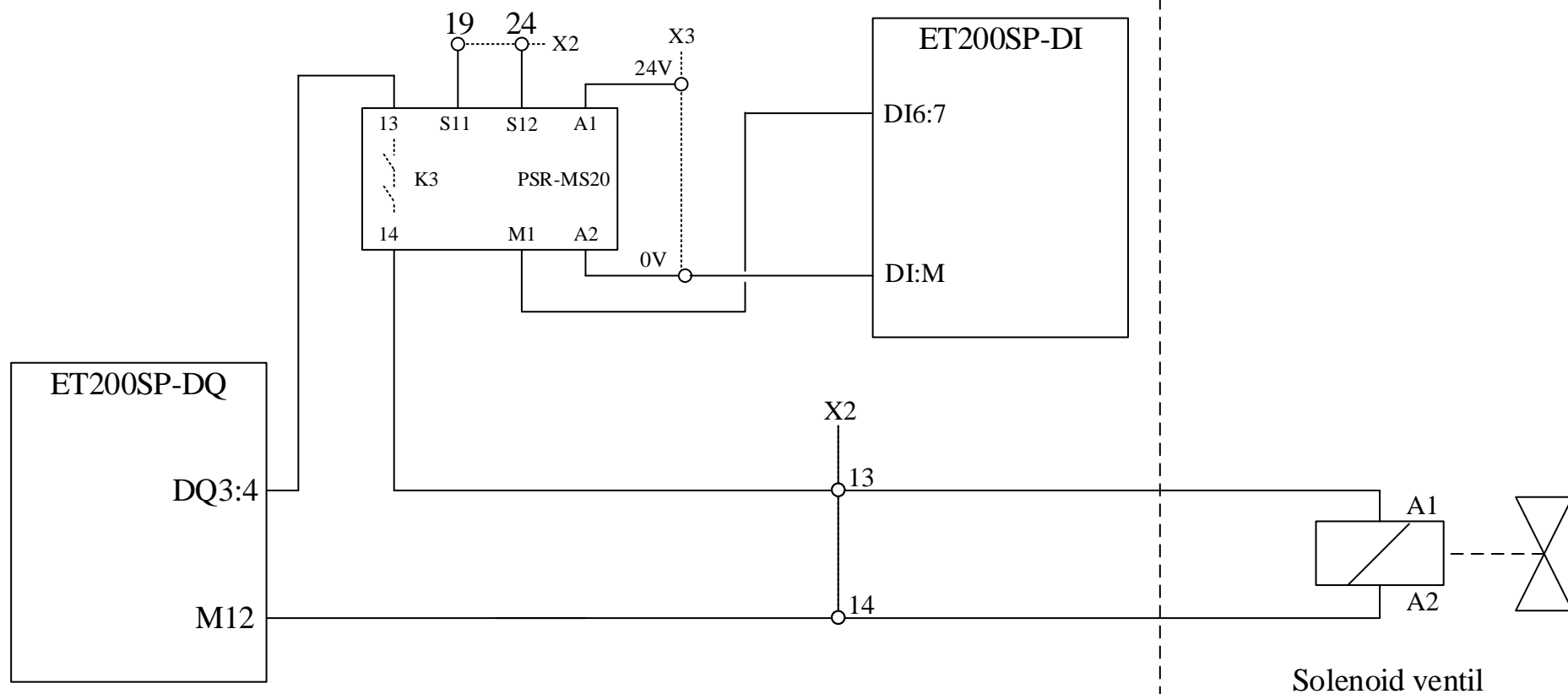
Tegn.nr: 4-7

Dato/sign:

Rev:

Lokal skap

Fabrikkområde – maskin 5129



Anlegg og funksjoner

Beskyttelsesbarriere, magnetventil
Kretsskjema for BB-MV-01

Tegn.nr: 4-8

Dato/sign:

Rev:

PLS dokumentasjon



Anlegg og funksjoner



Verktøyveksler
PLS dokumentasjon

Tegn.nr: 5-1

Dato/sign:

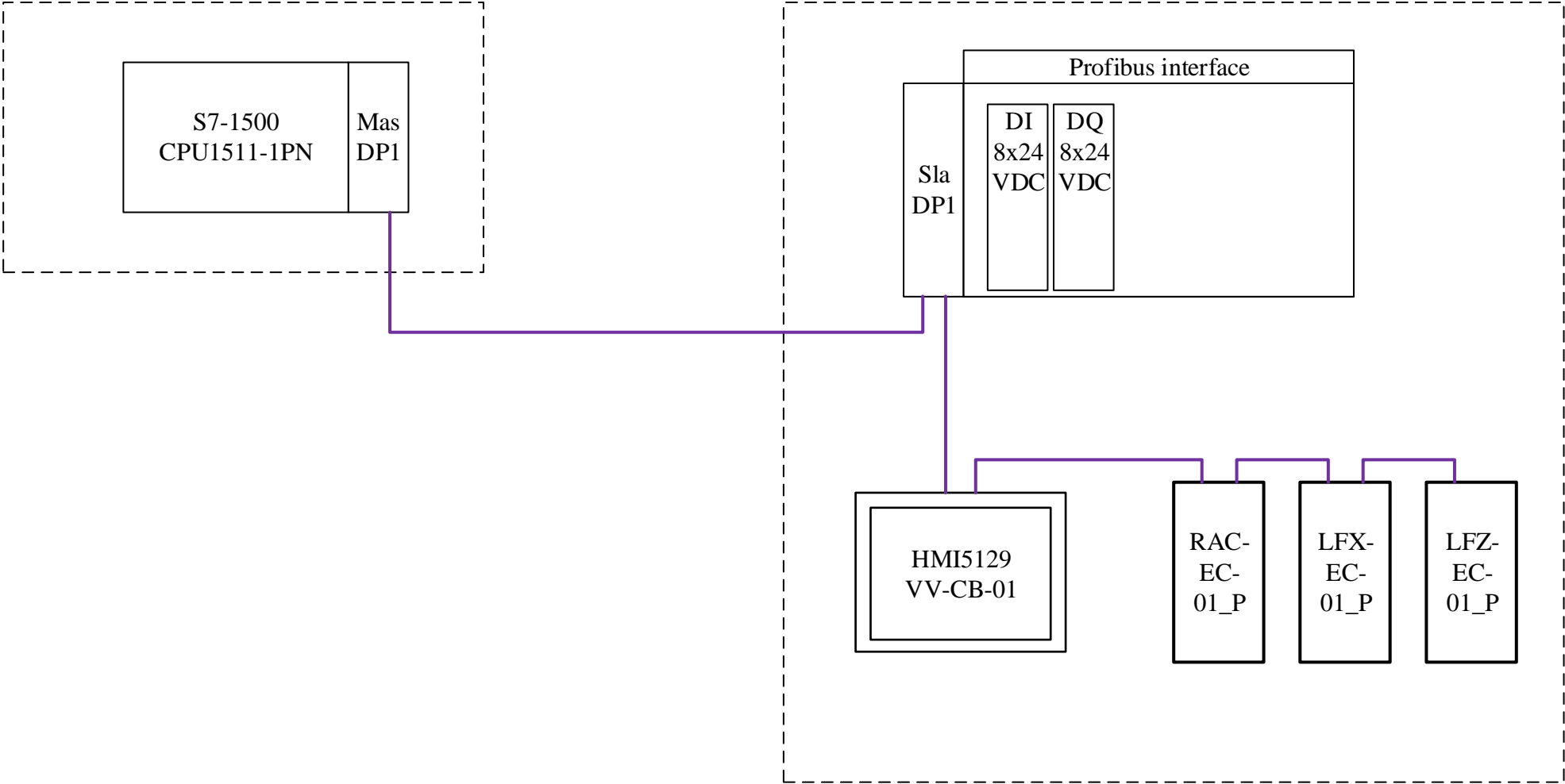
Rev:



Anlegg: EDM5129		Leverandør: Høgskolen i Buskerud og Vestfold			Side 1 av 1
Prosjekt: Produktoptimalisering - EDM5129					
Utstyr / Funksjon	Type	Tag	Node adresse		
CPU 1511-1PN	6ES7511-1AK00-0AB0	Master 1	1		
CM1542-5	6EP1332-4BA00	Mas.DP1	2		
ET200 Profibus interface	6ES7155-6BA00-0CN0	Slav.DP1	3		
SIMATIC HMI, KTP900 BASIC	AV2123-2JB03-0AX0	HMI5129	4		
C-aske	CMMS-ST-C8-7-G2	LFC-EC-01_P	5		
Z-akse	CMMP-AS-C2-3A-M3, CAMC-PB	LFZ-EC-01_P	6		
X-aske	CMMP-AS-C2-3A-M3, CAMC-PB	RAX-EC-01_P	7		

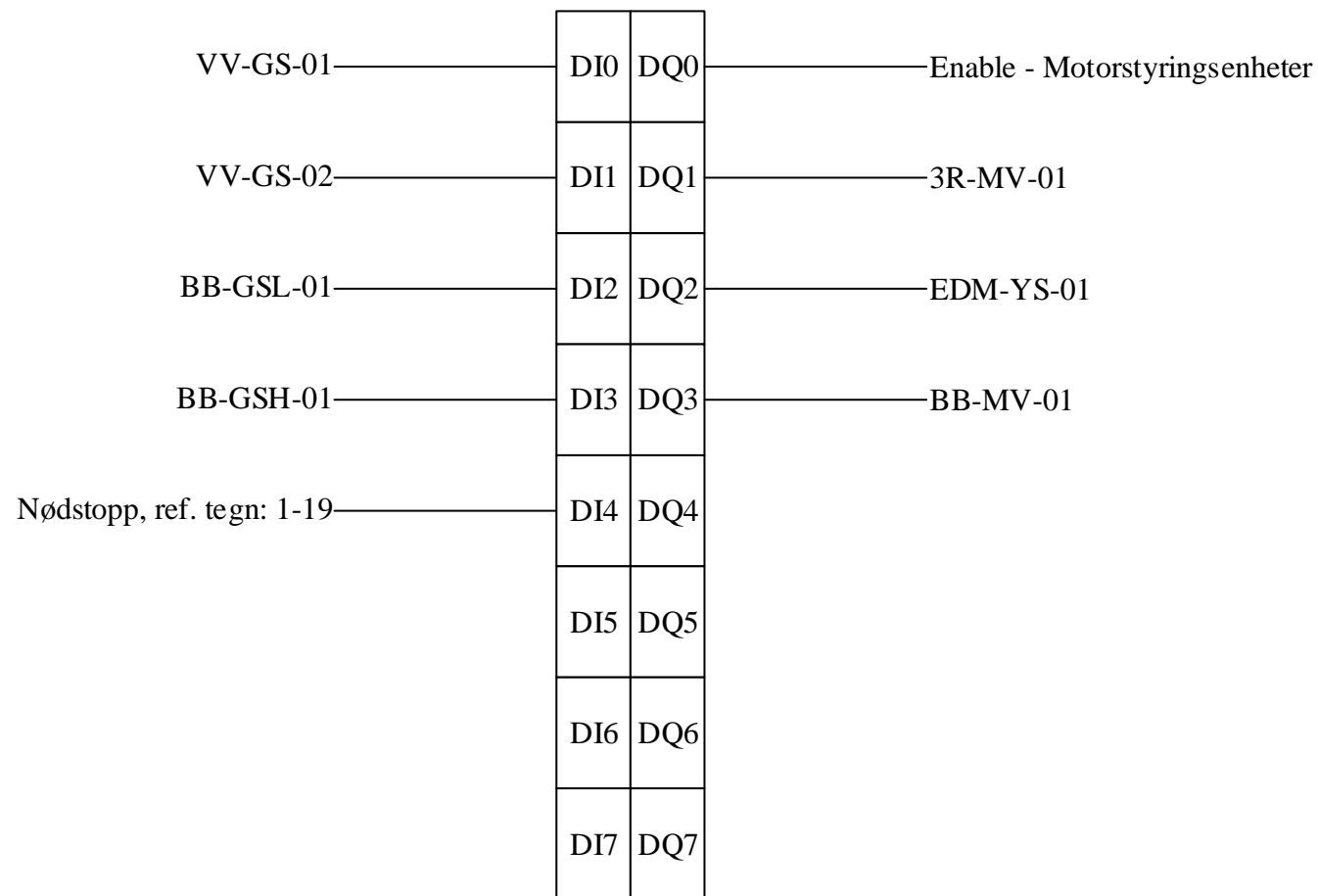
 	Anlegg og funksjoner Verktøyveksler PLS dokumentasjon	Dato/sign: *****
	Tegn.nr: 5-2	Rev:

Sentralt styreskap

Lokalt styreskap



 	Anlegg og funksjoner PLS flytskjema	Dato/sign: *****
	Tegn.nr: 5-3	Rev:



Anlegg og funksjoner

PLS dokumentasjon
Oversikt digitale inn- og utganger

Tegn.nr: 5-4

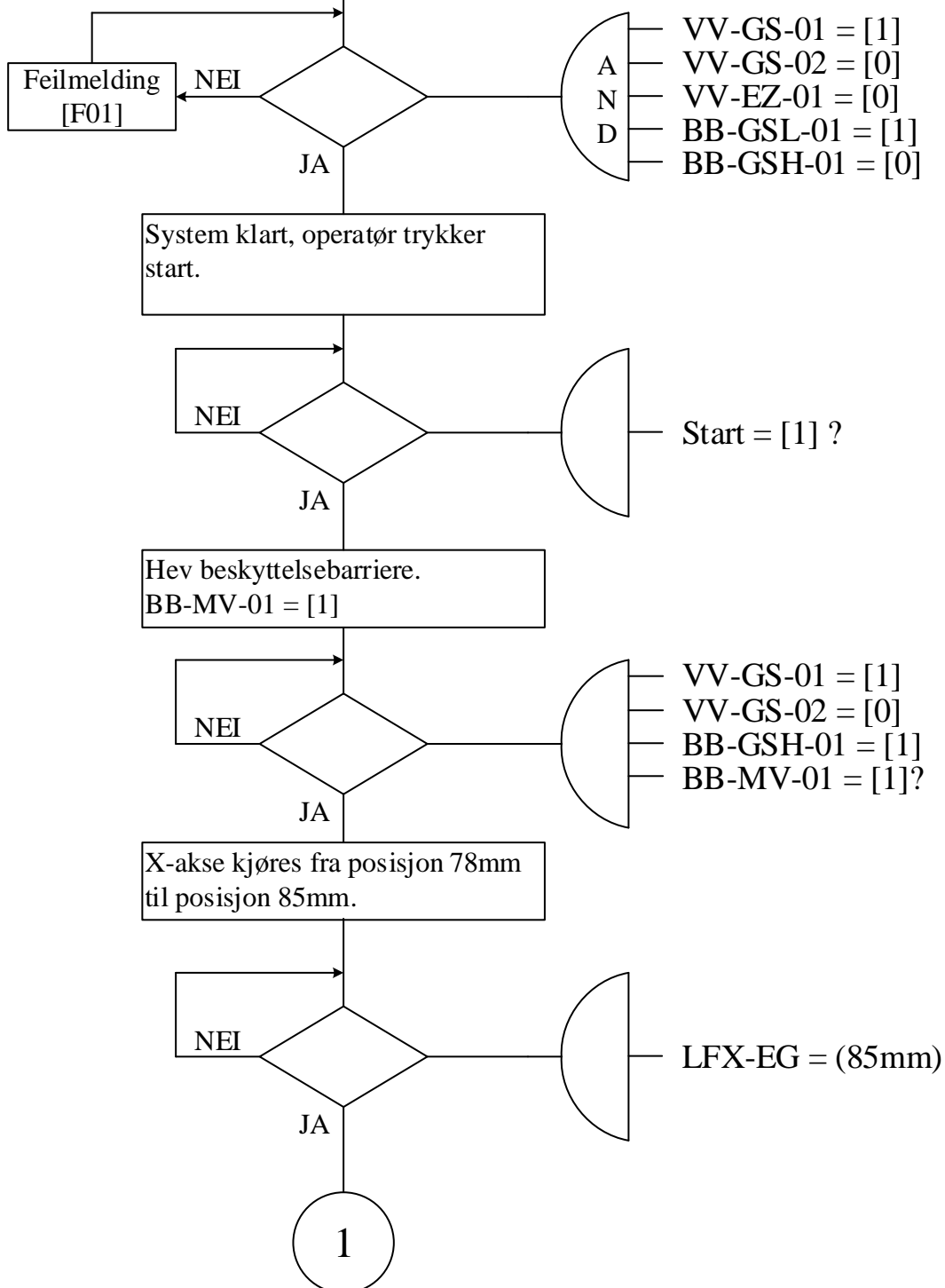
Dato/sign:

Rev:

System klart

Starts betingelser:

- Erodering slutt.
- Tårn flyttet til V.V. posisjon.
 - x:-272
 - y:-184,5
 - z:-169,5
- Beskyttelsebarriere i senket posisjon.
- Operatør velger holder plass [X] på HMI panel.



Dato/sign:

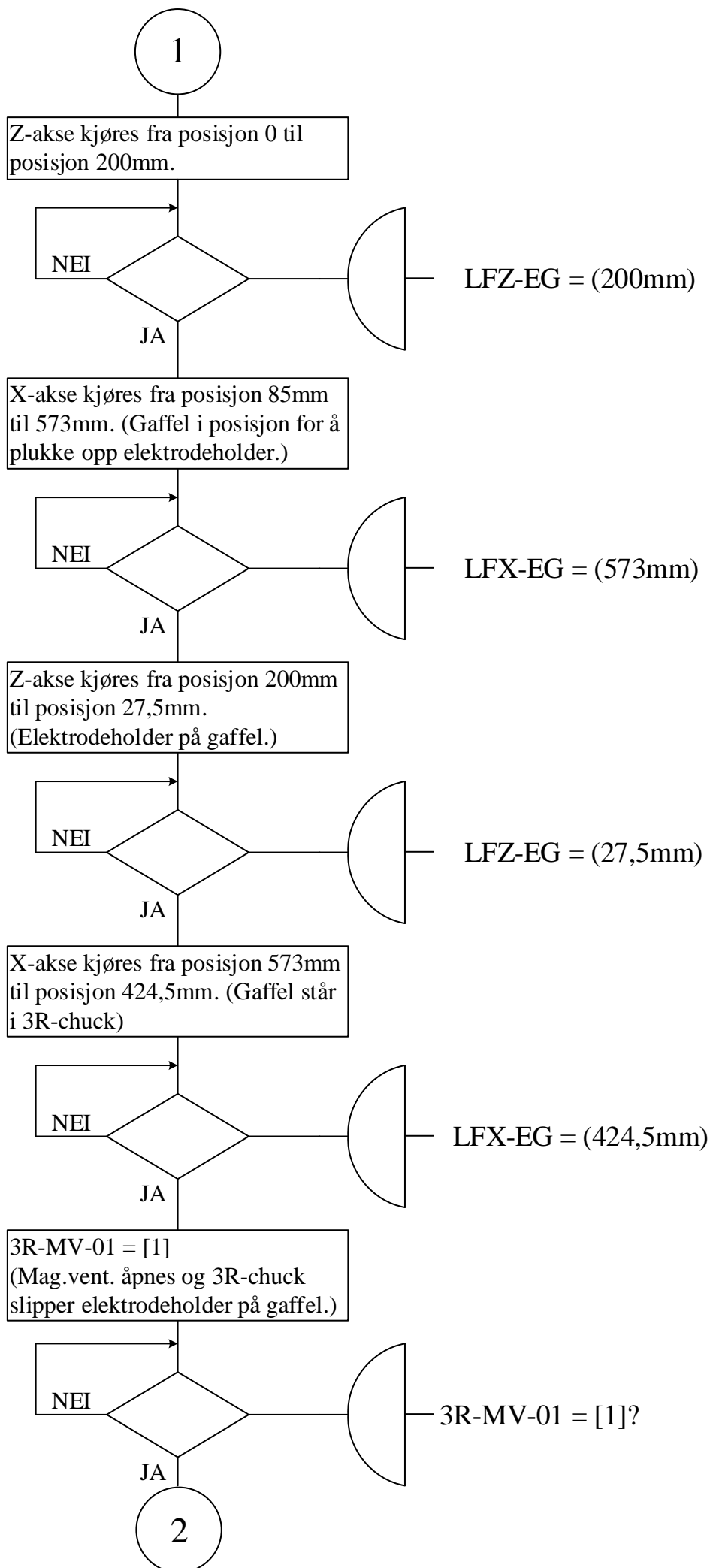
Rev:

Anlegg og funksjoner

Verktøyveksler
Logisk flytskjema/sekvensdiagram
Side 1 av X

Tegn.nr:





Dato/sign:

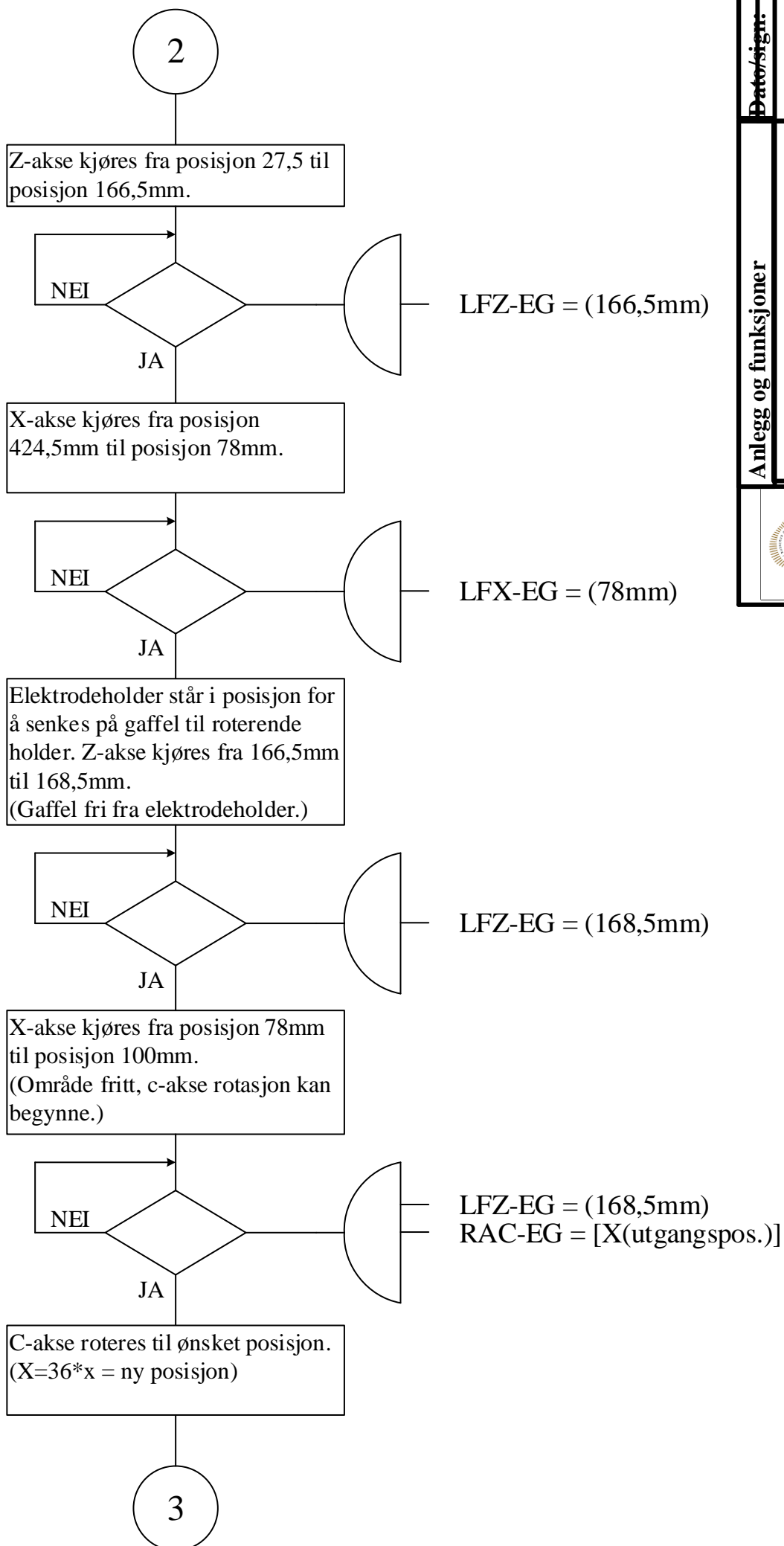
Anlegg og funksjoner



Verktøyveksler
Logisk flytskjema/sekvensdiagram
Side 2 av X



Rev:

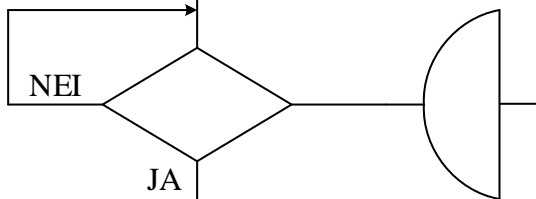
Tegn.nr:



Dato/sign:	****	Rev:
Anlegg og funksjoner	Verktøyveksler Logisk flytskjema/sekvensdiagram Side 3 av X	Tegn.nr:
		

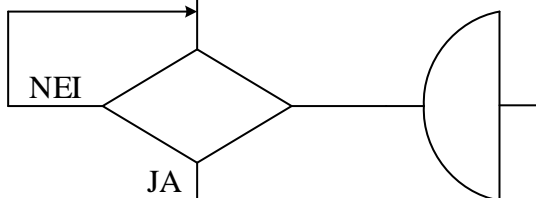
3

C-akse rotert til ønsket posisjon.



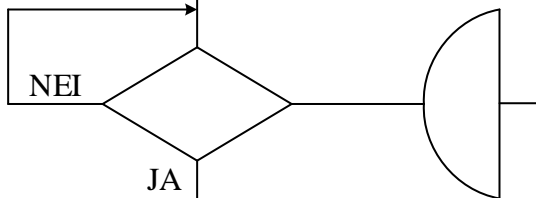
RAC-EG = [Ny X]

X-akse kjøres fra posisjon 100mm til posisjon 78mm.



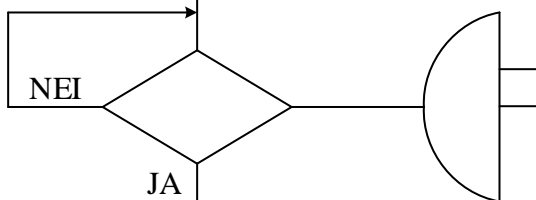
LFX-EG = (78mm)

Z-akse kjøres fra 168,5mm til 166,5mm. (Ny elektrodeholder fri fra gaffel på roterende holder.)





LFZ-EG = (166,5mm)

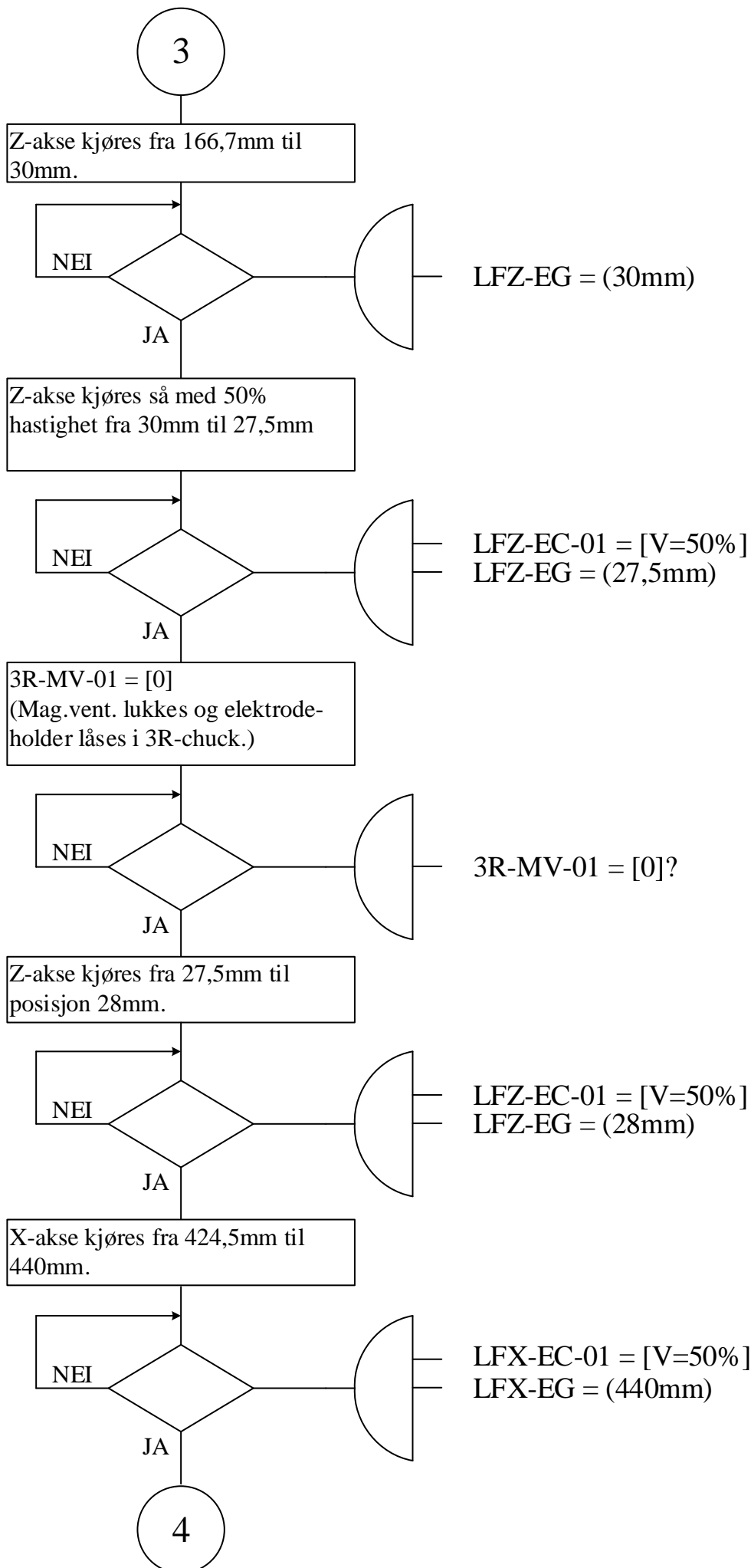
X-akse kjøres fra posisjon 78mm til posisjon 424,5mm. (Vertikal posisjon med 3R-chuck.)



LFX-EG = (424,5mm)
3R-MV-01 = [1]?

4

Dato/sign: *****	Rev:
Anlegg og funksjoner Verktøyveksler Logisk flytskjema/sekvensdiagram Side 3 av X	
 	
Tegn.nr:	



Dato/sign:

Rev:

Anlegg og funksjoner

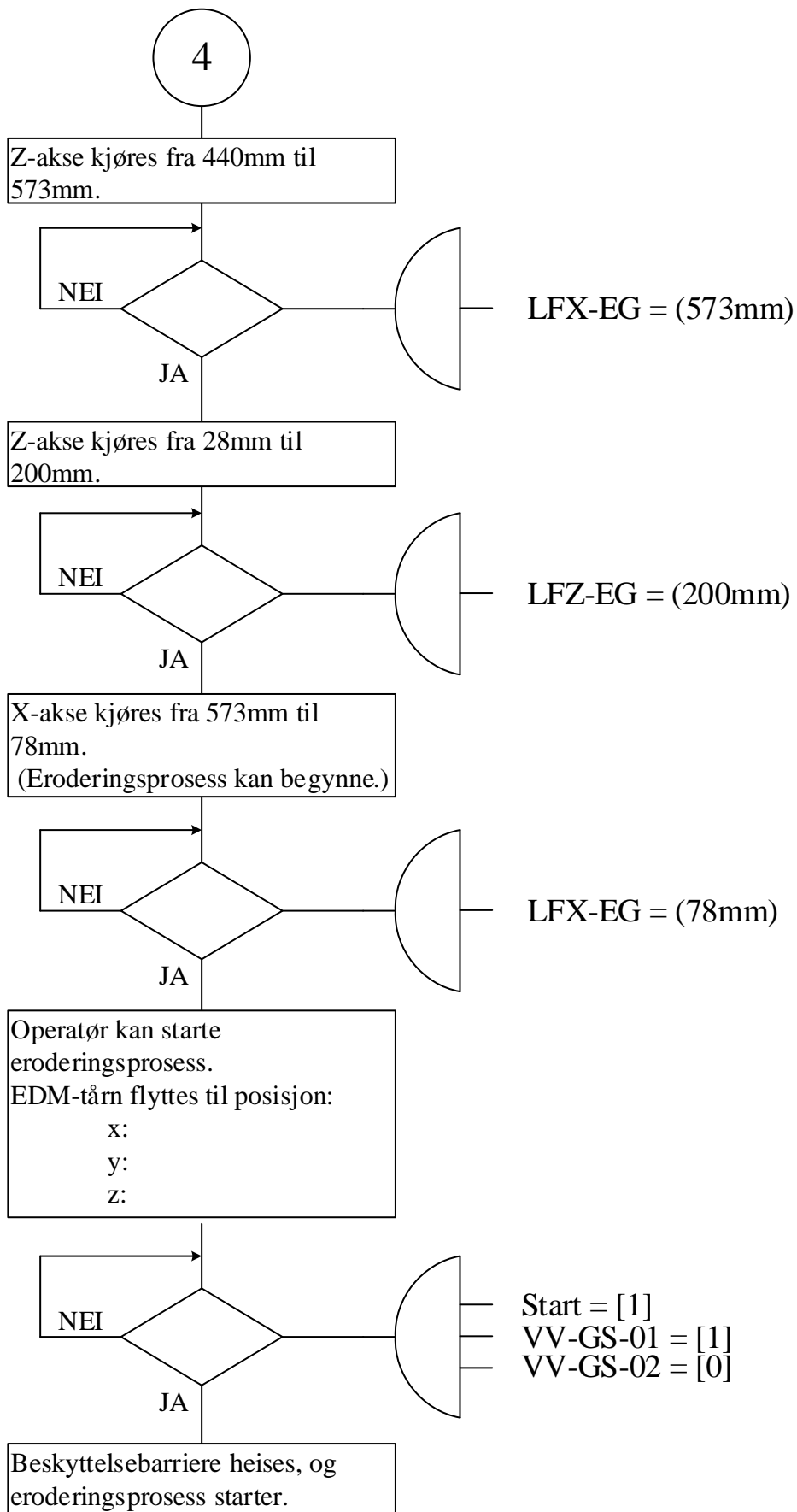
Verktøyveksler

Logisk flytskjema/sekvensdiagram

Side 5 av X

Tegn.nr:





Dato/sign:

Rev:

Anlegg og funksjoner

Verktøyveksler

Logisk flytskjema/sekvensdiagram

Side 6 av X

Tegn.nr:



Verktøyveksler

Utstyr	Stk	Kommentar	Spesifikasjon	Leverandør	Type	Delenummer
Siemens S7-1500	1	CPU 1511-1PN	24VDC/0.7A	Siemens	6ES7511-1AK00-0AB0	4546951
Siemens PWR	1	Strømforsyning	230VAC-24VDC/3A	Siemens	6EP1332-4BA00	4505122
Profibus modul	1	CM1542-5	Slaves: 125	Siemens	6GK7542-5DX00-0XE0	4546935
ET200 Base enhet	2			Siemens	6ES7193-6BP00-0DA0	4546987
ET200 Profibus interface	1		24VDC/0.25A	Siemens	6ES7155-6BA00-0CN0	4504566
ET200 Digital ut	1		8x24VDC/0.5A	Siemens	6ES7132-6BF00-0BA0	4546978
ET200 Digital inn	1		8x24VDC	Siemens	6ES7131-6BF00-0AA0	
SIMATIC HMI, KTP900 BASIC	1	HMI display	24VDC/0.32A	Siemens	AV2123-2JB03-0AX0	4505166
Profibus kabel			RS485	Siemens		
Festo PWR	1	Strømforsyning	230VAC/3A-24VDC/10A	FESTO	CACN-3A-1-10	2247682
Festo PWR	1	Strømforsyning, c-akse	230VAC/5A-48VDC/10A	FESTO	CACN-3A-7-10	2247684
Sikring	1	Sentral skap	230VAC/4A/Kar.-C	ELFA	C60H-2P-4A-C-10KA	3609686
Sikring	1	Lokal skap	230VAC/13A/Kar.-C	EFA	G102-C-13-13A	1644672
Sikkerhetsbryter	1	Til lokal skap	230V/20A, 3polet, IP65	Moeller	T0-2-1/EA/SVB	1456246
Kabel, tilførsel		Tilsvarende PFSP(oljebestandig)	TFXP 2x2,5mm^2	NEK kabel	MR-Flex	1019167
Nødstoppbryter, V.V.	1	Montert på EDM-maskin	1 NO + 1 NC	ELFA	FAK-R/V/KC11/IY	3511819
Nødstoppbryter, L.S.	1	Montert på lokal skap	1 NO + 1 NC	ELFA	44-712.001	3511870
Sikkerhetsrelé	3	For nødstop	1 kanal, 1 utganger, 24VAC/DC	PHOENIX	PSR-MS20-1NO-1DO-24DC-SC	2904950
Sentral skap	1	Med PLS, PWR, Profibus	400x400x220mm, IP66, Grå	ELFA	12506-012	1077968

Lokal skap	1	Med verktøyveksler komponenter	1000x600x320mm, IP66, Grå	ELFA	12506-041	1077980
Rekkeklemme	50	Vanlig	690V, 21A 2,5mm ²		WDU 2,5 3039102000	1268800
Rekkeklemme	5	Jord			WPE 2,5N 3039101620	1269148
C-akse, motor	1	Stepper	28V/5A	FESTO	EMMS-ST-57-S-SE-G2	1370475
C-akse, gir	1	15:1 ratio		FESTO	EMGA-60-P-G5-SST-57	549431
C-akse, driver	1	Profibus	Logikk: 24VDC, Load: 48VDC/5A	FESTO	CMMS-ST-C8-7-G2	572211
C-akse, driver	1	Sikkerhetsmodul		FESTO	CAMC-G-S1	1501330
C-akse, Profibus plug	1			FESTO	FBS-SUB-9-WS-PB-K	533780
C-akse, motorkabel	1			FESTO	NEBM-S1G9-E-5-LE6	550740
C-akse, enkoderkabel	1			FESTO	NEBM-M12G8-E-5-S1G9	550748
C-akse, IO plug	1			FESTO	NEFC-S1G25-C2W25-S6	8001372
Z-akse, føring	1	Størrelse: 70, lengde: 200mm		FESTO	ELGA-TB-RF-70-200-0H	1371245
Z-akse, aksel kitt	1			FESTO	EAMM-A-N38-60G	1202253
Z-akse, motor	1	Servo	360VDC/1.2A	FESTO	EMMS-AS-55-M-LS-TM-S1	1569797
Z-akse, gir	1	3:1 RATIO		FESTO	EMGA-60-P-G3-SAS-55	552188
Z-akse, driver	1	Driver med Profibus mulighet	240VAC/2.5A	FESTO	CMMP-AS-C2-3A-M3	1501325
Z-akse, driver	2		Socket kontakt for driver	PHOENIX	MSTB 2,5/9-ST-5,08-BK	
Z-akse, driver	1	Profibus modul		FESTO	CAMC-PB	547450
Z-akse, driver	1	Sikkerhetsmodul		FESTO	CAMC-G-S1	1501330
Z-akse, Profibus plug	1			FESTO	FBS-SUB-9-WS-PB-K	533780
Z-akse, IO plug	1			FESTO	NEFC-S1G25-C2W25-S6	8001372

Z-akse, motorkabel	1			FESTO	NEBM-T1G8-E-5-N-S1G15	550314
Z-akse, enkoderkabel	1			FESTO	NEBM-T1G7-E-5-N-LE7	550306
X-akse, føring	1	Størrelse: 80, lengde: 600mm		FESTO	ELGA-TB-RF-80-600-0H	1371246
X-akse, aksel kitt	1			FESTO	EAMM-A-N48-80G	1258793
X-akse, motor	1	Motor	360VDC/3.9A	FESTO	EMME-AS-80-M-LS-AM	2093169
X-akse, gir	1	3:1 ratio		FESTO	EMGA-80-P-G3-EAS-80	2297690
X-akse, driver	1	Driver med Profibus mulighet	240VAC/3A	FESTO	CMMP-AS-C2-3A-M3	1501325
X-akse, driver	2		Socket kontakt for driver	PHOENIX	MSTB 2,5/9-ST-5,08-BK	
X-akse, driver	1	Profibus kort		FESTO	CAMC-PB	547450
X-akse, driver	1	Sikkerhetsmodul		FESTO	CAMC-G-S1	1501330
X-akse, Profibus plug	1			FESTO	FBS-SUB-9-WS-PB-K	533780
X-akse, IO plug	1			FESTO	NEFC-S1G25-C2W25-S6	8001372
X-akse, motorkabel	1			FESTO	NEBM-T1G8-E-5-N-S1G15	550314
X-akse, enkoderkabel	1			FESTO	NEBM-T1G7-E-5-N-LE7	550306
Sensorer til verktøyveksler						
Optisk sensor	1	Med reflektorpanel	PNP utgang, 12-24VDC	ELFA	CX-491-P	3763253
Monteringsbrakett	1			ELFA	MSCX22	3763256
Endebryter	1			Elmark	TZ -8104	468104
Kabel	20 m	Olje- og kjemikaliebestandig	3x0.75mm2	NEK kabel	NEKFLEX-SO	1093870
Overtrykk						
Trykk ventil	1	Regulerbar	70L/min, 6mm push-in con.	FESTO	LR-QS-6	153541
T-fittings	1	Pakke: 10 stk	Male 5mm/ 2x6mm Push-in	FESTO	NPQH-T-M5-Q6-P10	578391

Tubing	1	Pakke : 50m	6mm blå	FESTO	PUN	159664
T-fittings	1	Pakke: 10 stk	6mm Push-in	FESTO	NPQH-T-Q6-E-P10	578381
Elbow fittings	1	Pakke: 10 stk	Male 5mm/6mm Push-in	FESTO	NPQH-L-M5-Q6-P10	578277
Manometer	1	For panel montering	G1/4"Male	FESTO	FMAP-63-1-1/4-EN	161129
Fittings	1	Pakke: 10 stk	1/4"Female / 6mmPush-in	FESTO	NPQH-D-G14F-Q6-P10	578356
0-punktsystem						
3/2 magnet ventil	1	Solenoid,	6mmPush-in, 24VDC	FESTO	VUVB-L-M32C-AD-Q6-1C1	537468
Installasjonsplate	1			FESTO	VAME-B10-20-A	576412
Plug socket	1	Elektrisk tilkoblingsmodul		FESTO	MSSD-EB	151687
Tubing	1	Pakke : 50m	6mm blå	FESTO	PUN	159664
Tilførsel luft						
Trykk ventil	1			FESTO	LR-QS-6	
Tubing	1	Pakke : 50m	6mm blå	FESTO	PUN	159664
T-fittings	1	Pakke: 10 stk	6mm Push-in	FESTO	NPQH-T-Q6-E-P10	578381
S-fittings	1	Pakke: 10 stk	1/4"Male / 6mmPush-in	FESTO	NPQH-D-G14-Q6-P10	578341
Beskyttelsesbarriere						
Pne. lineær føring	1		d=25mm, l=800mm, G1/8	FESTO	DGC-K-25-800-PPV-A-GK	
Sikkerhetsventil	2		1/8"Male / 2x6mmPush-in	FESTO	VBNF-LBA-G18-Q6	8001460
Hastighetsregulert ventil	1		2x6mmPush-in	FESTO	GRO-QS-6	193973
Solenoid ventil	1		5/2 monostabil, 6mmPush-in, 24VDC, U3 lyddemper	FESTO	VUVS-L20-M52-MD-Q6-U3 -F7-1C1	
Installasjonsplate	1			FESTO	VAME-B10-20-A	576412
Plug socket	1	Elektrisk tilkoblingsmodul		FESTO	MSSD-EB	151687
Tubing	1	Pakke : 50m	6mm blå	FESTO	PUN	159664

Posisjonssensor	2	Proximity med 8m kabel	PNP NO, 2-leder	FESTO	SMT-8M-A-ZS-24V-E-8- OE	
-----------------	---	------------------------	-----------------	-------	----------------------------	--