

Sensur av hovedoppgaver

Høgskolen i Sørøst-Norge

Fakultet for teknologi og maritime fag

Prosjektnummer: **2016-22**For studieåret: **2015/2016**Emnekode: **SFHO3201****Prosjektnavn**

Bøye og Torsjon Maskin

Bending and Torsion Machine

Utført i samarbeid med: Høgskolen i Sørøst-Norge

Ekstern veileder: Richard Thue

Sammendrag: Prosjektnavnet BTM-HSN, er en forkortelse for Bøying og Torsjons Maskin – Høgskolen i Sørøst-Norge. Omfanget av prosjektet er å konstruere en maskin som måler elastisk deformasjon ved bøying og vridning av en prøvestav eller andre objekter (f.eks. verktøy).

HSN er oppdragsgiver for dette prosjektet. Hovedgrunnen til at HSN ønsker en slik maskin er at studenter kan gjøre laboratorieforsøk på forskjellige materialer og undersøke om praksis og teori stemmer overens.

Stikkord:

- Bøying
- Torsjon
- Måling

Tilgjengelig: JA

Prosjekt deltagere og karakter:

Navn	Karakter
Ola Marius Weum	
Magnus Brattensborg	
Liridon Bicaj	
Jurate Schønning	

Dato: 9. Juni 2016

Kjell Enger
Intern Veileder

Karoline Moholth
Intern Sensor

Finn Agersborg
Ekstern Sensor

Faculty of Technology and Maritime Sciences
Kongsberg Institute of Engineering



HØYSKOLEN I SØRØST-NORGE

BØYE & TORSJONS MASKIN

Fagkode: SFHO3201

År: 2016

PROSJEKTRAPPORT INNLEDNING v1.0

Utarbeidet ved	Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge				
Gruppe	Ola Marius Weum, Jurate Schønning, Liridon Bicaj og Magnus Brattensborg				
Dokumenutgivelse	VERSJON	UTGITT	DOKUMENT-ANSVARLIG	GODKJENT AV	SIDER
	1.0	22.05.16	Alle	JS	4

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	2
Tabelliste	2
Figurliste.....	2
Dokumentoversikt	3
Dokument flytdiagram	4

Tabelliste

Prosjektrapport Tabell 1: Dokumentoversikt	3
--	---

Figurliste

Prosjektrapport Figur 1: Dokument flytdiagram	4
---	---

Dokumentoversikt

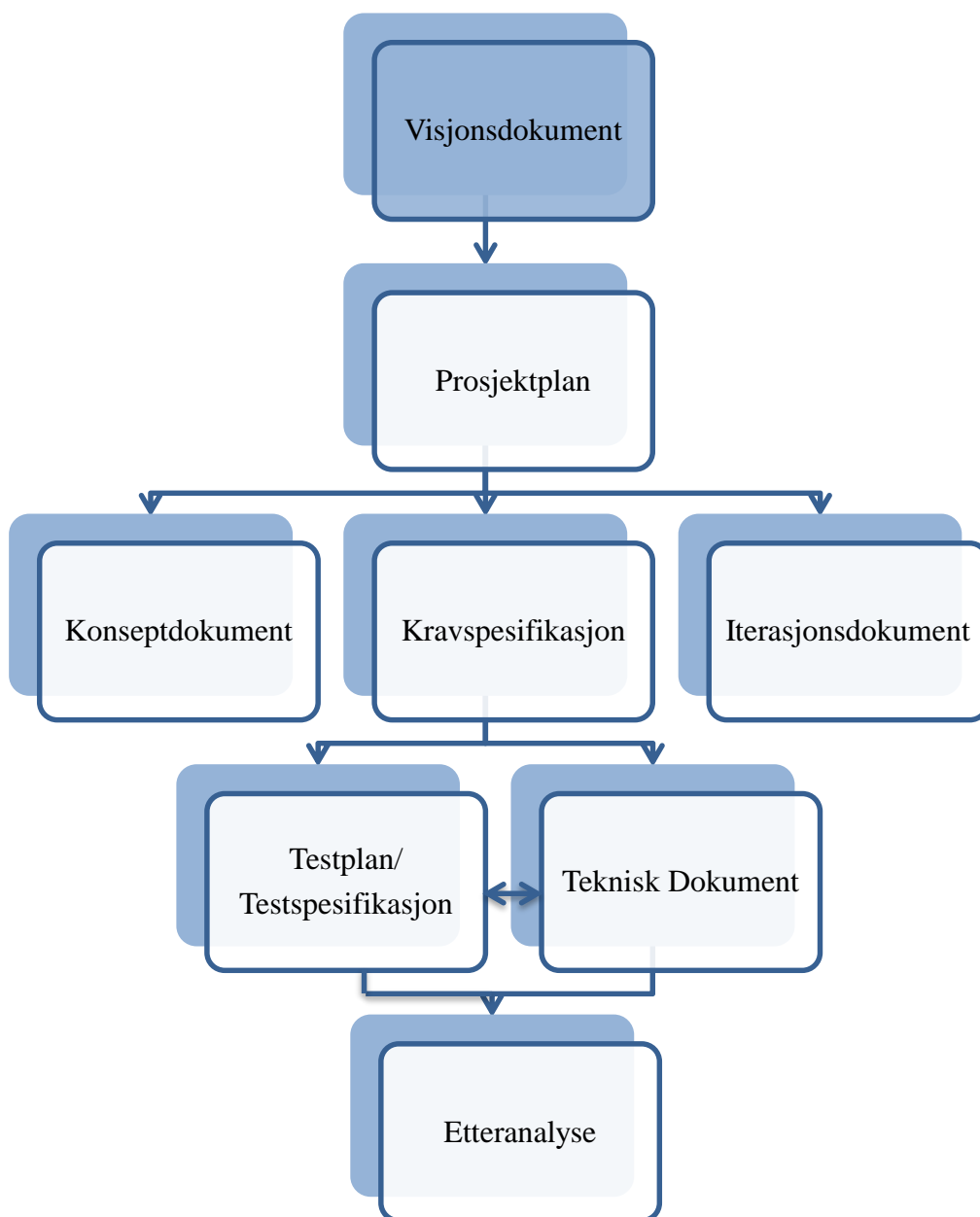
Tabell nr. 1, nedenfor viser alle dokumentene som inngår i sluttrapporten.

Dokumentnummer	Dokument	Gjeldende versjon
1	Visjonsdokument	v2.0
2	Prosjektplan	v3.0
3	Kravspesifikasjon	v5.0
4	Konseptdokument	v2.0
5	Iterasjonsdokument	v2.0
6	Testplan/Testspesifikasjon	v3.0
7	Teknisk Dokument	v2.0
8	Etteranalyse	v1.0

Prosjektrapport Tabell 1: Dokumentoversikt

Dokument flytdiagram

Dokument flytdiagrammet i Figur nr. 1 nedenfor viser en oversikt over alle dokumentene som inngår i prosjektrapporten. Dokument flytdiagrammet blir brukt som skilleark mellom de forskjellige dokumentene. Det dokumentet som er markert viser hvilket dokument som skal omtales i kommende dokument.



Prosjektrapport Figur 1: Dokument flytdiagram

Faculty of Technology and Maritime Sciences
Kongsberg Institute of Engineering



HØYSKOLEN I SØRØST-NORGE

BØYE & TORSJONS MASKIN

Fagkode: SFHO3201

År: 2016

VISJONSDOKUMENT v2.0

Utarbeidet ved	Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge				
Gruppe	Ola Marius Weum, Jurate Schønning, Liridon Bicaj og Magnus Brattensborg				
Dokumenutgivelse	VERSJON	UTGITT	DOKUMENT-ANSVARLIG	GODKJENT AV	SIDER
	2.0	05.05.16	OMW	JS	8

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	2
Tabelliste	2
Dokumenthistorie	3
Forkortelser	3
1.0 Innledning.....	4
1.1 Bachelorprosjekt.....	4
1.2 Bakgrunn for oppgave	4
2.0 Stakeholders	5
2.1 Direkte stakeholdere	5
2.2 Indirekte stakeholdere.....	5
2.3 HSN BTM.....	6
3.0 Oppgavetekst	7
4.0 Mål	8
4.1 Kortsiktige mål	8
4.2 Langsiktige mål	8

Tabelliste

Visjonsdokument Tabell 1: Dokumenthistorie	3
Visjonsdokument Tabell 2: Forkortelser	3
Visjonsdokument Tabell 3: Direkte stakeholdere	5
Visjonsdokument Tabell 4: Indirekte stakeholder	5

Dokumenthistorie

Versjon	Dato endret	Utarbeidet av	Godkjent av	Beskrivelse
1.0	26.01.2016	OMW	JS	Opprettet dokument
2.0	05.05.2016	OMW	JS	Utført små justeringer. Rettet språk og skrivefeil

Visjonsdokument Tabell 1: Dokumenthistorie

Forkortelser

Ord/navn	Forkortelser
Ola Marius Weum	OMW
Jurate Schønning	JS
Liridon Bicaj	LB
Magnus Brattensborg	MB
Høyskolen i Buskerud og Sørøst-Norge	HSN
Bøye og Torsjon Maskin	BTM

Visjonsdokument Tabell 2: Forkortelser

1.0 Innledning

Visjonsdokumentet er et dokument som hovedsakelig beskriver oppgaven vår og våre mål ved dette prosjektet. Dette dokumentet vil legge grunnlaget for hva oppgaven vår vil gå ut på.

Visjonsdokumentet er skrevet i forbindelse med bacheloroppgaven vår, det siste året på HBV. Dette prosjektet er den siste delen av vår bachelorgrad ved Høgskolen i Sørøst-Norge (HSN). Prosjektet er et studieprosjekt der vi skal anvende fagene i har gjennomgått i bachelorstudiet for å gjennomføre et ingeniørprosjekt. På denne måten bygger vi en bro mellom teori og en realistisk arbeidssituasjon. Derfor er prosjektarbeidet ment å være så nært som mulig til et realistisk ingeniørprosjekt.

I dette dokumentet vil vi også gi en god formulering av oppgavebeskrivelse, hvem som er våre hoved stakeholdere samt andre stakeholdere som har interesse av prosjektet vårt.

1.1 Bachelorprosjekt

Prosjektet er ment å vare fra januar til juni 2016. Vi vil ha ukentlig veiledningsmøter med veileder og oppdragsgiver. Vi vil også kunne ha god nytte av interne ressurser fra HSN, med hensyn på både spisskompetanse og breddekompetanse innen fagfeltene som blir berørt i prosjektoppgaven. Prosjektgruppen har kontor på HSN, hvor gruppearbeidet vil bli gjort. Som en prosjektgruppe, er vi ansvarlige for en vellykket gjennomføring av prosjektet i form av tid og budsjett. Vi har til hensikt å oppnå dette ved å fokusere på kvalitet og kontrollerende proaktivitet under prosjektet.

1.2 Bakgrunn for oppgave

Høgskolen i Sør-Øst Norge (HSN) har gitt oss et spennende og utfordrende prosjekt. Dette prosjektet skal gå over ett halvt år, og det endelige målet er å ha en fullt fungerende bøy- og torsjons maskin som skal tas i bruk i undervisning, og av studenter i tidene fremover ved HSN. Hovedgrunnen til at HSN ønsker en slik maskin er at studenter kan gjøre laboratorieforsøk på forskjellige materialer og undersøke om praksis og teori stemmer overens. En slik maskin har HSN ikke tilgjengelig fra før av.

2.0 Stakeholders

2.1 Direkte stakeholdere

Stakeholders	Beskrivelse
Veileder:	Kjell Enger (HSN) Skal hjelpe oss til å styre prosjektet i riktig retning ved å gi oss konstruktive tilbakemeldinger, tar også del i evalueringsprosessen sammen med intern og ekstern sensor.
Ekstern veileder:	Richard Thue (HSN) Vår oppdragsgiver, skal evaluere prosjektet sammen med veileder og intern sensor.
Ekstern sensor:	Finn Agersborg (HSN) Vår oppdragsgiver, skal evaluere prosjektet sammen med veileder og intern sensor.
Intern sensor:	Karoline Moholt (HSN) Setter karakter ved å evaluere prosjektet sammen med veileder og ekstern sensor.

Visjonsdokument Tabell 3: Direkte stakeholdere

2.2 Indirekte stakeholdere

Stakeholders	Beskrivelse
Studenter ved HBV	Vi vil ikke sette opp noen direkte kravspesifikasjoner i henhold til disse. Men de er veldig viktig at vi alltid har de i bakhodet igjennom hele prosjektet da det er de som skal benytte seg av maskinen vi skal lage
Vedlikehold	Maskinen vår vil trenge vedlikehold og vi må tenke på disse med tanke på design og systemkrav slik at det er mulig å bytte ut deler som kan bli slitt eller ødelagt
Levradører av deler/ materiale	Disse er viktig at vi tar hensyn til slik at vi designer maskinen i henhold til standardiserte mål og ikke må spesialbestille deler

Visjonsdokument Tabell 4: Indirekte stakeholder

2.3 HSN BTM

Prosjektnavnet BTM-HSN, er en forkortelse for Bøye og Torsjon Maskin – Høyskolen i Sørøst-Norge. Omfanget av prosjektet er å konstruere en maskin som måler elastisk deformasjon ved bøying og vridning av en prøvestav eller andre objekter (f.eks. verktøy). Vi er en gruppe på fire ingeniørstudenter som går siste året på HSN. Ingen av oss har noe tidligere relevant praktisk erfaring i henhold til denne oppgaven.

3.0 Oppgavetekst

HSN ønsker nytt utstyr til skolelaboratoriet. Vi har derfor fått i oppgave å lage en maskin eller en installasjon som skal kunne utføre kontrollerte forsøk. Dette betyr at man skal kunne kontrollere, registrere den lasten som settes på prøveobjektet og man skal kunne registrere lastens virkning på prøveobjektet i form av deformasjoner og tøyninger.

Eller ved å bruke eksterne måleverktøy kunne måle deformasjoner og tøyninger i prøvestykket under eller etter testen. Det skal ikke oppstå deformasjoner i maskinen ved testing, som kan påvirke resultatet. Maskinen skal brukes til laboratorieforsøk av elever ved HSN. Sluttproduktet vil være HSN sin eiendom.

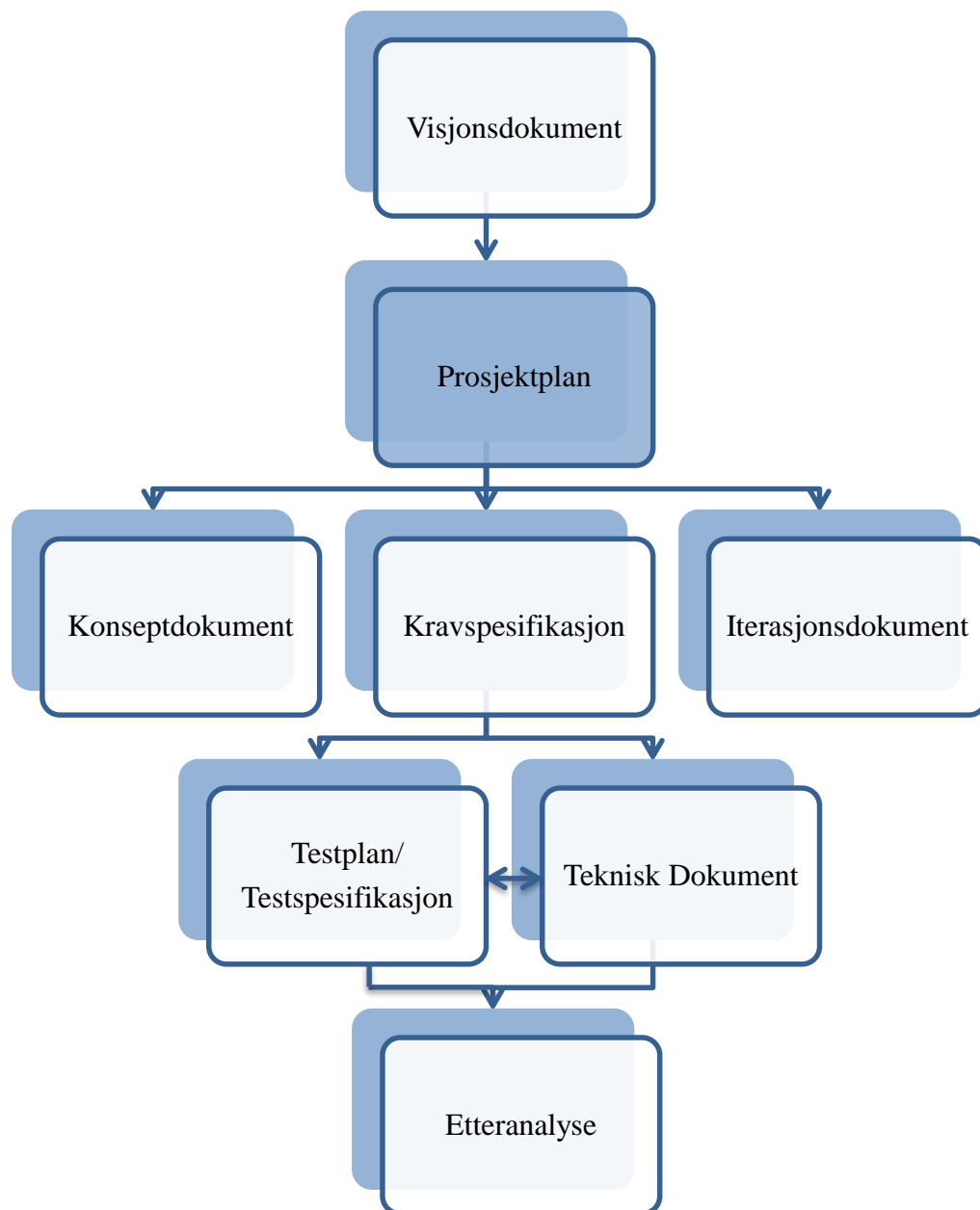
4.0 Mål

4.1 Kortsiktige mål

- Sette opp en god prosjektplan som vi kan jobbe etter.
- Definere alle oppdragsgiverens ønsker og behov slik at vi kan sette opp krav som er enkle å teste.
- Lage gode maler, og holde en rød tråd på design og farger på alle dokumenter som opprettes.
- Bli godt kjent slik at vi får en god gruppedynamikk og jobber godt sammen.

4.2 Langsiktige mål

- Gjennomføre prosjektet på en profesjonell og god måte.
- Presentasjonene skal være innøvet og fremføres på en måte slik at det blir interessant og lærerikt å høre på.
- Ferdigstille et fungerende produkt vi er stolte av.



Faculty of Technology and Maritime Sciences
Kongsberg Institute of Engineering



HØYSKOLEN I SØRØST-NORGE

BØYE & TORSJONS MASKIN

Fagkode: SFHO3201

År: 2016

PROSJEKTPLAN v3.0

Utarbeidet ved	Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge				
Gruppe	Ola Marius Weum, Jurate Schønning, Liridon Bicaj og Magnus Brattensborg				
Dokumenutgivelse	Versjon	Utgitt	Dokument-ansvarlig	Godkjent av	Sider
	3.0	07.05.2016	MB	JS	30

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	2
Tabelliste	3
Figurliste.....	4
Dokumenthistorie	4
1.0 Innledning.....	5
1.1 Deltakere og ansvarsområder	5
1.2 Ansvarsbeskrivelse	7
1.3 Andre roller.....	8
1.4 Prosjektets målsetting	8
1.4.1 Læringsmål for bachelorprosjektet	9
1.5 Rammebetingelser	9
1.6 Nettside.....	9
2.0 Prosjektmodell.....	10
2.1 Agile Unified Process (AUP)	10
2.2 Modellens oppbygning	11
Prosjektplan Figur 1: Illustrasjon av prosjektmodell	11
2.2.1 (1. fase): Planlegging	12
2.2.2 (2. fase): Research.....	12
2.2.3 (3.fase): Konstruksjon- og design	12
2.3.4 (4.fase): Ferdigstilling.....	12
2.3.5 Beskrivelse av disiplinene.....	12
2.3.6 Iterasjoner	13
3.0 Planlegging.....	15
3.1 Tidsplan	15
3.2 Milepæler.....	16
3.3 Gantt-diagram	17
3.4 Timelister.....	18
3.5 Aktivitetsliste.....	19
3.6 Møter 3.6.1 Møte med intern/ekstern veileder	21

3.6.2 Gruppemøter	21
4.0 Budsjett.....	22
5.0 Risikoanalyse	23
5.1 Risiko – Fargekoder og kategorier	24
6.0 Dokumentasjon.....	27
7.0 Referanser.....	28
8.0 Vedlegg	29

Tabelliste

Prosjektplan Tabell 1: Dokumenthistorie.....	4
Prosjektplan Tabell 2: Deltakere og ansvarsområder	6
Prosjektplan Tabell 3: Ansvarsbeskrivelse.....	8
Prosjektplan Tabell 4: Andre roller	8
Prosjektplan Tabell 5: Beskrivelse av disipliner	13
Prosjektplan Tabell 6: Iterasjoner	14
Prosjektplan Tabell 7: Tidsplan.....	16
Prosjektplan Tabell 8: Milepæler	17
Prosjektplan Tabell 9: Ansvarsbeskrivelse.....	21
Prosjektplan Tabell 10: Konsekvensanalyse	23
Prosjektplan Tabell 11: Sannsynlighetsanalyse	24
Prosjektplan Tabell 12: Risiko	24
Prosjektplan Tabell 13: Forklaring av fargekoder til Risiko-tabell.....	24
Prosjektplan Tabell 14: Resultat av risikoanalyse.....	26

Figurliste

Prosjektplan Figur 1: Illustrasjon av prosjektmodell	11
Prosjektplan Figur 2: Gantt-diagram illustrasjon	18
Prosjektplan Figur 3: Timeliste mal	18

Dokumenthistorie



Versjon	Dato endret	Utarbeidet av	Godkjent av	Beskrivelse
1.0	06.02.2016	MB, JS	OW	Opprettet dokument
2.0	15.03.2016	MB, JS	OW	Oppdatert risikoanalysen
3.0	07.05.2016	MB, JS	JS	Oppdatert dokument. Rettet språk og skrivefeil



Prosjektplan Tabell 1: Dokumenthistorie

1.0 Innledning

I dette dokumentet vil arbeidet som utføres av gruppemedlemmene bli beskrevet detaljert. Vi vil også presentere vår prosjektmodell og alle involverte i dette prosjektet. Vi starter med en oversikt over de forskjellige rollene vi har blitt tildelt innad i gruppa og en redegjørelse av modellen vi arbeider etter, gjennom prosjektet, samt tidsplanleggingen.

1.1 Deltakere og ansvarsområder

Bilde	Beskrivelse
	Ola Marius Weum (OMW) Rolle: Prosjektleder, presentasjoner, krav Linje: Maskiningeniør, produktutvikling Email: Olamarius_weum@hotmail.com Tlf: 405 45 864
	Jurate Schønning (JS) Rolle: Dokumentansvarlig, Web, økonomi Linje: Maskiningeniør, produktutvikling Email: kovjur@yahoo.no Tlf: 966 66 966

	<p>Liridon Bicaj (LB)</p> <p>Rolle: Testspesifikasjon</p> <p>Linje: Maskiningeniør, produktutvikling</p> <p>Email: donni_g93@hotmail.com</p> <p>Tlf: 954 29 358</p>
	<p>Magnus Brattensborg (MB)</p> <p>Rolle: Konstruksjon, prosjektplan</p> <p>Linje: Maskiningeniør, produktutvikling</p> <p>Email: magnus@eiker.com</p> <p>Tlf: 905 28 395</p>

Prosjektplan Tabell 2: Deltakere og ansvarsområder

1.2 Ansvarsbeskrivelse

Tabellen nedenfor tar for seg en kort beskrivelse av de forskjellige ansvarsområdene.

Ansvarsområder	Beskrivelse
Prosjektleder	Har ansvaret for at alle på gruppen følger prosjektplanen og har en kontinuerlig fremdrift. Har også ansvaret for kommunikasjon med oppdragsgiver og veileder. Ansvar for dialog med oppdragsgiver og veileder angående innkjøp av utstyr og komponenter.
Økonomiansvarlig	Ansvarlig for økonomien i prosjektgruppen. Lage regnskap over grupperekvisita samt regnskap for innkjøpt utstyr og komponenter.
Nettside og informasjon	Har det overordnende ansvaret for at nettsiden med tilhørende informasjon blir etablert og vedlikeholdt.
Presentasjoner	Tilretteleggelse rundt presentasjonene.
Kravansvarlig	Ansvar for kravspesifikasjon er oppdatert og godkjent av oppdragsgiver.
Testansvarlig	Har ansvaret for testing, dokumentasjon og rapportskrivning i henhold til testing.
Design, konstruksjon og utvikling	Har ansvaret for utvikling av design, konstruksjon og produkt, samt koordinere dokumentasjon rundt dette.
Dokumentasjon	Ansvarlig for at all dokumentasjon blir levert og ajourført i henhold til riktige dokumentmaler.

Prosjektplanansvarlig	Utvikle en prosjektplan etter valgt prosjektmodell.
------------------------------	---

Prosjektplan Tabell 3: Ansvarsbeskrivelse

1.3 Andre roller

Ansvarsområde	Beskrivelse
Veileder:	Kjell Enger (HSN) Skal hjelpe oss til å styre prosjektet i riktig retning ved å gi oss konstruktive tilbakemeldinger, tar også del i evalueringsprosessen sammen med intern og ekstern sensor.
Intern sensor:	Karoline Moholth (HSN) Setter karakter ved å evaluere prosjektet sammen med veileder og ekstern sensor.
Ekstern veileder:	Richard Thue (HSN) Vår oppdragsgiver, skal evaluere prosjektet sammen med veileder og intern sensor.
Ekstern sensor:	Finn Agersborg (HSN) Skal evaluere prosjektet sammen med veileder og intern sensor.

Prosjektplan Tabell 4: Andre roller

1.4 Prosjektets målsetting

Vi skal i samarbeid med HSN utvikle en maskin til skolens laboratorium. Maskinen skal designes slik at krefter kan påføres en prøvestav, for så å avlese spenninger eller tøyninger ved hjelp av måleverktøy. Hensikten er at den tilrettelegges til faglig bruk for kommende studenter.

1.4.1 Læringsmål for bachelorprosjektet

Dette er et viktig prosjekt i vår læringskurve, der vi får mulighet å anvende tilegnede teoretiske og praktiske fagkunnskaper. Videre skal vi i bachelorprosjektet tilegne oss ingeniørrelaterte kunnskaper som vi kan dra nytte av senere i arbeidslivet. Bachelorprosjektet skal skape en realistisk tilnærming til arbeidslivet ved at nye utfordringer skal løses, ved anvendelse og tilegning av kunnskap.

Bachelorprosjektet er det mest omfattende kurset i vårt studium.

1.5 Rammebetingelser

Høgskolen er oppdragsgiver for prosjektet og vil være vår nærmeste samarbeidspartner i løpet av prosjektets levetid. Med unntak av påskeuka og eksamensperioden varer dette fra 12. januar 2016 frem til siste presentasjon i juni.

Det forventes at hver student legger ned ca. 450 timer arbeid i bachelorprosjektet, som er verdt 20 studiepoeng. Vi har blitt enige om å jobbe 27 timer pr uke i starten av prosjektet for så å gjøre endringer på arbeidsmengde underveis om nødvendig.

1.6 Nettside

Vi har laget en nettside som jevnlig blir oppdatert under prosjektets tidsløp. Vår nettside er laget i publiseringsverktøyet Wordpress,

Hjemmesiden vår ligger på følgende adresse.

- <https://home.usn.no/web-gr22-2016/Wordpress/>

2.0 Prosjektmodell

Når man jobber med et stort prosjekt som denne bacheloroppgaven, er det viktig å ha et godt system og gode rutiner slik at prosjektet alltid vil ha en kontinuerlig fremdrift. Vi har derfor valgt å jobbe etter prinsippene i faget Systems Engineering (SE), som vi alle hadde i 4. semester. Etter et møte med veileder ble vi gjort oppmerksom på at vi bør se nærmere på ulike iterative modeller. Ved slike arbeidsmodeller kan vi gå tilbake i arbeidsprosessen og gjøre endringer underveis i prosjektet. Dette er spesielt viktig fordi vi er studenter under læring som må belage oss på å gjøre feil, det er derfor hensiktsmessig å benytte seg av en modell som ikke er «låst». Det er med andre ord stor risiko for at omfattende endringer kan oppstå, og det er helt avgjørende for prosjektets utvikling videre. Dette vil også hjelpe oss til å sette opp en god prosjektplan.

2.1 Agile Unified Process (AUP)

Vi bruker en agil (smidig) modell som ofte er brukt i Software baserte prosjekter hvor iterative og inkrementell utvikling står i fokus. Dette er først og fremst en veldig effektiv arbeidsmetode men også en modell for prosjekter der vi ikke kjenner hele omfanget eller innholdet i oppgaven, og er nødt til å finne veien samtidig som vi går den. Agile Unified Process (AUP) er en forenkling av modellen, Rational Unified Process, hvor man har flere steg i hver iterasjon. Modellen (AUP) deles opp i fire faser som gir en god oversikt over hvor man er i prosjektets livssyklus. Det er flere iterasjoner i hver fase, der alle gjøremål planlegges og utføres med et tidsløp på 1-3 uker. Videre beskrivelse av fasene kommer senere i dokumentet.

Modellens faser er videre delt opp i syv disipliner som vektlegges forskjellig ut ifra hvor langt man har kommet i prosjektfasene. Disiplinene kan gjøres samtidig innenfor den respektive fasen, har flere iterative forløp og definerer alle gjøremål som må gjøres for at prosjektet møter arbeidsgivers behov. Prosjektet har flere milepæler og hovedmål som gruppen må oppnå før man går videre til neste fase.

Modellens agile, iterative prosess gjør at vi kan komme tilbake til mindre viktige krav senere i prosjektets gang.

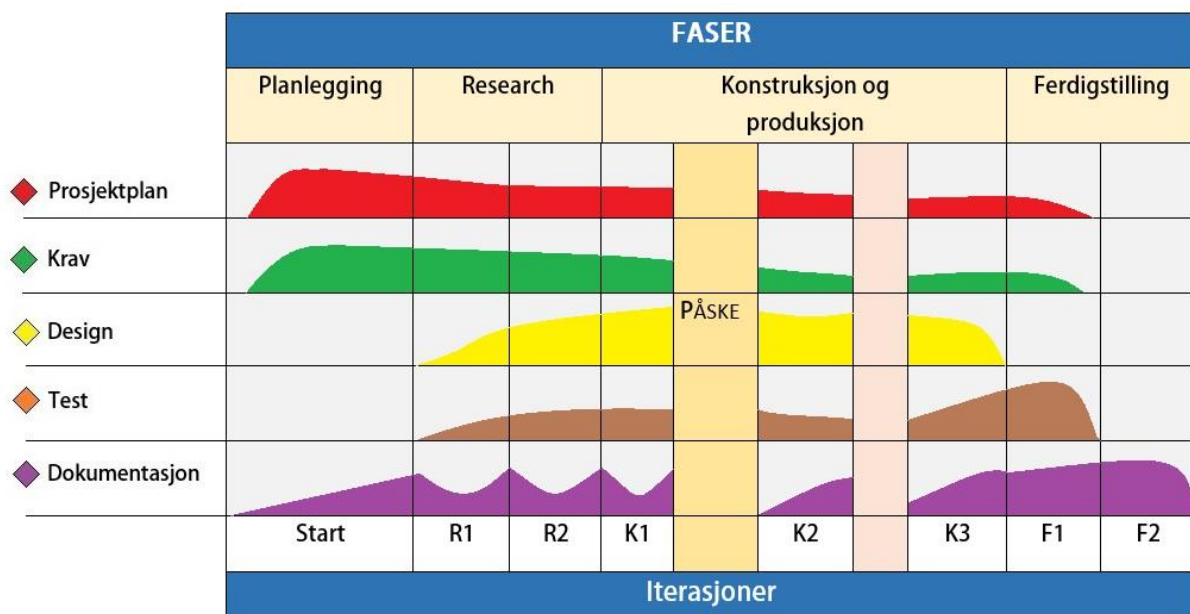
Dokumentene skal oppdateres ved hver fullført iterasjon slik at nye endringer raskt blir bokført. Dette er viktig for å kunne implementere ny kunnskap underveis i prosjektet.

Modellen er for øvrig bygget på noen enkle filosofier:

- Alle trenger ikke å vite alt, stol på hverandre.
- Konsentrere seg om viktige saker
- Ha god orden i dokumentasjonen
- Følg modellens prinsipper og verdier
- Velge verktøy etter behov, pass på å ha det som behøves tilgjengelig
- Skreddersy prosjektet etter eget og arbeidsgivers behov

2.2 Modellens oppbygning

Modellen under viser prosjektets planlagte faser og disipliner. Videre følger en kort beskrivelse av disse.



Prosjektplan Figur 1: Illustrasjon av prosjektmodell

2.2.1 (1. fase): Planlegging

I den første fasen er målet å identifisere og sette seg inn i omfanget av prosjektets oppgave og å se på potensielle løsningsmetoder. Planlegge arbeidsmetoder og fordele arbeidsoppgaver. Milepælene i denne fasen er oppstart av prosjekt og 1. presentasjon.

2.2.2 (2. fase): Research

Innhente informasjon ved hjelp av litteraturstudier og lignende. Gjøre research på allerede eksisterende produkter, om dette finnes. Finne ut om løsningsmetodene i fase 1 lar seg gjennomføre ved å se om de oppfyller kravene. Sette opp et estimert budsjett for utvikling av produktet sammen med arbeidsgiver.

2.2.3 (3.fase): Konstruksjon- og design

Bygge et fungerende produkt med et funksjonelt design som møter arbeidsgivers forventning. Hovedmålet er å prioritere kravene, for deretter å bygge og teste produktet. Milepælen i denne fasen er å levere dokumentasjon så langt i prosjektet og fullføre 2. presentasjon.

2.3.4 (4.fase): Ferdigstilling

Gjennomgå og levere alle dokumenter som omhandler prosjektet. Produktet skal være ferdig satt sammen, testet og godkjent før denne fasen begynner.

2.3.5 Beskrivelse av disiplinene

Disipliner	Beskrivelse
Prosjektplan	Aktivitetshåndtering er målet i denne disiplinen. Fordele oppgaver, se til at systemer og alle tilhørende dette prosjektet er informert om endringer, oppdateringer osv. Sette opp presentasjoner.
Krav	Sette opp eller fornye systemkrav til prosjektet.

Design	Design produktet i henhold til krav
Test	Utføre en objektiv evaluering av systemet eller produktet. Finne feil, validere at systemet og kravene møter tilfredstillelse.
Dokumentasjon	Dokumentere prosjektets hendelsesforløp

Prosjektplan Tabell 5: Beskrivelse av disipliner

2.3.6 Iterasjoner

Hver fase er delt opp i iterasjoner. I tabellen nedenfor følger en oversikt over iterasjonenes beskrivelse og varighet.

Fase	Iterasjon	Beskrivelse	Start	Slutt
Planlegging	Start	Ferdigstille prosjektplan, krav- og testspesifikasjon. Samt 1. presentasjon	12.01.16	11.02.16
Research	R1	Innhente informasjon ved hjelp av litteraturstudier o.l.	12.02.16	19.02.16
Research	R2	Vet vi nok fra R1? diskutere i gruppa om vi trenger mer informasjon. Planlegge hvordan maskinen skal konstrueres, fremstille en modell i SW.	19.02.16	26.02.16
Konstruksjon	K1	Planlegge hvordan maskinen skal konstrueres, fremstille en modell i SW.	27.02.16	12.03.16
Konstruksjon	K2	Kjøre test og analyse, re-konstruere de områder som ikke godkjennes av test.	13.03.16	21.03.16

Konstruksjon	K3	Ny test, gjøre endringer om dette behøves. Fysisk bygge maskinen.	30.03.16	30.04.16
Ferdigstilling	F1	Samle alle dokumenter.	01.05.16	12.05.16
Ferdigstilling	F2	Siste finpuss på dokumentene, før de skal leveres	13.05.16	23.05.16

Prosjektplan Tabell 6: Iterasjoner

Det er også utviklet et eget dokument der alle iterasjoner blir dokumentert.

3.0 Planlegging

3.1 Tidsplan

Følgende tidsplan bygger på prinsippene angitt i vår prosjektmodell. Prosjektfasene er sekvensielt strukturert slik at hver fase må fullføres før neste fase påbegynnes. Merk at dette ikke innebærer en rigid sekvensiell aktivitetsstruktur. Strukturen kan bli justert i løpet av prosjektets gang.

Fase	Tidsrom	Innhold / Oppgaver
1	12.1-11.2	<i>Planlegging:</i> Utvikling av kravspesifikasjon og testspesifikasjon, prosjektmodell og prosjektplan. Utarbeiding av dokumentmaler.
2	12.2-12.3	<i>Forarbeid (Research):</i> Litteraturstudier innen mekanikk og materialteknikk. Valg av konsept i to sekvenser. Videreutvikling av krav- og testspesifikasjon. Planlegging, designutvikling, testing, evaluering, dokumentasjon og rapportering til oppdragsgiver. Materialstudie, designkalkuleringer, 3D-modellering, FEM analyser av design.
3	13.3-21.3	<i>Konstruksjon:</i> Iterasjonsfaser med to sekvenser. Hver sekvens inneholder en rotasjon bestående av: Planlegging, designutvikling, testing, evaluering, dokumentasjon og rapportering til oppdragsgiver. Materialstudie, designkalkuleringer, 3D-modellering, FEM analyser av design.
	21.3-29.3	<i>Påske</i>

3	30.3-03.4	Konstruksjon fortsetter: Iterasjon: Re-design og kjøring av nye analyser
	04.4-08.4	Eksamensperiode
3	09.4-01.5	Konstruksjon fortsetter: Iterasjon: Re-design og kjøring av nye analyser
4	02.5-23.5	Ferdigstilling: Endelig utgave av hoveddokumenter og slutføring av designdokument.

Prosjektplan Tabell 7: Tidsplan

3.2 Milepæler

Milepæler beskriver en hendelse, der noe skal være oppnådd innen en bestemt tid. Milepælen er altså en hendelse tilknyttet en bestemt dato. Hendelsen må være entydig, observerbar og dokumenterbar. For å sikre god oppfølging av fremdriften i prosjektet er milepæler et meget godt hjelpemiddel. I tillegg er milepæletidspunktene nyttige når man skal ta lærdom av det som er utført, samt legge til rette for veien videre.

Tabellen nedenfor viser en oversikt over de punktene som ansees som milepæler. Tabellen er dynamisk og må antakeligvis justeres underveis.

Iterasjon	Milepæl	Beskrivelse	Dato
Start	1	Første presentasjon I denne presentasjonen skal det legges fram visjonsdokument, kravspesifikasjon og testspesifikasjon. Dette vil gi en kort introduksjon av hva som skal lages og hvordan det er planlagt prosjektert.	11.02.16

R1	2	<i>Utarbeidet 3D modell</i> En utarbeidet 3D modell er en avgjørende del for gjennomføring av prosjektet vårt.	15.03.16
R2-K2	3	<i>2. presentasjon</i> Denne presentasjonen vil ha fokus på tekniske løsninger. Det skal presenteres hvor langt prosjektet har kommet, og veien videre frem til siste presentasjon.	17.03.16
K3	4	<i>Sammensetning</i> Bøye og Torsjon Maskinen er ferdig sammensatt	06.05.16
F2	5	<i>Innlevering av hovedprosjekt</i> Hovedprosjektet skal innleveres sammen med all dokumentasjon	23.05.16
F2	6	<i>3. presentasjon</i> Dette er den siste presentasjonen. Det endelige produktet skal fremlegges. Dette er også den milepælen som markerer slutten på prosjektet.	01.06.16

Prosjektplan Tabell 8: Milepæler

3.3 Gantt-diagram

Prosjektaktivitetene vil bli ført opp i et Gantt-diagram laget i Microsoft Excel. Gantt-diagrammet vil fortelle når aktivitetene starter og når de er påregnet å være ferdige. Gantt-diagrammet vil vise en oversikt over hvor mange dager hver aktivitet varer, og i hvilken rekkefølge disse aktivitetene vil opptre, med tanke på iterasjonsfasene i prosjektmodellen vi følger.

Noen aktiviteter vil være avhengige av andre. Det vil si at en aktivitet ikke kan starte før den andre aktiviteten har blitt fullført. Eksempelvis kan ikke konstruksjonsfasen starte før vi har valgt konsept.

Vi har laget en total timeliste som viser hvor mange timer de forskjellige gruppemedlemmene brukte på de forskjellige aktivitetene. Denne timelisten ligger vedlagt i kapittel 8 i Prosjektplan.

3.5 Aktivitetsliste

Navn	ID	Beskrivelse
Administrativt, gruppemøter og planlegging	1	Korte gruppemøter, innkalling til møter og lese/skrive mail. Dokumentmal
Møte med veileder og oppdragsgiveren, møtereferat og oppfølgingsdokument	2	Møter med ekstern eller intern veileder, store gruppemøter og skriving av møtereferat fra disse møtene. Skrive ukentlig oppfølgingsdokument
Gantt-diagram/ Timelister	3	Opprettelse av timelister og oppdatere disse, lage Gantt-diagram og oppdatere dette
Kravspek	4	Opprettelse av kravspek, skrive og modifisere denne
Prosjektplan, Visjonsdokument Iterasjonsdokument	5	Opprettelse av prosjektplan, skrive og modifisere denne
Testplan/Testspek	6	Opprettelse av testspek og testplan, planlegge tester og skrive resultater i testspek
1. Presentasjon	7	Klargjøre en PowerPoint presentasjon, fordele dokumentasjon og klargjøre dokumenter i riktig format
Research av utstyr og komponenter til vårt system.	8	Gjennomgang av eksisterende utstyr og forskning på nye nødvendige alternativer. Opprettelse av prinsippskisser. Utarbeidelse av konseptdokument

Opprette prinsippsskisser. Konseptvalg.		
Komponent valg (sammen med Richard)	9	Avgjøre hvilke komponenter og systemer som skal bli brukt til prosjektet
Måling og dimensjonering av vårt system. Styrkeberegning	10	Måle krefter på vårt system for å få en graf man kan ta utgangspunkt i
3D modellering og FEM analyser	11	Lage en 3D modell, FEM analysere og eventuell research rundt dette. Skrive rapporter
Kontakt leverandører. Innkjøp	12	Bestilling av deler og utstyr. Kontakt med leverandører over mail eller telefon
Test del 1 og dokumentasjon	13	Teste maskinens komponenter og dokumentere dette
Web-design	14	Lage og vedlikeholde gruppens webside
2. Presentasjon	15	Klargjøre en PowerPoint presentasjon, fordele manus og klargjøre dokumenter i riktig format
Sammensetning og implementasjon	16	Sette sammen systemet
Regulering	17	Denne aktiviteten gjelder for justering av systemet
Test del 2 – FAT og dokumentasjon	18	En test av hele systemet i sin helhet. Teste implementasjonen og se til at dette fungerer
Brukermanual	19	Skrive en brukermanual for hvordan systemet fungerer og skal opereres
Prosjektrapport	20	Opprette, sette sammen og skrive en sluttrapport
3. Presentasjon	21	Klargjøre en PowerPoint presentasjon, fordele manus og klargjøre dokumenter i riktig format

Teknisk dokument	22	Utarbeidelse av Teknisk dokument
------------------	----	----------------------------------

Prosjektplan Tabell 9: Ansvarsbeskrivelse

3.6 Møter

3.6.1 Møte med intern/ekstern veileder

Hver onsdag kl. 11.00 har vi ukentlig møte med både intern og ekstern veileder. I disse møtene presenterer vi hva vi har gjort i løpet av foregående uke og hva vi planlegger å utføre i kommende uke. Spesielle utfordringer i prosjektet blir tatt opp og diskutert. Møteledelsen går på rundgang blant prosjektmedlemmene, men alle på gruppen tar initiativ til at møte blir effektivt.

Oppfølgingsdokument samt timelister skal leveres 24 timer før møtestart. Vi har bestemt å Oppfølgingsdokumentet møteledelse og møtereferat vil bli oppdatert av gruppas medlemmer, dette går på rundgang.

3.6.2 Gruppemøter

Vi har flere møter per uke der alle gruppas medlemmer er tilstede. Dette er viktig for at prosjektet skal ha en kontinuerlig fremdrift. For videre å opprettholde en god kommunikasjon innad i gruppa har vi opprettet en gruppe på Facebook, hvor vi kan gi hverandre beskjeder. Vi har også en felles Dropbox der vi lagrer arbeidet.

4.0 Budsjett

Vi vil i samarbeid med HSN utviklet et budsjett for dette prosjektet. Dette vil utbedres når gruppa har satt seg grundig inn i de forskjellige komponentene som behøves for at denne oppgaven lar seg gjennomføre. Endelig budsjett er beskrevet i Teknisk Dokument, kapittel 8.

5.0 Risikoanalyse

I et prosjekt vil det alltid være en risiko for større og mindre momenter som kan sette prosjektet på vent, i verste fall føre til at prosjektet stopper helt opp. For å være forberedt på de fleste situasjoner er det utarbeidet en risikoanalyse for å kvalitetssikre en sikker fremdrift i prosjektet. Slik kan faremomentet ved en gitt situasjon enkelt oppdages, og tiltak kan raskere iverksettes.

To tabeller er laget som utgangspunkt for risikoanalysen. Den første tabellen tar for seg konsekvens, mens den andre tabellen viser en oversikt over sannsynlighet.

Konsekvens	Utslag i prosjektets fremdrift
Svært liten	Prosjektet vil kunne gå videre uten problemer
Liten	Det vil merkes som litt motgang på prosjektgruppa, men fremdriften vil ikke bli påvirket i særlig grad
Middels	Prosjektet går i en stopp, og et tiltak bør vurderes for å sikre en fremdrift
Stor	Prosjektet går i stå, og det er vanskelig å komme videre. Fortløpende tiltak er nødvendig
Svært stor	Et bristepunkt for prosjektet, og statusen er kritisk. Alle midler må brukes på et strakstiltak for å få prosjektet tilbake i fremdrift

Prosjektplan Tabell 10: Konsekvensanalyse

Sannsynlighet	Utslag i prosjektets fremdrift
Svært liten	< enn 1 hendelse pr 1000 time
Liten	Ca. 1 hendelse pr 1000 time
Middels	Ca. 1 hendelse pr 100 time
Stor	Ca.1 hendelse pr 10 time
Svært stor	> enn 1 hendelse pr 10 time

Prosjektplan Tabell 11: Sannsynlighetsanalyse

5.1 Risiko – Fargekoder og kategorier

Videre følger tabell der de forskjellige risikoene er satt i fargekoder, samt en forklaring.

Sannsynlighet	Konsekvens				
	1. svært liten	2. liten	3. middels	4. stor	5. svært stor
1. svært liten	1	2	3	4	5
2. liten	2	4	6	8	10
3. middels	3	6	9	12	15
4. stor	4	8	12	16	20
5. svært stor	5	10	15	20	25

Prosjektplan Tabell 12: Risiko

Høy risiko	Risikoen er høy, og det må uten tvil straks gjøres tiltak.
Middels risiko	Risikoen er noe over akseptabel og tiltak må vurderes i hvert enkelt tilfelle.
Lav risiko	Risikoen er akseptabel og tiltak er ikke nødvendig.

Prosjektplan Tabell 13: Forklaring av fargekoder til Risiko-tabell

Scenario	Årsak	S	K	R	Korrigerende tiltak
Lagret data går tap	Tap / krasj av PC, evt menneskelig svikt	1	3	3	Ha backup av alle dokumenter på dropbox, samtidig som man har de på egen PC
Lisenser	Utgåtte lisenser på f.eks. SolidWorks	1	3	3	Proaktivitet, etablere disse tingene på forhånd. Monitorering
Leverandørene klarer ikke å levere utstyr til riktig tid	Forsinkelser, andre tekniske problemer	2	5	10	Bestille varer i god tid
Sykdom	Mange	4	2	8	Viktig å være tidlig ute med å melde fra om sykdom. Prosjektleder må bli informert om arbeidsstatus for koordinering av arbeidsoppgaver
Uenigheter	Forskjellige meninger / misforståelser	4	2	8	Viktig med god takhøyde i gruppa for å unngå et slikt scenario. Være tidlig ute med å ta opp ting. Bøye seg for demokrati. Ved likestemme har prosjektleder siste ord
Sitter fast i prosjektet	Manglende kunnskaper eller mangel på materialer	3	3	9	Være tidlig ute med å innhente nødvendig hjelp. Viktig å komme i gang så fort som mulig
Feil bruk av ressurser	Manglende kunnskap til prosjektstyring	3	3	9	Monitorere hvert steg i forhold til prosjektmodell og prosjektplan
Ligger bak tidsplanen	Arbeidet går ikke i henhold til prosjektplan	2	3	6	Analysere hvorfor arbeidet ikke går som planlagt, holde fokus på frister og oppfølgingsplan
Gruppemedlemmer som ikke møter opp	Forsovelse, forsinkelse p.g.a transport o.l	2	3	6	Viktig å melde fra hvis man er forsinket, evt gi god informasjon om hva vedkommende arbeider med slik at arbeidet kan bli gjort av noen andre

Oppdragsgiver trekker seg	Brudd på kontrakt eller forpliktelser	1	5	5	Viktig med en god dialog med oppdragsgiver. Ved evt konflikt, følge kontrakt og retningslinjer som er gitt.
Kommer ikke i mål med selve oppgaven	Ser at en eller flere iterasjoner tar lengere tid en planlagt	4	3	12	Analyser om hvilke tiltak vi kan gjøre for å komme i mål eventuelt sette bort selve konstruksjonsfasen og lage gode 2d tegninger for selve installasjonen
Ulykke ved konstruere installasjonen	Ikke fått tilstrekkelig med opplæring, uforsiktighet med utstyr eller ikke gjort grundige nok undersøkelser på hvordan konstruksjonsverktøyet virker	2	10	20	Spørre noen med gode kunnskaper om maskinene vi skal bruke om opplæring, holde fokus under konstruksjon og sette opp noen sikkerhetstiltak i samråd med veileder når det kommer til bruk av maskiner
Ikke får materialer eller måleinstrumenter i tide	Bestiller flere deler fra utlandet og dette kan ta tid. Bruker for lang tid på å 3D modellere og gjøre undersøkelser om design.	3	7	21	Bestille i god tid og prioritere å få ferdig gode modeller tidlig.
Få feil materialer eller måleinstrumenter.	Bestiller flere deler fra utlandet og dette kan ta tid. Mangle kunnskap om valgte materialer	2	7	14	Spørre noen med gode kunnskaper om materialer og måleinstrumenter slik at vi bestiller riktig type materialer og måleinstrumenter.

Prosjektplan Tabell 14: Resultat av risikoanalyse

6.0 Dokumentasjon

Under dette prosjektet vil alle hendelser dokumenteres nøye, dette fordi dokumentasjonen vil evalueres og teller hele 50% av slutt karakter. Alle dokumenter skal følge samme mal, slik at de er oversiktlige og ryddige.

Alle dokumenter som opprettes må godkjennes av de andre gruppemedlemmer ved ferdigstilling. Alle skal lese gjennom dokumentet slik at vi er sikre på at det er av god kvalitet.

7.0 Referanser

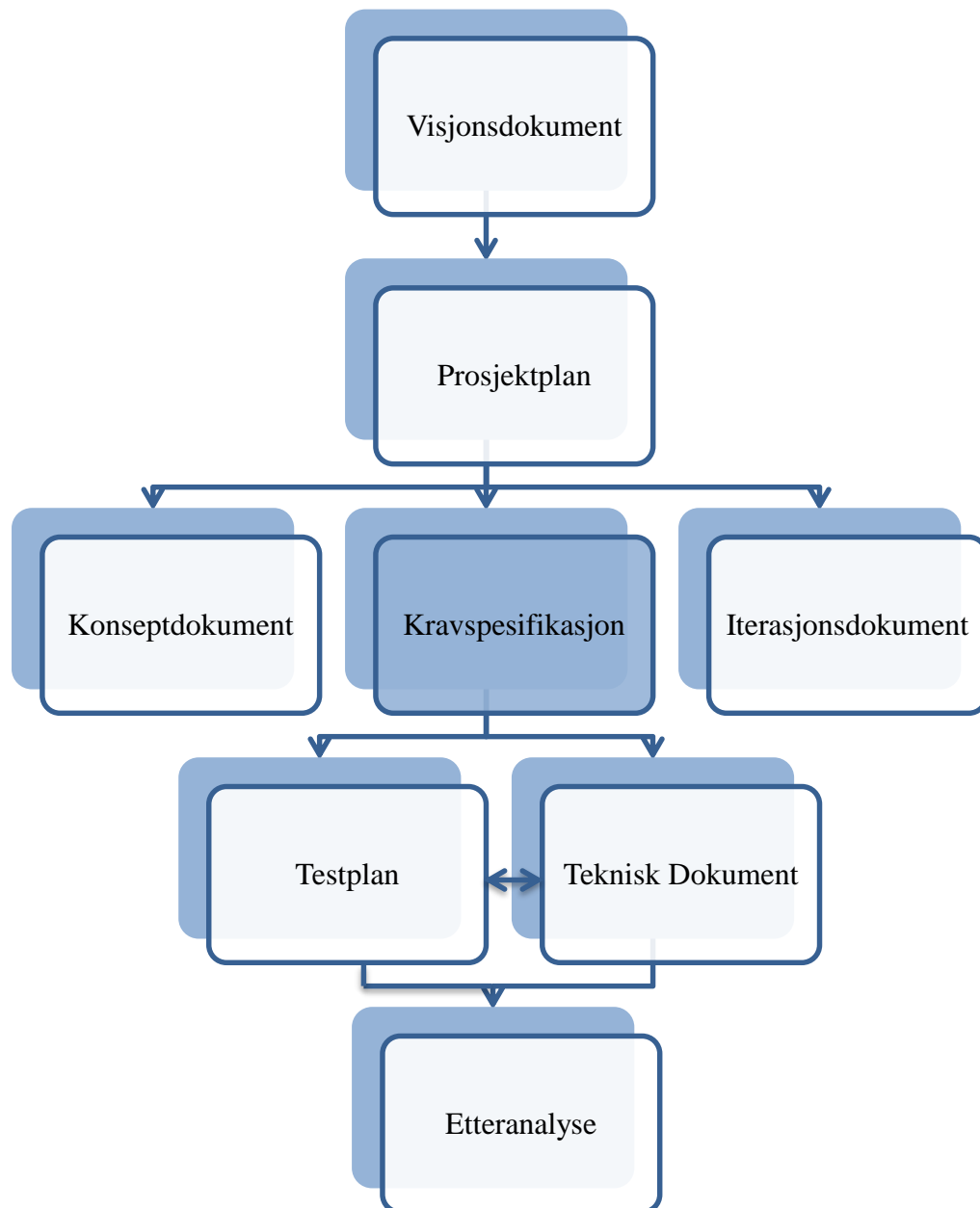
- T. Strøm og O. H. Graven, Prosjekthåndbok. v2016. Fakultet for Teknologi og Maritime fag Kongsberg Institutt for Ingeniørfag
- Prosjektmodell AUP :
 - <http://www.devx.com/architect/Article/32836>
 - <http://www.ambysoft.com/unifiedprocess/agileUP.html>
 - <http://sterkblanding.no/blog/2010/05/24/lean-eller-agile/>

8.0 Vedlegg

Nedenfor har vi vedlagt en timeoversikt over alle timene som de forskjellige gruppe-medlemmene har brukt i løpet av prosjektets gang fra og med uke 2 - 2016 til og med uke 19 - 2016.

Aktivitets ID	Beskrivelse	OMW	MB	LB	JS	Alle
1	Administrativt, gruppemøter og planlegging	53	45,5	93	63	254,5
2	Møte med veileder og oppdragsgiveren, møtereferat og oppfølgingsdokument	21,5	14	16,5	30,5	82,5
3	Gantt-diagram/ Timelister				57	57
4	Kravspek	24,5	28	3,5		56
5	Prosjektplan, Visjonsdokument, Iterasjonsdokument	19	45	8,5	15	87,5
6	Testplan/Testspek			39		39
7	1. Presentasjon	39	33	34	50	156
8	Research av utstyr og komponenter til vårt system. Opprette prinspskiser. Konseptvalg	26	63	71	40	200
9	Komponent valg (sammen med Richard)					
10	Måling og dimensjonering av vårt system. Styrkeberegninger	14	2	16	11,5	43,5
11	3D modellering og FEM analyse	151,5	89	106		346,5
12	Kontakt leverandører. Innkjøp	10			1	11
13	Test del 1 og dokumentasjon			8		8
14	Web-design				33,5	33,5
15	2. Presentasjon	29	18	26	17,5	90,5
16	Sammensetning og implementasjon					
17	Regulering					
18	Test del 2 – FAT og dokumentasjon					

19	Brukermanual				12,5	12,5
20	Prosjektrapport				56,5	56,5
21	3. Presentasjon					
22	Teknisk dokument		52	8	43	103
	Totalt antall timer	385,5	389,5	429,5	431	1637,5



Faculty of Technology and Maritime Sciences
Kongsberg Institute of Engineering



HØYSKOLEN I SØRØST-NORGE

BØYE & TORSJONS MASKIN

Fagkode: SFHO3201

År: 2016

KRAVSPESIFIKASJON v5.0

Utarbeidet ved	Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge				
Gruppe	Ola Marius Weum, Jurate Schønning, Liridon Bicaj og Magnus Brattensborg				
Dokumentutgivelse	VERSJON	UTGITT	DOKUMENT-ANSVARLIG	GODKJENT AV	SIDER
	5.0	15.05.16	OMW	JS	11

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	2
Tabelliste	2
Dokumenthistorie	3
1.0 Innledning.....	4
2.0 Krav	5
2.1 Krav ID	6
2.2 Rammekrav.....	7
2.3 Funksjonelle Krav.....	8
2.4 Maskin og programvarekrav	9
3.0 Endring av krav underveis.....	10
3.1 Tidligere kravspesifikasjoner	10
3.2 Endring av prioritet av krav	11

Tabelliste

Kravspesifikasjon Tabell 1: Dokumenthistorie.....	3
Kravspesifikasjon Tabell 2: Kravenes prioritet.....	5
Kravspesifikasjon Tabell 3: Krav inndelt i kategorigrupper	5
Kravspesifikasjon Tabell 4: Testspesifikasjon beskrivelse	6
Kravspesifikasjon Tabell 5: Rammekrav	7
Kravspesifikasjon Tabell 6: Funksjonelle krav	8
Kravspesifikasjon Tabell 7: Maskin- og programvarekrav	9
Kravspesifikasjon Tabell 8: Tidligere krav	10
Kravspesifikasjon Tabell 9: Endring av prioritetskrav	11

Dokumenthistorie

Versjon	Dato endret	Utarbeidet av	Godkjent av	Beskrivelse
1.0	19.01.2016	OMW, MB	LB	Opprettet dokument
2.0	26.01.2016	OMW	MB	Endret krav etter oppfølgingsmøte 20.01.16
3.0	27.01.2016	OMW	MB	Endret krav etter oppfølgingsmøte 27.01.16
4.0	15.03.2016	OMW	MB	Utført små justeringer
5.0	15.05.2016	OMW	JS	Endret krav etter 2. Presentasjon. Rettet språk og skrivefeil

Kravspesifikasjon Tabell 1: Dokumenthistorie

1.0 Innledning

Hovedhensikten med kravspesifikasjoner er at gruppen skal komme til en enighet med oppdragsgiver om hva produktet skal utføre. Samt gjøre det enklere å sette opp et kostnadsbudsjett og hjelpe oss med validering og verifikasjon. Det er ønskelig at alle kravspesifikasjonene skal være enkle å validere og verifisere. Dette vil hjelpe oss mye når vi skal skrive rapport og implementere resultatene slik at vi kan gjøre eventuelle endringer på produktet vårt i testing og utviklingsfasen.

2.0 Krav

Dette kapittelet tar for seg en detaljert oversikt over alle kravene i vår oppgave.

For å få bedre oversikt deler vi opp kravene etter prioritet, kategorier og hvem stakeholder er. Prioriteten sier noe om viktigheten i at kravet blir oppfylt. Disse vil bli prioritert fra A-C som er beskrevet i tabell 2. Kategoriene hjelper oss med å definere hvilken type krav man har, disse er beskrevet i tabell 3. Våre stakeholdere er hovedsakelig HSN men også studenter ved HSN, som skal bruke maskinen til å foreta bøye og torsjonstesting. Studentene ved HSN vil ikke ha noen spesifikke kravspesifikasjoner men det er på en måte de vi lager et produkt til, så det er viktig at vi alltid tenker på dem når vi setter opp kravspesifikasjonene våre

Prioritet	Beskrivelse
A	Dette er de absolutte kravene som vi må oppfylle. Disse kravene vil være knyttet til sikkerhet og krav som er helt avgjørende for at prosjektet skal være tilfredsstillt utført
B	Kravene er av mindre prioritet enn A-kravene. Disse kravene må også være oppfylt for at prosjektet skal være godt utført
C	Krav under middels viktighet

Kravspesifikasjon Tabell 2: Kravenes prioritet

Kategori	Beskrivelse
Rammekrav	Krav som er satt som rammebetingelser til prosjektet
Funksjonelle krav	Krav til funksjoner som systemet skal ivareta
Maskin- og programvarekrav	Krav til bruk av maskin- og programvare

Kravspesifikasjon Tabell 3: Krav inndelt i kategorigrupper

2.1 Krav ID

Alle kravspesifikasjonene vil også få et unikt ID nummer. De vil bestå av to bokstaver som beskriver hvilken kategori kravet går under og et nummer som sier hvilket krav det er snakk om. Alle tester vil også ha et eget ID nummer som forteller om hvilket krav man tester.

Grunnen til at man har ID nummer på alle krav og tester, er at det skal være enkelt å dokumentere og holde oversikt over kravenes opprinnelse. ID numrene er dermed et godt hjelpemiddel for å holde kontroll over hvilke tester som benyttes for å verifisere tilhørende krav. Tabell 4 viser hvordan testene vil se ut og hvor krav-ID og Test-ID vil ha en sammenheng.

Test-ID	Test-type	Korresponderende krav-ID	Prioritet	Opprinnelsesdato
Kode	Statisk eller Dynamisk	Koden til kravet som skal verifiseres	Prioritering av test fra A-C	Når testspesifiseringen ble opprettet
Kravbeskrivelse	Beskrivelse av kravet som skal testes			
Testbeskrivelse	Beskrivelse av testen; hva som blir testet og hvordan			
Ressurser	Verktøy som blir brukt i forbindelse med testen			
Godkjenningskriterium	Hva må til for at testen blir godkjent			
Utført dato	Dato på siste dagen testen ble utført			
Resultat	Godkjent eller ikke godkjent i henhold til godkjenningskriteriet			
Testes av	Navn på personen som er ansvarlig for testgjennomførelsen			
Godkjent av	Kontroll av annet gruppelem enn ansvarlig testperson			

Kravspesifikasjon Tabell 4: Testspesifikasjon beskrivelse

2.2 Rammekrav

ID NR	Prioritet	Stakeholder	Krav	Dato
KR01.2	A	HSN	Installasjonen skal ved bruk av måleverktøy måle spenning ved bøying og torsjon	15.05.16
KR03.1	A	HSN	Installasjonen skal ha en maksimal vekt på 40 kg	27.01.16
KR03.2	A	HSN	Installasjonen skal ha en maksimal lengde på 1200mm	27.01.16
KR03.3	A	HSN	Installasjonen skal ha en maksimal bredde på 600mm	10.02.16
KR03.4	A	HSN	Installasjonen skal ha en maksimal høyde på 600mm	10.02.16
KR05.1	A	HSN	Slitasjedeler skal være enkelt å bytte ut	27.01.16
KR06.1	A	HSN	Installasjonen skal kunne teste aluminium	15.02.16
KR06.2	A	HSN	Installasjonen skal kunne teste stål	15.02.16
KR06.3	A	HSN	Installasjonen skal kunne teste kompositt	15.02.16
KR07	B	HSN	Ved torsjonstest skal man kunne måle vridningsvinkel	26.01.16
KR08	B	HSN	Ved bøyetest skal man kunne måle nedbøyningen	26.01.16
KR10	A	HSN	Installasjonen skal tåle krefter opp til 10000N	08.03.16

Kravspesifikasjon Tabell 5: Rammekrav

2.3 Funksjonelle Krav

ID NR	Prioritet	Stakeholder	Krav	Dato
KF01.1	A	HSN	Man skal kunne angi belastningene som påføres prøvestykket ved bruk av Lloyd Instruments strekkmaskin	27.01.16
KF04	B	HSN	Det skal følge med en brukermanual til installasjonen	15.02.16
KF05	A	HSN	Maskinen skal kunne teste sirkulære prøvestykker	21.01.16
KF06	A	HSN	Maskinen skal kunne teste firkantede prøvestykker	21.01.16
KF07	A	HSN	Konstrueres med et design slik at produktet kan ha utskiftbare munnstykker	10.02.16
KF08	A	HSN	Installasjonen skal designes slik at den kan anvendes på Lloyd Instruments strekkmaskin	08.03.16
KF09	B	HSN	Installasjonen skal designes slik at den kan anvendes på Fagskolen Tinius Olsen strekkmaskin	08.03.16

Kravspesifikasjon Tabell 6: Funksjonelle krav

2.4 Maskin og programvarekrav

ID NR	Prioritet	Stakeholder	Krav	Dato
KM01	A	HSN	Testobjektet skal påføres en kraft som resulterer i en spenning i testobjektet. Denne spenningen skal kunne måles	18.01.16

Kravspesifikasjon Tabell 7: Maskin- og programvarekrav

3.0 Endring av krav underveis

3.1 Tidligere kravspesifikasjoner

Dette er alle tidligere krav som har vært igjennom hele prosessen. Krav ID NR til venstre i tabell 8 går igjen i våre nåværende krav i tabell 5,6 og 7 slik at man lett kan se hvilken tankegang vi har hatt igjennom hele prosjektet.

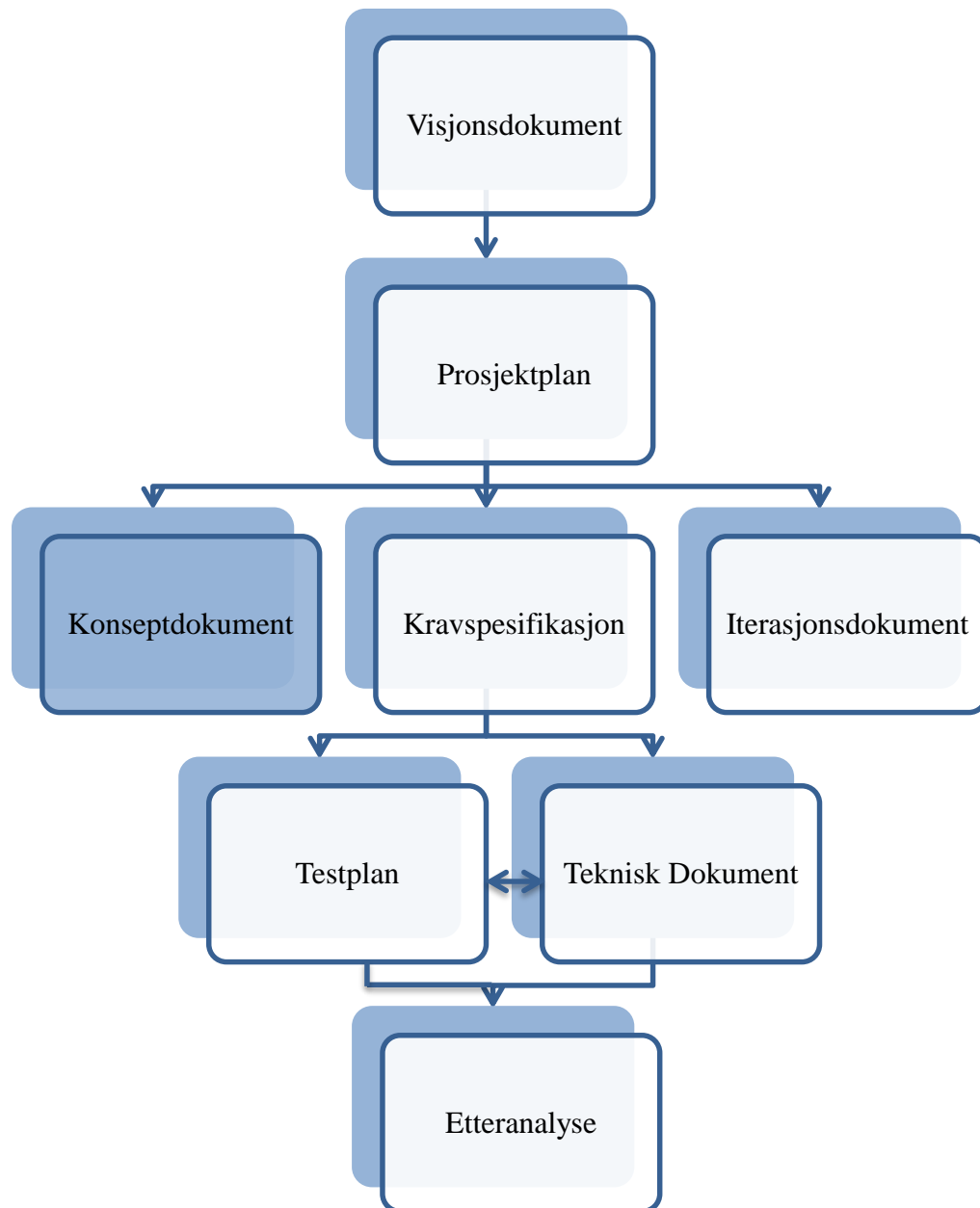
ID NR	Tidligere krav	Endrings dato
KR01	Maskin skal ved bruk av måleverktøy kunne måle spenninger ved både bøyning og torsjon	26.01.16
KR03	Maskinen skal veie under 80kg	26.01.16
KR04	Maskinen skal ha et moderne design	26.01.16
KR05	Maskinen skal ha et minimum levetid på mange år 5	26.01.16
KF03	Maskinen skal ha en vridningshastighet på 5 grader pr min	26.01.16
KF02	Maskinen skal ha en tøyehastighet på 3mm pr min	26.01.16
KR02	Maskinen skal drive ikke-destruktiv testing	27.01.16
KR03	Maskinen skal være flyttbar for en person	27.01.16
KR04	Maskinen skal ha et funksjonelt design	27.01.16
KR05	Maskinen skal ha et minimum levetid på 15 år	27.01.16
KF01	Man skal kunne angi krefter på maskinen ved torsjon og bøyning	27.01.16

Kravspesifikasjon Tabell 8: Tidligere krav

3.2 Endring av prioritet av krav

ID NR	Krav	Stakeholder	Tidligere prioritet	Ny prioritet	Dato
KF04	Det skal følge med en brukermanual til installasjonen.	HSN	C	B	18.01.1
KF05	Maskinen skal kunne teste sirkulære prøvestykker	HSN	B	A	05.02.16
KF06	Maskinen skal kunne teste firkantede prøvestykker	HSN	B	A	05.02.16

Kravspesifikasjon Tabell 9: Endring av prioritetskrav



Faculty of Technology and Maritime Sciences
Kongsberg Institute of Engineering



HØYSKOLEN I SØRØST-NORGE

BØYE & TORSJONS MASKIN

Fagkode: SFHO3201

År: 2016

KONSEPTDOKUMENT v2.0

Utarbeidet ved	Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge				
Gruppe	Ola Marius Weum, Jurate Schønning, Liridon Bicaj og Magnus Brattensborg				
Dokumentutgivelse	Versjon	Utgitt	Dokument-ansvarlig	Godkjent av	Sider
	2.0	13.05.2016	LB	JS	25

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	2
Tabelliste	3
Figurliste.....	3
Dokumenthistorie	4
Relaterte dokumenter	4
Definisjoner og forkortelser	4
1.0 Innledning.....	6
2.0 Prosjektmodell.....	7
2.1 Utvelgelseskriterier for installasjon/maskinen	7
2.2 Utvelgelseskriterier for måleverktøy	8
2.3 Vekting og rangering	9
2.4 Bakgrunn for konseptbeskrivelser	10
2.2.1 Bakgrunn for installasjons konsepter	12
3.0 Resultater.....	18
3.1 Vurdering av tvilsomme alternativer	18
3.1.1 Måleverktøy: Lasermåler	18
3.1.2 Måleverktøy: Laboratoriets kamera	18
3.2 Pugh-matrise for torsjon installasjon	19
3.1 Pugh-matrise for torsjon måleverktøy	20
4.0 Diskusjon.....	21
5.0 Konklusjon	22
5.1 Konklusjon for installasjonskonseptet.....	22
5.1.1 Videre bearbeiding av installasjonskonsept 2	23
5.2 Konklusjon for måleverktøy	24
6.0 Referanser.....	25

Tabelliste

Konseptdokument Tabell 1: Dokumenthistorie	4
Konseptdokument Tabell 2: Gruppemedlemmer-initialer	4
Konseptdokument Tabell 3: Virksomheter	5
Konseptdokument Tabell 4: Utvalgt konseptreferanse	9
Konseptdokument Tabell 5: Konsept for installasjon	10
Konseptdokument Tabell 6: Konsept for måleverktøy	11
Konseptdokument Tabell 7: Konsept nr. 1 for installasjon.....	12
Konseptdokument Tabell 8: Konsept nr. 2 for installasjon.....	13
Konseptdokument Tabell 9: Konsept nr. 3 for installasjon.....	14
Konseptdokument Tabell 10: Konsept 1 for måleverktøy	15
Konseptdokument Tabell 11: Konsept 2 for måleverktøy	16
Konseptdokument Tabell 12: Konsept 3 for måleverktøy	17
Konseptdokument Tabell 13: Utvalgt konseptreferanse	19
Konseptdokument Tabell 14: Utvalgt konseptreferanse	20
Konseptdokument Tabell 15: Konsept nr. 2 for installasjon.....	22
Konseptdokument Tabell 16: Konsept 1 for måleverktøy	24

Figurliste

Konseptdokument Figur 1: Forbedret konsept nr. 2	23
--	----

Dokumenthistorie

Versjon	Dato endret	Utarbeidet av	Godkjent av	Beskrivelse
1.0	14.03.2016	LB	OMW	Opprettet dokument
2.0	13.05.2016	LB	JS	Rettet språk og skrivefeil. Skrevet et nytt underkapittel 5.1.2

Konseptdokument Tabell 1: Dokumenthistorie

Relaterte dokumenter

Kravspesifikasjon v5.0.

Definisjoner og forkortelser

Navn:	Initialer:
Liridon Bicaj	LB
Magnus Brattensborg	MB
Jurate Schønning	JS
Ola Marius Weum	OMW

Konseptdokument Tabell 2: Gruppemedlemmer-initialer

Navn:	Forkortelse:
Høgskolen i Sør-Øst Norge	HSN

Konseptdokument Tabell 3: Virksomheter

1.0 Innledning

For å tilfredsstille et behov eller løse et problem, trenger man en plan eller en idé. I vårt tilfelle betyr dette å komme opp med et konsept. I konseptfasen er det viktig å vurdere flere ulike konsepter opp mot hverandre, slik at man velger riktig løsning for prosjektet. Hensikten med denne gjennomføringen er å effektivisere vår egen tidsbruk i forbindelse med kreativ utfoldelse, ved å utnytte det vi kan finne av relevant informasjon om tidligere oppfinnelser som inspirasjonskilde. Dokumentet har også til hensikt å synliggjøre for oppdragsgiver hvilken designmessig retning arbeidet tar, og de beslutninger som prosjektgruppa trekker ved planleggingsstadiet. Gruppa vil ta for seg et utvalg konsepter og gjøre et endelig valg ved hjelp av en pugh-matrise.

2.0 Prosjektmodell

Her vil prosjektets konsepter bli beskrevet i detalj, hvor ulemper og fordeler vil stå i fokus. Dette kapittelet gir en beskrivelse av de aktiviteter, prosedyrer og verktøy som anvendes i forbindelse med konseptutvelgelsen.

For å gjennomføre mest mulig kvalifiserte analyser og beslutninger er det i aktivitetsplanen avsatt tid til litteraturstudier rundt ulike strekk, bøyning og torsjon-prinsipper. Det er satt av tid til opplæring av ulike måleverktøy. Gjennom dette arbeidet kartlegges prinsipper og ideer ved hjelp av verdensveven (som for eksempel wikipedia o.l.), lærebøker og vitenskapelige tidsskrifter. Eksterne ressurspersoner konsulteres også for å diskutere muligheter, begrensninger og kompromisser som er av relevans for oppgaven.

2.1 Utvelgelseskriterier for installasjon/maskinen

Her vil prosjektets konsepter bli beskrevet i detalj, hvor ulemper og fordeler vil stå i fokus. Det vil bli gitt en enkel beskrivelse av forskjellige typer måleverktøy og installasjonskonsepter.

En konseptbeskrivelse skal ikke gå dypt ned i detaljene på samme måte som ved en systembeskrivelse. Vurderinger som gjøres i henhold til utvelgelseskriteriene må foregå innenfor mer eller mindre abstrakte tolkningsrammer. Det benyttes et utvalg av utvelgelseskriterier som brukes for å vurdere om konseptalternativet kan tas i bruk. Disse er formulert som følger:

1. Kostnad. Blir dette for dyrt?
2. Design/Demonstrerbarhet. Konseptets evne til å få produktet til å se bra ut.
Et imponerende design.
3. Byggeprosess. Blir konstruksjonen for avansert.
4. Sikkerhet. Kan konseptalternativet gjøres på en sikker måte, og ikke føre til skader på brukere?
5. Brukervennlighet. Er konseptalternativet brukervennlig? Eller er det for vanskelig å tas i bruk av studentene?

6. Holdbarhet. Kan konseptalternativet tas i bruk i lang tid fremover? Eller krever konseptet stadig oppgradering.
7. Nøyaktige målinger. Gir konseptalternativet mulighet til å hente ut nøyaktige resultater ved labforsøk.

2.2 Utvelgelseskriterier for måleverktøy

1. Kostnad. Blir måleverktøyet for dyrt?
2. Design/Demonstrerbarhet. Konseptets evne til å få produktet til å se bra ut.
3. Sikkerhet. Kan måleverktøyet installeres på en sikker måte, og ikke føre til skader på brukere?
4. Brukervennlighet. Er måleverktøyet brukervennlig? Eller er det for vanskelig å tas i bruk av studentene?
5. Holdbarhet. Kan måleverktøyet tas i bruk i lang tid fremover? Eller krever konseptet stadig oppgradering.
6. Nøyaktige målinger. Gir måleverktøyet mulighet til å hente ut nøyaktige resultater ved labforsøk.
7. Måleverktøyets evne til å måle både bøyning og torsjon.

2.3 Vekting og rangering

Følgende er en tabell over utvalgt konseptreferanse:

Kriterium:	Vekting (1-10):
Kostnad	8
Design/Demonstrerbarhet	4
Byggeprosess	8
Sikkerhet	10
Brukervennlighet	9
Holdbarhet	7
Nøyaktige målinger	9
Fraktstørrelse	8
Robusthet	8
Realiserbarhet	10

Konseptdokument Tabell 4: Utvalgt konseptreferanse

2.4 Bakgrunn for konseptbeskrivelser

Følgende tabeller viser bakgrunn for konseptalternativer for både installasjonen og måleverktøy.

Konsepttabell for installasjon:

Installasjon: Konsept nr.		
Egenskaper:		Figur
Krafttranslasjon system	Armer	ILLUSTRASJON
Kraft type	Form på kraft f.eks. bøying/tøying	
Lloyd eller Tinius Olsen	På hvilket apparat maskinen skal brukes	
Armer:		
Antall	Antall armer	
Funksjonalitet	Funksjon på armer	
Beskrivelse:		

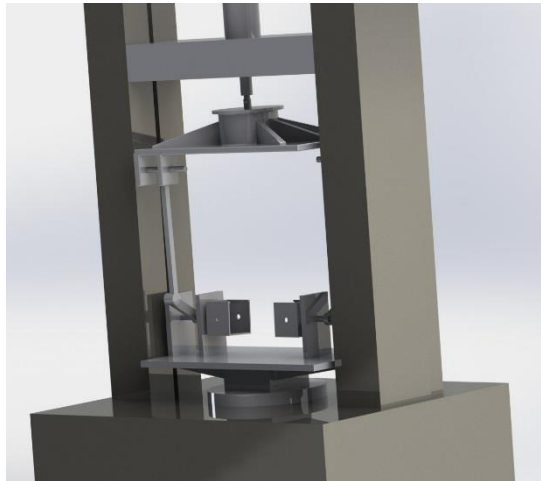
Konseptdokument Tabell 5: Konsept for installasjon

Konsepttabell for måleverktøy:

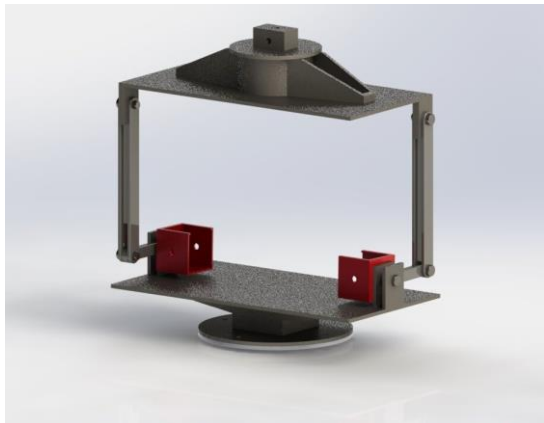
Måleverktøy: Konsept nr.	
Type	Hva slags måleverktøy
Kraft type måling	Form på kraft f.eks. bøying/tøying
Beskrivelse:	
Beskrivelse av måleverktøy	
Figur:	
ILLUSTRASJON	

Konseptdokument Tabell 6: Konsept for måleverktøy

2.2.1 Bakgrunn for installasjons konsepter

Installasjon: Konsept nr. 1		
Egenskaper:		Figur
Krafttranslasjon system	Armer	
Kraft type	Torsjon	
Lloyd eller Tinius Olsen	Begge	
Armer:		
Antall	1	
Funksjonalitet	Endre påført kraft til torsjonskraft	
Beskrivelse:		
Strekkmaskinen kan senke og løfte med en bestemt kraft. Denne kraften overføres til torsjonskraft på ønsket prøvestykke. Fordeler med dette konseptet er at mesteparten av påført kraft vil bli overført til torsjonskraft. En ulempe vil være at det kan bli en vridespenning i kraftarmen, ved påført kraft. Dette kan igjen føre til unøyaktige resultater.		

Konseptdokument Tabell 7: Konsept nr. 1 for installasjon

Installasjon: Konsept nr. 2		
Egenskaper:		Figur
Krafttranslasjon system	Armer	
Kraft type	Torsjon	
Lloyd eller Tinius Olsen	Begge	
Armer:		
Antall	2	
Funksjonalitet	Endre påført kraft til torsjonskraft	
Beskrivelse:		
<p>Strekkmaskinen kan senke og løfte med en bestemt kraft. Denne kraften overføres til torsjonskraft på ønsket prøvestykke. Fordeler med dette konseptet er at mesteparten av påført kraft vil bli overført til torsjonskraft. I dette konseptet har vi to armer på hver side. Dette for å minske vridning i selve armene som blir påført en kraft i vertikal retning. Dette konseptet bygger videre på Konsept 1.0 hvor vi ved FEM analyse oppdaget at det ville forekomme noen vridninger i topplaten og i armene som går vertikalt ned. Derfor har vi her to armer som gir en god symmetri og minsker vridningen.</p>		

Konseptdokument Tabell 8: Konsept nr. 2 for installasjon

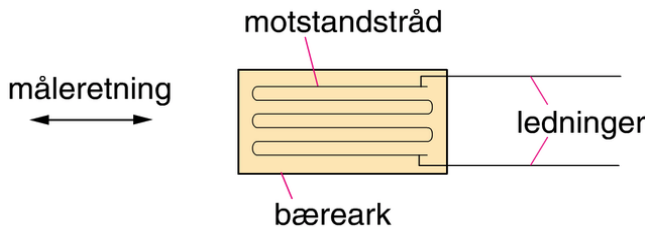
Installasjon: Konsept nr. 3		
Egenskaper:		Figur
Krafttranslasjon system	Tannhjul	
Kraft type	Torsjon	
Lloyd eller Tinius Olsen	Begge	
Tannhjul:		
Antall	2	
Funksjonalitet	Endre påført kraft til torsjonskraft	
Beskrivelse:		
<p>Denne installasjonen har vi designet med tannhjul som skal være festet til to rack som blir presset ned av Lloyd strekkmaskin.</p> <p>Fordelen med dette konseptet er at man kan vri prøvestykket som er festet til installasjonen flere grader rundt, enn ved installasjonene der krafttranslasjon overføres ved armer.</p> <p>Ulempen med dette konseptet er at når det blir påført en kraft mellom tannhjulene og racket vil racket bli presset utover. Vi må da ha en ramme eller noe for å holde racket på plass og det vil oppstå friksjon mellom rammen og racket som vil gå utover installasjonens virkningsgrad slik at fullgod torsjonen ikke blir oppnådd.</p>		

Konseptdokument Tabell 9: Konsept nr. 3 for installasjon


2.2.2 Bakgrunn for måleverktøy konsepter

Kraft er en grunnleggende faktor i mekanikken. Når en kraft virker på et objekt, fører dette til deformasjoner i objektet. Ved en belastning som gir elastisk deformasjon, vil den resulterende spenning og deformasjon være lineært relatert med elastisitetsmodulen for materialet.


Måleverktøy for et prosjekt der testmåling av et objekt står i fokus avhenger av valgt metode, måleparametere, type objekt og ønsket resultat. Testmålinger og beregninger er viktig for å forbygge svakheter i et produkts design og materialvalg. Måleverktøy har blitt vektlagt til stor grad, og følgende er konseptalternativene.

Måleverktøy: Konsept nr. 1	
Type	Strekklapp
Kraft type måling	Bøying og torsjon
Beskrivelse: Strekklapper er måleelementer som utnytter at resistansen for en metalltråd eller et annet ledende materiale forandrer seg ved forlengelse. En vanlig utførelse for strekklappen er en motstand i form av en lang tråd innstøpt i et elastisk materiale som kan limes til et underlag. På denne måten vil den innstøpte tråden bli utsatt for lengdeendringer når strekklappens underlag blir utsatt for lengdeendringer.	
Figur: 	

Konseptdokument Tabell 10: Konsept 1 for måleverktøy

Måleverktøy: Konsept nr. 2	
Type	Laboratoriets kamera - Allied Vision Technology Manta
Kraft type måling	Bøying og torsjon
Beskrivelse:	
<p>Skolen har allerede et måleverktøy i form av et kamera. I starten av prosjektet var dette noe prosjektgruppa kunne tenke seg å bruke videre. Vi fikk en gjennomgang på laboratoriet sammen med en av skolens faglærere, for nærmere innblikk av hvordan dette fungerte.</p>	
Figur:	
	

Konseptdokument Tabell 11: Konsept 2 for måleverktøy

Måleverktøy: Konsept nr. 3	
Type	Lasermåler
Kraft type måling	Bøying og torsjon
Beskrivelse: <p>Lasermålere er i prinsippet enkel å bruke. Man slår den på og den røde strålen måler avstand ned til prøven. Det er mulig å sette en lasermåler til å måle intervaller, med bluetooth kan man overføre målingene til en app som heter DISTO sketch og etter dette tegne en skisse over hvordan prøven har blitt bøyd.</p> <p>Det finnes mange forskjellige lasermålere på markedet. Noen lasere er beregnet for laboratorieformål med svært god nøyaktighet, mens andre lasere er beregnet for byggebransjen og har bare mm nøyaktighet. Figuren nedenfor viser prinsippet for en lasermåler.</p>	
Figur: 	

Konseptdokument Tabell 12: Konsept 3 for måleverktøy

3.0 Resultater

3.1 Vurdering av tvilsomme alternativer

3.1.1 Måleverktøy: Lasermåler

Lasermåler kan virke på bøyeprøver men vil ikke ha noen funksjon på en torsjon test. Det en laser kan måle er hvor mye en prøve bøyer seg per tidsenhet. Dette sammen med hvor mye kraft som påfører prøven i samme tidsintervall kan man regne ut duktiliteten i et materiale også hvor mye det bøyer seg før prøven eventuelt går til brudd. Laser er veldig brukervennlig, og kan enkelt monteres på vår konstruksjon. Om vi velger å bruke Lloyd strekkmasken så vil man ikke trenge en laser da denne maskinen også gir målinger på hvor langt man har strukket en prøve. Lasermålere er veldig enkle å bruke; om vi bruker Lloyd så vil vi ikke trenge den oppgaven som en lasermåler kan gjøre for oss.

3.1.2 Måleverktøy: Laboratoriets kamera

Skolen har allerede et måleverktøy i form av et kamera, «Allied Vision Technology Manta». I starten av prosjektet var dette noe prosjektgruppa kunne tenke seg å bruke videre. Vi fikk en gjennomgang på laboratoriet sammen med en av skolens faglærere, for nærmere innblikk av hvordan dette fungerte.

3.2 Pugh-matrise for torsjon installasjon

Pugh-Matrise – Tosjonsinstallasjon				
		Konsept nummer		
Kriterier	Rating (1-10)	1	2	3
Kostnad	8	+	+	-
Design (utseende)	4	s	s	s
Byggeprosess (sammensetning)	8	+	+	-
Sikkerhet	10	s	s	s
Brukervennlighet	9	s	s	s
Holdbarhet	7	s	+	s
Nøyaktige målinger	9	-	+	-
Sum av positive		2	4	0
Sum av negative		1	0	3
Sum der konseptene har lik grad		4	3	4
Vektet sum av positive		16	32	0
Vektet sum av negative		9	0	25

Konseptdokument Tabell 13: Utvalgt konseptpreferanse

3.1 Pugh-matrise for torsjon måleverktøy

Pugh-Matrise – Måleverktøy				
		Konsept nummer		
Kriterier	Rating (1-10)	1	2	3
Kostnad	7	+	-	-
Design (utseende)	2	-	+	+
Sikkerhet	10	s	s	s
Brukervennlighet	8	+	-	-
Holdbarhet	8	+	+	+
Nøyaktige målinger	10	+	-	-
Sum av positive		4	2	2
Sum av negative		1	3	3
Sum der konseptene har lik grad		1	1	1
Vektet sum av positive		33	10	10
Vektet sum av negative		2	25	25

Konseptdokument Tabell 14: Utvalgt konseptpreferanse

4.0 Diskusjon

Resultatene for installasjonen og måleverktøyet som oppgis i pugh-matrisen baserer seg på prosjektgruppas vurderinger av de ulike utvelgelseskriteriene. Med dette som grunnlag blir det gjort en vurdering av konseptalternativene. Og det best egnede konseptet blir valgt.

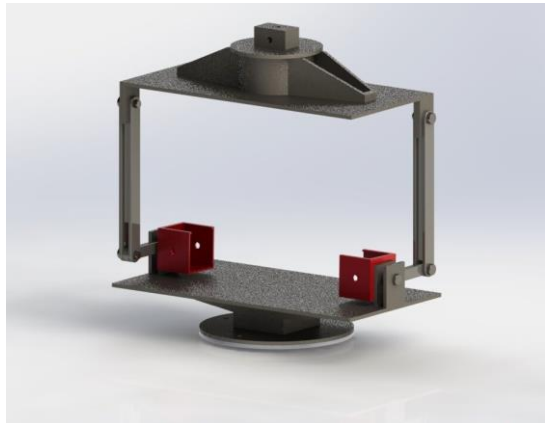
Det tas i betraktning at gruppas kompetanse innen identifisering og formulering av hensiktsmessige kriterier er begrenset siden vi har relativt liten erfaring med denne type arbeid. Følgelig må vi anta at det er relativt stor risiko for de vurderingene som vi har gjort ikke nødvendigvis er optimale, og at de dermed vil føre til «feilkilder» i forhold til beslutningsgrunnlaget og den konklusjonen som følger. Det iverksettes derfor tiltak som innebærer at vi ser på lignende konsepter og om disse oppfyller kravspesifikasjonene med hensyn til testing, og nødvendige beregninger.

Konklusjonen som trekkes i forhold til konseptvalget er studentgruppas beslutning, men konseptvalget som skal ligge til grunn for det videre designarbeidet vil likevel være avhengig av hva oppdragsgiver avgjør. At oppdragsgiver kommer med nye ønsker kan vi ikke utelukke, selv om vi er så langt ute i prosjektet. Ettersom det er oppdragsgiver som er kunden, og det er han som har siste ordet i denne avgjørelsen.

5.0 Konklusjon

5.1 Konklusjon for installasjonskonseptet

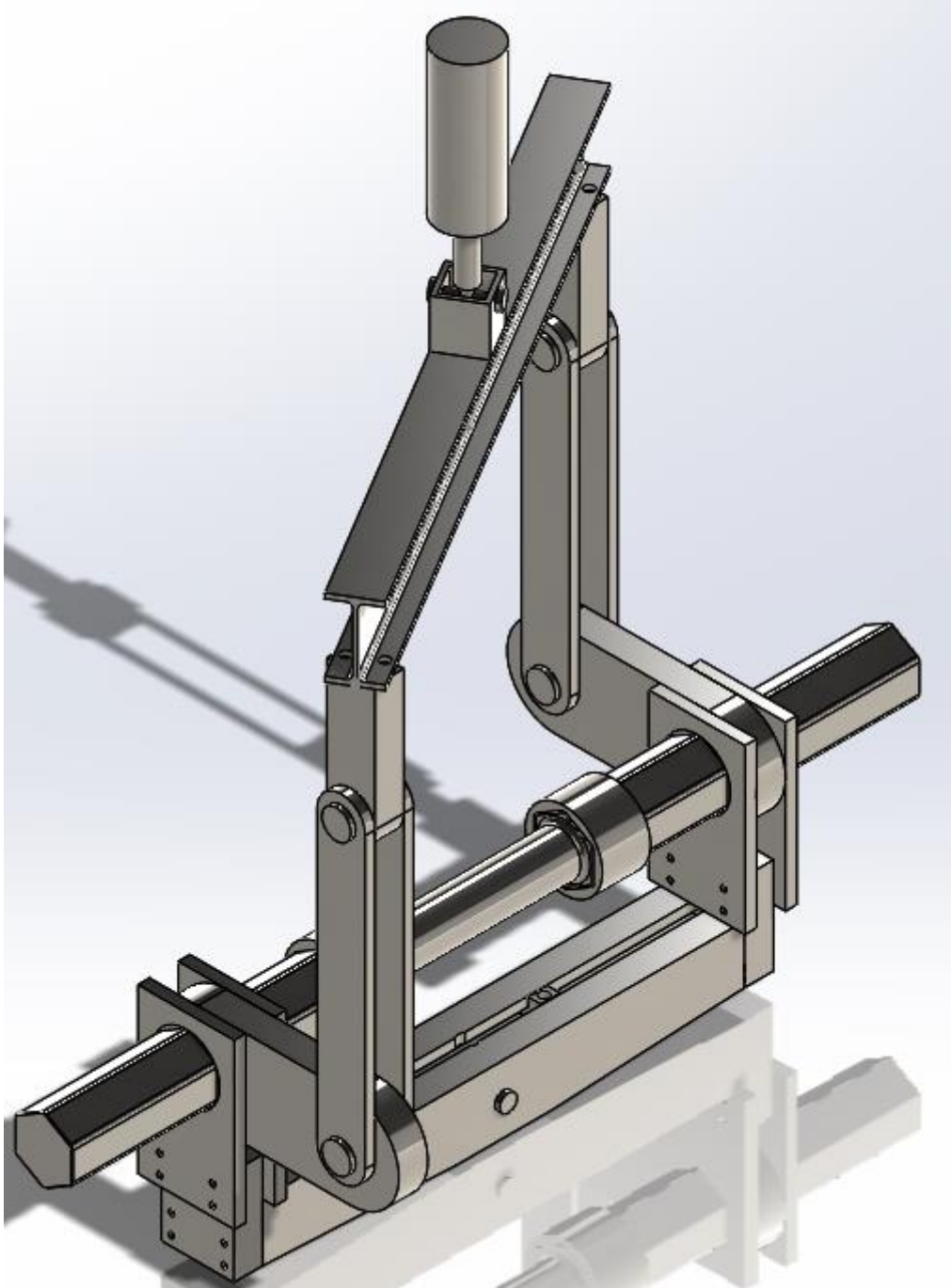
Fra resultatet i pugh-matrisen for installasjon ser vi at konsept 2 får høyest poengsum.

Installasjon: Konsept nr. 2		
Egenskaper:		Figur
Krafttranslasjon system	Armer	
Kraft type	Torsjon	
Lloyd eller Tinius Olsen	Begge	
Armer:		
Antall	2	
Funksjonalitet	Endre påført kraft til torsjonskraft	
Beskrivelse:		
<p>Strekkmaskinen kan senke og løfte med en bestemt kraft. Denne kraften overføres til torsjonskraft på ønsket prøvestykke. Fordeler med dette konseptet er at mesteparten av påført kraft vil bli overført til torsjonskraft. I dette konseptet har vi to armer på hver side. Dette for å minske vridning i selve armene som blir påført en kraft i vertikal retning. Dette konseptet bygger videre på Konsept 1.0 hvor vi ved FEM analyse oppdaget at det ville forekomme noen vridninger i toppplaten og i armene som går vertikalt ned. Derfor har vi her to armer som gir en god symmetri og minsker vridningen.</p>		

Konseptdokument Tabell 15: Konsept nr. 2 for installasjon

5.1.1 Videre bearbeiding av installasjonskonsept 2

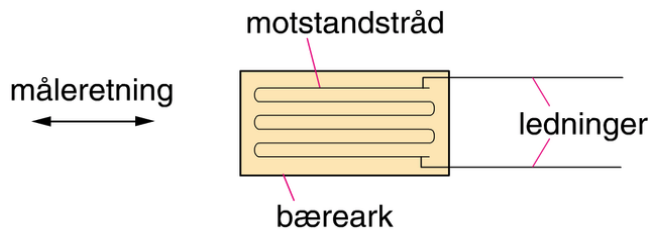
Det har blitt gjennomført en oppgradering av konsept 2 underveis gjennom iterasjonfasene K1-K3. Grunnlaget for dette er at testene og målingene som har blitt gjort har ført oss til et forbedret resultat. Se teknisk dokument for nærmere beskrivelse.



Konseptdokument Figur 1: Forbedret konsept nr. 2

5.2 Konklusjon for måleverktøy

Fra resultatet i pugh-matrisen for måleverktøy ser vi at konsept 1 får høyest poengsum.

Måleverktøy: Konsept nr. 1	
Type	Strekkklapp
Kraft type	Bøying og torsjon
Beskrivelse:	
<p>Strekkklapper er måleelementer som utnytter at resistansen for en metalltråd eller et annet ledende materiale forandrer seg ved forlengelse. En vanlig utførelse for strekkklappen er en motstand i form av en lang tråd innstøpt i et elastisk materiale som kan limes til et underlag. På denne måten vil den innstøpte tråden bli utsatt for lengdeendringer når strekkklappens underlag blir utsatt for lengdeendringer.</p>	
Figur:	
 <p>The diagram illustrates the internal structure of a strain gauge. It shows a rectangular yellow block representing the substrate. Inside this block, there are three horizontal, wavy lines representing the conductive strain gauge wire (motstandstråd). Below the block, the label 'bæreak' points to the substrate. To the left of the block, a double-headed arrow labeled 'måleretning' indicates the direction of measurement. To the right of the block, two horizontal lines represent the electrical leads (ledninger).</p>	

Konseptdokument Tabell 16: Konsept 1 for måleverktøy

6.0 Referanser

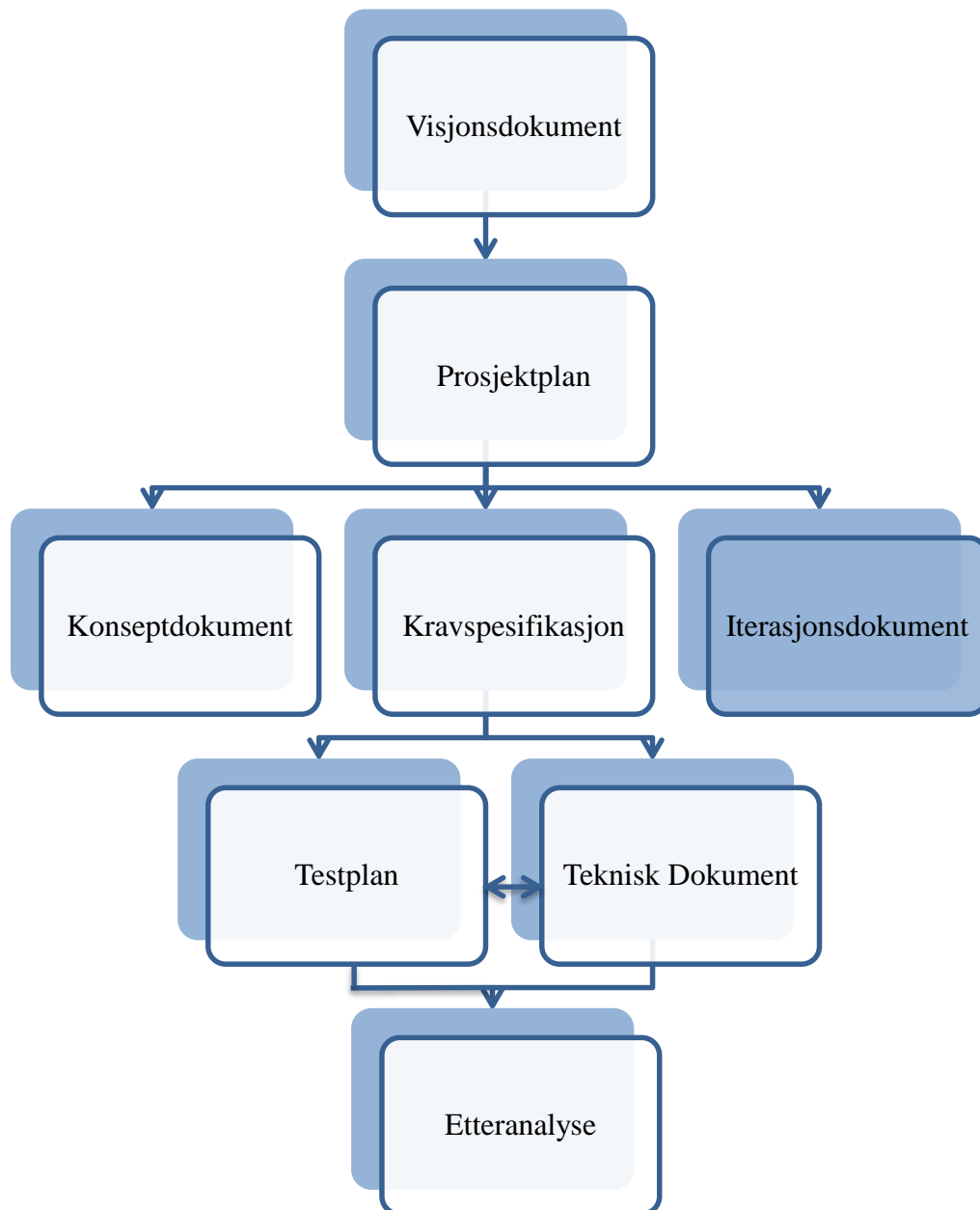
Strøm T, Graven O. H. Prosjekthåndbok. v2016. Kongsberg institutt for ingeniørfag (HBV)

Shamieh C. Systems engineering for dummies. Wiley Publishing. v2011

- http://coevolving.com/transfer/201107_SysEng/SysEngForDummies_9781118100738.pdf

Måleverktøy:

- <http://www.datum-electronics.co.uk/products/torque-transducers-and-sensors/datum-universal-transducer-interface/>
- <http://w3.elektrofag.info/instrumentering/transmitter>



Faculty of Technology and Maritime Sciences
Kongsberg Institute of Engineering



HØYSKOLEN I SØRØST-NORGE

BØYE & TORSJONS MASKIN

Fagkode: SFHO3201

År: 2016

ITERASJONSDOKUMENT v2.0

Utarbeidet ved	Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge				
Gruppe	Ola Marius Weum, Jurate Schønning, Liridon Bicaj og Magnus Brattensborg				
Dokumentutgivelse	Versjon	Utgitt	Dokument- ansvarlig	Godkjent av	Sider
	2.0	19.05.16	MB	JS	12

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	2
Tabbeliste	3
Dokumenthistorie	3
1.0 Innledning.....	4
2.0 Iterasjon Start – Fase 1	5
2.1 Planlagt arbeid	5
2.2 Gjennomført arbeid.....	5
2.3 Konklusjon.....	6
3.0 Iterasjon R1 – Fase 2	7
3.1 Planlagt arbeid	7
3.2 Gjennomført arbeid.....	7
3.3 Konklusjon.....	7
4.0 Iterasjon R2 – Fase 2	8
4.1 Planlagt arbeid	8
4.2 Gjennomført arbeid.....	8
4.3 Konklusjon.....	8
5.0 Iterasjon K1 – Fase 3	9
5.1 Planlagt arbeid	9
5.2 Gjennomført arbeid.....	9
5.3 Konklusjon.....	9
6.0 Iterasjon K2 – Fase 3	10
6.1 Planlagt arbeid	10
6.2 Gjennomført arbeid.....	10
6.3 Konklusjon.....	10
7.0 Iterasjon K3 – Fase 3	11
7.1 Planlagt arbeid	11
7.2 Gjennomført arbeid.....	11
7.3 Konklusjon.....	11

8.0 Iterasjon F1/F2 – Fase 4	12
8.1 Planlagt arbeid	12
8.2 Gjennomført arbeid.....	12
8.3 Konklusjon.....	12

Tabbeliste

Iterasjonsdokument Tabell 1: Dokumenthistorie	3
---	---

Dokumenthistorie

Versjon	Dato endret	Utarbeidet av	Godkjent av	Beskrivelse
1.0	11.02.2016	MB	OMW	Opprettet dokument: Iterasjon Start.
1.0	01.03.2016	MB	OMW	Oppdatering: Iterasjon R1
1.0	14.03.2016	OMW	MB	Oppdatering: Iterasjon R2
1.0	21.03.2016	MB	OMW	Oppdatering: Iterasjon K1
1.0	03.04.2016	MB	OMW	Oppdatering: Iterasjon K2
1.0	01.05.2016	MB	OMW	Oppdatering: Iterasjon K3
1.0	19.05.2016	MB	JS	Oppdatering: Iterasjon F1/F2

Iterasjonsdokument Tabell 1: Dokumenthistorie

1.0 Innledning

Vi har delt inn prosjektet i fire faser, som med unntak av fase 1 består av flere iterasjoner. I dette dokumentet vil det ligge enkle rapporter av hver iterasjon, slik at vi enkelt kan følge med på hvordan vi ligger an i prosjektet i henhold til prosjektplanen vår. Vi vil også dokumentere oppdateringer av nåværende status på prosjektet i form av en konklusjon, her vil det også komme en oversikt over hva som er planlagt i neste iterasjon.

2.0 Iterasjon Start – Fase 1

2.1 Planlagt arbeid

- Bli bedre kjent med alle på gruppen, veiledere og sensorer.
- Sette oss grundig inn i oppgaven og komme med en god oppgavebeskrivelse.
- Fordele ansvarsområder.
- Lage maler for alle dokumenter.
- Lage et førsteutkast av følgende dokumenter:
 - Prosjektplan
 - Visjonsdokument
 - Kravspesifikasjon
 - Testspesifikasjon
- Fullføre første presentasjon.

2.2 Gjennomført arbeid

I den foregående fasen har vi jobbet med oppstart av prosjektet. Her har vi fordelt oppgaver innad i gruppa, gjort oss kjent med prosjektoppgavens omfang og laget alle nødvendige dokumentmaler. Vi har også opprettet noen dokumenter som er helt grunnleggende for videre arbeid av prosjektet, disse er Visjonsdokument v1.0, Prosjektplan v1.0, Kravspesifikasjon v1.0 – v3.0 og Testspesifikasjon v1.0.

Vi har også valgt prosjektmodell, i samråd med veileder ble det tatt et utgangspunkt av modellen «Agile Unified Process», hvor vi har laget og tilpasset en egen modell som passer vårt prosjekt. Vi har hatt flere møter med veileder og oppdragsgiver, samt noen turer på laboratoriet. Som avslutning på denne fasen, som også er vår 1. milepæl, gjennomførte vi 1. presentasjon. Her la vi frem oppgavebeskrivelse, krav- og testspesifikasjon, prosjektplan og prosjektmodell. Med dette ble alle punktene i denne fasen og iterasjonen oppfylt og vi kan starte opp neste fase.

2.3 Konklusjon

Vi har begynt å forstå oppgaven bedre og begynner også å få et bedre samarbeid innad i gruppa. Etter første presentasjon fikk vi gode tilbakemeldinger fra sensorer og veiledere, dette betyr at vårt prosjekt er i rute. Vi fikk også tilbakemeldinger som gruppen må fortsette å se på, dette gjaldt spesielt oppgavekravene våre da disse var litt diffuse i henhold til godkjent kravspesifikasjon. Vi fikk kommentar på risikoanalysen vår at vi hele tiden bør oppdatere denne. Vi må også komme opp med en plan over hva vi skal gjøre om vi ikke rekker å lage det planlagte produktet. Etter dette går vi videre inn i neste iterasjon.

Neste fase består av to iterasjoner. Hovedmålet med denne fasen og iterasjonene er å tilegne seg så mye kunnskap som mulig om vårt tema. Det kan innebære at vi må sette oss inn i teknologiske studier, se på allerede eksisterende produkter osv. Vi må se på og lage flere konsepter og legge til rette for at neste fase og iterasjoner blir gjennomførbar.

3.0 Iterasjon R1 – Fase 2

3.1 Planlagt arbeid

- Fordele nye ansvarsområder.
- Omvisning på laboratoriet med faglærer.
- Se nærmere på forskjellige måleverktøy.
- Konsept og idémyldring.
- Opprette følgende dokumenter:
 - Konseptdokument

3.2 Gjennomført arbeid

I denne iterasjonen har vi brukt tiden på Research av forskjellige måleverktøy og allerede eksisterende testmaskiner for bøying og torsjon. Vi har også bestemt oss for at vi skal ta utgangspunkt i skolens strekkmaskin fra Lloyd Instruments, og lage en installasjon på denne. Denne maskinen kan kun strekke og presse objekter i nåværende tilstand. Vi har laget flere konsepter i SolidWorks på forskjellige løsninger for hvordan vi kan utvikle en anordning slik at man kan utføre torsjonstester. Konseptdokument har blitt opprettet og er under daglig utbedring.

3.3 Konklusjon

Vi er nå så å si ferdig med konseptdokumentet hvor vi har sett på flere forskjellige konsepter, hva som er fordeler og ulemper med de forskjellige. Dette har vi også gjort med måleinstrumenter. Her har vi bestemt oss for å se nærmere på strekkklapper da disse er enkle å bruke, billig og vil gi gode resultater. Vi vil også fortsette å se på andre måleinstrumenter som finnes. I neste iterasjon vil vi ta noen store avgjørelser for prosjektet vårt, disse er for eksempel hvilket konsept i henhold til design av maskin vi skal jobbe videre med, hvilke måleverktøy vi skal bruke samt sette oss godt inn i hvordan disse fungerer.

4.0 Iterasjon R2 – Fase 2

4.1 Planlagt arbeid

- Valg av måleverktøy.
- Valg av konsept.
- Gjennomgang med faglærer av valgt måleverktøy.
- Opprette følgende dokumenter:
 - Teknisk dokument

4.2 Gjennomført arbeid

Vi er nå helt ferdig med konseptdokumentet. Har i denne fasen valgt å fokusere på torsjonsinstallasjonen da nåværende bøyeinstallasjon fungerer bra. Det vi skal jobbe videre med når det kommer til bøyning, er å utbedre nåværende installasjon. Vi skal lage noen gripere, slik at man også kan drive med testing av bøyning på kun en side av prøvestykket, og ikke kun nedbøyning på midten som man kan nå. Vi har også valgt å gå for strekkklapper, da disse er billige, enkle å bruke, gir nøyaktige resultater. Vi har lest oss opp grundig på strekkklapper, kontaktet ulike bedrifter for å spørre om hvilken type strekkklapper som er best til vårt prosjekt og gjort generelle undersøkelser på hvordan de virker. Har også vært med på en demonstrasjon hvor en tidligere faglærer ved HBV har vist frem og forklart hvordan strekkklapper fungerer i praksis.

4.3 Konklusjon

Måleverktøy er valgt, gruppen kom frem til at strekkklapper er best for denne oppgaven.

Designkonsept av torsjoninstallasjonen er også valgt. Vi skal jobbe videre med dette designet samt materialvalg.

Teknisk dokument er under produksjon og vi vil fortsette med dette utover i neste iterasjon.

Det vi skal jobbe med i neste iterasjon er hovedsakelig å komme opp med et godt produksjonsunderlag og begynne å konstruere selve konstruksjonen.

5.0 Iterasjon K1 – Fase 3

5.1 Planlagt arbeid

- Forberedelse til 2.presentasjon.
- Levere relevant dokumentasjon.
- Videreutvikle valgt konsept.
- Jobbe videre med teknisk dokument.

5.2 Gjennomført arbeid

I denne fasen har hovedfokusset ligget på å levere dokumentasjon og ferdigstille å redegjøre for valgt konsept frem mot 2. presentasjon. Vi har så vidt satt i gang litt analyse og testing av konsept, for å få en bedre forståelse av hvordan kreftene vil forplante seg i konstruksjonen.

5.3 Konklusjon

Leverte dokumentasjon og holdt 2. presentasjon. Fikk gode tilbakemeldinger på presentasjonen, men ikke fullt så bra på dokumentasjonen. Vi leverte både gamle og nye versjoner av dokumentene, dette var ikke nødvendig og skapte bryderi for veiledere og sensorene ved gjennomgang. Dokumentene var heller ikke skrevet på en tilfredsstillende måte med tanke på ingeniørspåk.

6.0 Iterasjon K2 – Fase 3

6.1 Planlagt arbeid

- 3D modellering.
- Research av materialer.
- Research av prøvestaver.
- Strekklappteknologi.
- Utregning av moment.
- Konsept for festemekanisme til prøvestav.

6.2 Gjennomført arbeid

I løpet av påskeferien har Ola Marius Weum kommet opp med en utviklet modell av vårt konsept som omhandler torsjon. Denne står nå i fokus for fremtidig videreutvikling, testing og analyser.

Vi har også sett videre på materialvalg og prøvestaver, samt hvordan vi får implementert strekkklapper inn i dette prosjektet.

6.3 Konklusjon

Vi har en kontinuerlig fremdrift ved utvikling av anordningen som omhandler muligheten for torsjon. Har derimot problemer med utregning av momentet, og festemekanisme for montering av prøvestaver.

7.0 Iterasjon K3 – Fase 3

7.1 Planlagt arbeid

- Ferdigstille 3D modell.
- FEM analyser + rapport.
- 2D tegning.
- Flere konsepter for festemekanismer til prøvestav.
- Jobbe videre med utregning av moment.
- Oppdatere webside.
- Brukermanual for bruk av strekkklapper.

7.2 Gjennomført arbeid

Ferdigstilt 3D modell for bøyning og torsjon i SW og kjørt FEM analyser av disse.

Gruppen har også sett på andre muligheter for festemekanisme til prøvestavene, her har vi landet på bruk av hylse/pipe med forskjellige mål i mm til sekskantstål.

Webside er oppdatert.

Brukermanual for strekkklapper er ferdig.

Utrekning av moment samt utførelse av 2D tegninger er fortsatt under arbeid.

7.3 Konklusjon

Har ikke hatt tid til utførelse av 2D tegning, da det stadig er endringer i konstruksjonen. Dette blir derfor utsatt til ut i neste iterasjon. Det samme gjelder utregning av moment.

8.0 Iterasjon F1/F2 – Fase 4

8.1 Planlagt arbeid

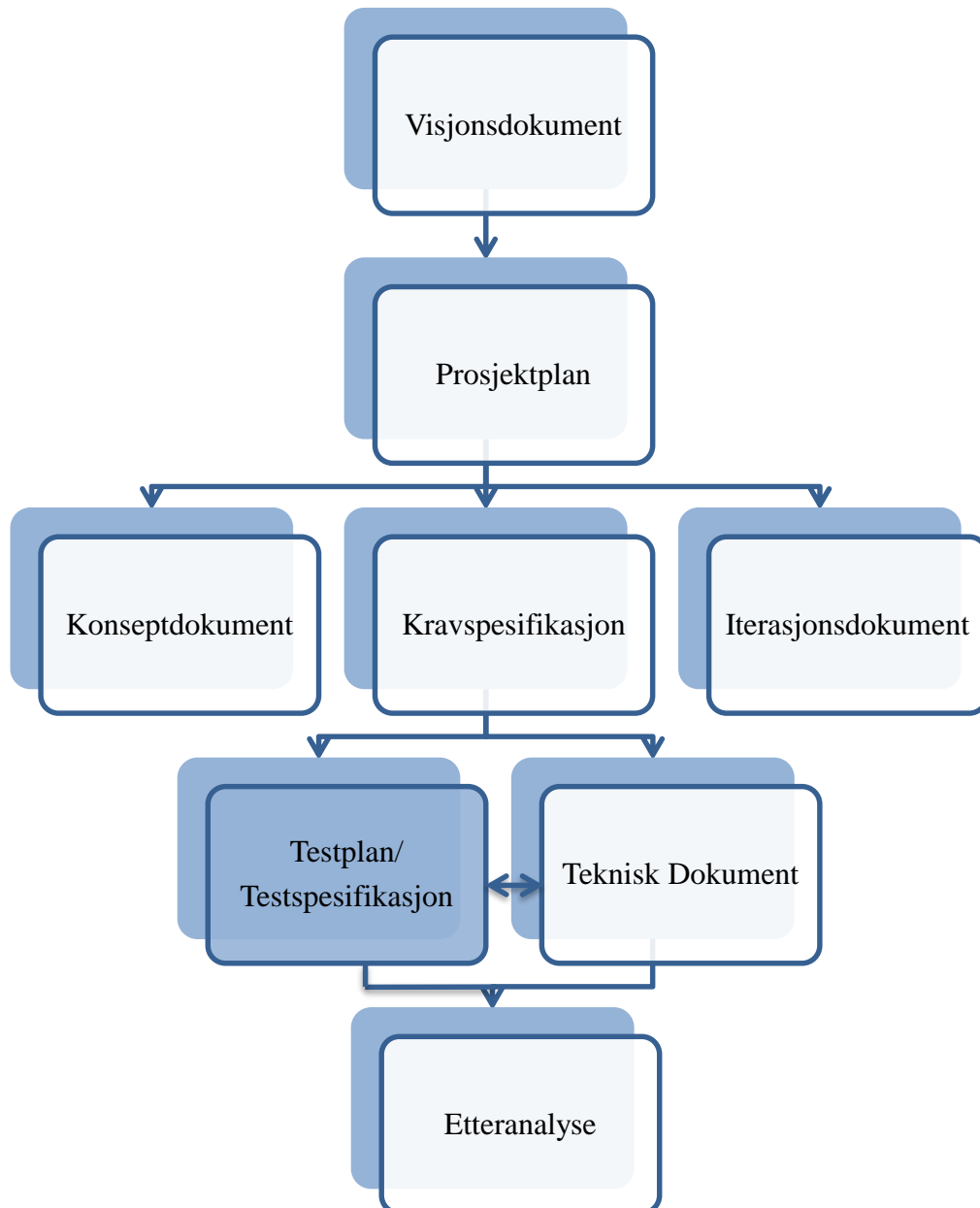
- 2D tegning.
- Utregning av moment.
- FEM analyse rapporter.
- Gjøre ferdig dokumenter:
 - Prosjektplan
 - Visjonsdokument
 - Kravspesifikasjon
 - Testspesifikasjon
 - Konseptdokument
 - Teknisk dokument
 - Etteranalyse
 - Iterasjonsdokument
- Sammensetting av dokumenter.
- Utskrift og ajourføring.

8.2 Gjennomført arbeid

Alle punkter ovenfor er gjennomført.

8.3 Konklusjon

Siste iterasjon av dette prosjektet gikk som planlagt og alle dokumenter er nå ajourført og klare til levering. Gruppen er nå klar for siste presentasjon.



Faculty of Technology and Maritime Sciences
Kongsberg Institute of Engineering



HØYSKOLEN I SØRØST-NORGE

BØYE & TORSJONS MASKIN

Fagkode: SFHO3201

År: 2016

TESTSPLAN & TESTSPESIFIKASJON v3.0

Utarbeidet ved	Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge				
Gruppe	Liridon Bicaj, Magnus Brattensborg, Jurate Schønning og Ola Marius Weum				
Dokumentutgivelse	VERSJON	UTGITT	DOKUMENT-ANSVARLIG	GODKJENT AV	SIDER
	3.0	18.05.16	LB	JS	33

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	2
Tabelliste	3
Figurliste.....	4
Dokumenthistorie	4
Relaterte dokumenter	4
Definisjoner og forkortelser	5
Sporbarhet mellom krav og test	6
1.0 Introduksjon	7
1.1 Bakgrunn for dokumentet	7
2.0 Testplan	8
2.1 Verifisering og validering	8
2.1.1 Inspeksjon	9
2.1.2 Analyse	9
2.1.3 Testing.....	10
2.1.3.1 Testing kan ha en statisk eller dynamisk karakter	11
2.1.4 Produktdemonstrasjon.....	11
2.2 Verifiseringsnivåer	11
2.2.1 Komponenttesting	12
2.2.2 Delsystem/modul-testing	12
2.2.3 Systemtesting	13
2.3 Testplanlegging	14
2.3.1 Elementer som testes.....	15
2.3.2 Dokumentasjonsprosedyre	15
3.0 Testspesifikasjon	16
3.2 Testspesifikasjon	17
4.0 Vedlegg	31
5.0 Referanser.....	32

6.0 Kilder.....	33
-----------------	----

Tabelliste

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 1: Dokumenthistorie	4
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 2: Gruppemedlemmer-initialer	5
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 3: Virksomheter	5
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 4: Forkortelser	5
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 5: Sporbarhet mellom krav og test	6
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 6: Elementer som testes	15
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 7: Testede elementer med resultat	16
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 8: Testspesifikasjon beskrivelse	17
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 9: Testspesifikasjon TKR01	18
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 10: Testspesifikasjon TKR03.1	19
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 11: Testspesifikasjon TKR03.2	20
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 12: Testspesifikasjon TKR03.3	21
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 13: Testspesifikasjon TKR05.1	22
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 14: Testspesifikasjon TKR06	23
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 15: Testspesifikasjon TKR07	24
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 16: Testspesifikasjon TKR08	25
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 17: Testspesifikasjon TKF01.1.....	26
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 18: Testspesifikasjon TKF04.....	27
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 19: Testspesifikasjon TKF05.....	28
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 20: Testspesifikasjon TKF06.....	29
Testplan/Testspesifikasjon Tabell 21: Testspesifikasjon TKM01	30

Figurliste

Testplan/Testspesifikasjon Figur 1: Modultesting av sekskantpipe, sekskantstål og prøvestykke	13
Testplan/Testspesifikasjon Figur 2: Illustrasjon av Systemtesting. Parter: Hele installasjon..	14
Testplan/Testspesifikasjon Figur 3: Dimensjon informasjon til TKR.03.2 og TKR.03.3	31

Dokumenthistorie

Versjon	Dato endret	Utarbeidet av	Godkjent av	Beskrivelse
1.0	07.02.2016	LB	MB	Opprettet dokument
2.0	14.03.2016	LB	MB	Oppdatert dokument
3.0	18.05.2016	LB	JS	Oppdatert dokument

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 1: Dokumenthistorie

Relaterte dokumenter

Liste over relaterte og refererte dokumenter:

- Kravspesifikasjon v5.0

Definisjoner og forkortelser

Navn:	Initialer:
Liridon Bicaj	LB
Magnus Brattensborg	MB
Jurate Schønning	JS
Ola Marius Weum	OMW

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 2: Gruppemedlemmer-initialer

Navn:	Forkortelse:
Høgskolen i Sør-Øst Norge	HSN

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 3: Virksomheter

Navn:	Forkortelse:
Rammekrav	KR
Funksjonelle krav	KF
Maskin- og programvarekrav	KM

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 4: Forkortelser

Sporbarhet mellom krav og test

Krav-ID	Test-ID
KR01.1	TKR01.1
KR03.1	TKR03.1
KR03.2	TKR03.2
KR03.3	TKR03.3
KR05.1	TKR05.1
KR06	TKR06
KR07	TKR07
KR08	TKR08
KF01.1	TKF01
KF04	TKF04
KF05	TKF05
KF06	TKF06
KM01	TKM01

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 5: Sporbarhet mellom krav og test

1.0 Introduksjon

1.1 Bakgrunn for dokumentet

I dette dokumentet vil utført testarbeid bli beskrevet detaljert. Dette dokumentet inneholder beskrivelser om hvordan vi skal teste produktets egenskaper. Dette i henhold til kravspesifikasjoner og planer, for når og hvordan testene skal gjennomføres.

Kravspesifikasjonen legger grunnlaget for alle testene som beskrives i tekstdokumentet.

Testmetodene relateres til kravenes ytelser. Formålet er å gi oversikt over relasjonen mellom det aktuelle kravet som skal testes, når det blir testet og hvilke testmetoder som skal benyttes for å gi en kvalifisert bedømmelse av hvorvidt kravene ivaretas.

2.0 Testplan

Dette kapittelet beskriver hvordan vi skal gå frem i testingen, og hvordan testingen foregår. Testplanen skal gi en beskrivelse over hvilke kontrollstrategier som prosjektet skal legge til grunn gjennom verifiseringsarbeidet og valideringsarbeidet. Testplanstrategien som skal brukes, brukes til å kontrollere og sikre at et produkt eller system oppfyller designspesifikasjoner og andre krav.

2.1 Verifisering og validering

Verifikasjonsfasen er en prosess som er ment for å kontrollere hvorvidt systemdesign og komponentutvikling foregår i henhold til kravspesifikasjon; altså om vi bygger produktet slik det bør være. I utviklingsfasen innebærer verifisering regelmessig gjentakelse av tester utviklet spesielt for å sikre et optimalt produkt. Gjentatte iterasjonsrunder gir oss her mulighet til både å undersøke og justere systemutviklingen, slik at vi med høy sikkerhet kan bekrefte at vi bygger et produkt i samsvar med kravspesifikasjoner, og kan ta hensyn til eventuelle nødvendige endringer.

I utbyggingsfasen innebærer verifisering utførelse av spesielle tester for å modellere eller simulere en del, eller helheten av produktet. For deretter å utføre en gjennomgang eller analyse av modelleringsresultatet. Gjennom prosjektets progresjon bør både komponenter og delsystemer testes, i den utstrekning det er mulig å gjennomføre dette på en hensiktsmessig måte. Ønsket her er tidligst mulig å avdekke feil, slik at man kan finne ut neste steg, om ikke, gå tilbake og endre. Det er flere fordeler ved å avdekke feil så tidlig som mulig. Blant annet vil feilene generelt være lettere å lokalisere samt at testene som regel kan utføres hurtigere. I tillegg vil opprettingen av feil vanligvis være langt mindre ressurskrevende, både fysisk og økonomisk. Som siste ledd i ferdigstillingen av produktet gjennomføres en systemvalidering som kontrollerer om produktet som helhet tilfredsstiller oppdragsgivers krav; altså om vi bygger riktig produkt. Det sjekkes her om systemet er i stand til å utføre de funksjonene kunden har foreskrevet, og til hvilken grad. Et alternativ her er å benytte seg av simuleringsprogrammer for å gjennomføre ulike former for verifiseringsarbeid. Fordelen med virtuelle tester sammenlignes med fysiske tester og kan avdekke designets svakheter før selve utbyggingen av produktkomponentene. Dette vil gi et godt ressursbesparende potensiale, både

i forbindelse med tid, materiell forbruk og økonomi. Bruk av simuleringsprogrammer ved produktutvikling vil gi betydelig stor økonomisk gevinst. I tillegg til simuleringsprogrammer finnes det flere metoder som kan fungere som ledd i testevalueringsarbeidet. Meningen er å gi en hensiktsmessig avklaring på begrepsbruken. Vi tar ikke for oss alle typene testing.

2.1.1 Inspeksjon

Inspeksjon er en statisk sjekk av det utførte arbeidet. Fasen omfatter en visuell undersøkelse av dokumenter, produserte komponenter og tegninger, uten bruk av avansert analyseutstyr. Denne metoden krever derfor ingen datainnsamling av ytelsesparametere, men retter seg mot direkte fysiske karakteristikker som farge, vekt og størrelse.

2.1.2 Analyse

Analyseprosessen er en teknikk for problemløsning som innebærer å dekomponere et system i sine enkelte deler for enklere å studere hvordan hvert delsystem/komponent fungerer og samhandler for å oppnå sitt mål. Altså er analyseprosessen en prosedyre for å identifisere komponentenes mål og hensikter, og lage systemer og rutiner som vil oppnå dem på en effektiv måte.

Simuleringsprogrammer, som SolidWorks Simulation (FEM analyse), vil være et viktig verktøy i denne sammenhengen. Det vil kunne bli produsert realistiske simuleringsdata, ved bruk av riktig geometri innen 3D-modellering, og riktige parametere. Det vil dermed kunne bidra til viktige opplysninger om designet, før komponentene faktisk bygges.

For vårt prosjekt vil det være essensielt å benytte simuleringsprogrammer i forbindelse med ulike belastningsanalyser som bøyning og torsjon. Det vil fungere som en rettesnor når vi sammenligner produktet med design, krav og materialvalg. Ettersom brukerne av maskinen skal sammenligne data fått fra pc-maskin med eget arbeid.

2.1.3 Testing

Systemtesting av et system blir gjennomført for å evaluere systemets samsvar med kravspesifikasjon. Betegnelsen testing er en samlebetegnelse for metoder, der man ved bruk av spesialutstyr evaluerer egenskapene til maskinen under kontrollerte forhold. Disse forholdsparameterne bør være tilsvarende de forhold som maskinen kan brukes under.

Testprosessen innebærer gjennomgang av et produkt, for å vurdere en eller flere egenskaper. Generelt skal disse egenskapene indikere hvorvidt komponenten eller systemet under test:

1. Oppfyller de krav som er gitt for design og utvikling
2. Reagerer riktig på alle typer endringer
3. Utfører sine funksjoner innenfor en akseptabel tidsramme
4. Kan kjøres i sine tiltenkte miljøer
5. Oppnår det generelle resultatet sine interessenter ønsker
6. Er tilstrekkelig brukbar

Usikkerhet knyttet til systemtestkonklusjonene vil alltid fremkomme i større eller mindre grad. Det benyttes testmarginer som innebærer kontroll av kravbestemmelse i størrelsesorden 10-50 %, avhengig av hvor man befinner seg i utviklingsfasen. Desto lavere systemnivå testingen befinner seg på, desto høyere er den korresponderende usikkerheten, og som en følge blir også testmarginene høyere.

2.1.3.1 Testing kan ha en statisk eller dynamisk karakter

Vi definerer en test, som statisk dersom den utføres på et system som ikke er i drift. Dette innebærer at statisk testing stort sett kan gjennomføres i alle fasene av prosjektet.

Alternativt er testen dynamisk, altså hvis testen utføres på systemet mens det er i drift.

Dynamisk testing må settes på vent til enten prototype eller en førsteversjon av systemet er ferdigprodusert.

Maskinens ramme skal bli testet for å undersøke om rammen er robust nok. Rammeverket må ikke bli påført så store krefter at plastisk deformasjon eller destruktivitet oppstår. Videre skal komposittprøvestavene skal bli utsatt for destruktiv testing. Metallprøvestykkene vil kun bli påført så store krefter at kun elastisk deformasjon oppstår.

For de tekniske undersøkelsene er sikkerhet selvsagt et viktig aspekt, men mange testmetoder er spesielt utsatt for risiko. Dette som en direkte følge av maskinens metodiske karakter.

Spesielt gjelder dette ved bruk av tester der store krefter oppstår.

2.1.4 Produktdemonstrasjon

Demonstrasjonsprosessen viser om det er samsvar mellom spesifikasjonskravene og den operative funksjonaliteten ved konkrete aspekter av systemet. Metoden avhenger av observasjon, og det er ikke nødvendig med noen form for testutstyr eller påfølgende dataevaluering.

2.2 Verifiseringsnivåer

Hver del innen det komplette systemet skal verifiseres. Fra verifisering av delsystemer/undersystemer til det fullstendige systemet. Dette danner grunnlaget for den korresponderende inndeling av testregimet under verifiseringsarbeidet.

Inndelingen av testregimet kalles verifiseringsnivåer.

FEM analyser har vært en viktig del i vårt prosjekt. Dette ettersom FEM analyser har gitt oss muligheten til å kunne gjennomføre tester digitalt, uten først å måtte produsere en prototype.

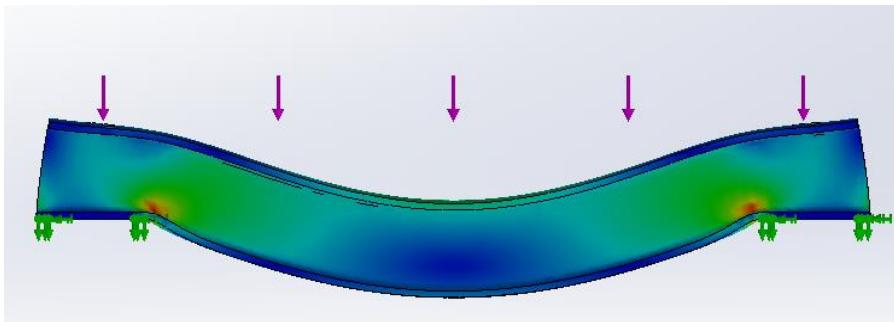
På grunn av prosjektets begrensede tidsrådighet har det vært fordelaktig for oss å kunne utføre tester ved hjelp av FEM analyse.

2.2.1 Komponenttesting

Komponenttesting innebærer testing av de minste testbare enhetene i et system. Hver av komponentene har som regel kun en spesifikk funksjon, og disse vil bli testet isolert fra resten av systemet.

I denne fasen kan også en helhetlig funksjon, et individuelt program (i vårt tilfelle programmet vi bruker for å angi kreftene på prøvestykkene) eller til og med en prosedyre (i vårt tilfelle: bøyning, torsjon) betraktes som en enhet/komponent. Alle disse enhetene vil bli testet i dette steget.

I vårt tilfelle har vi gjennomført komponenttesting for mindre parter som skal settes sammen til en sub-assembly. Skruer, bolter osv. Der sub-assembly skal brukes i delsystem/modul-testing.



Figur x: Eksempel på Komponenttesting. Parter: I-bjelke.

2.2.2 Delsystem/modul-testing

Modul testing dreier seg om testing av selv de minste komponentene som har sine egne eksisterende spesifikasjoner. Denne typen testing har til hensikt å finne eventuelle feil i interaksjonen mellom nyintegrerte og øvrige komponenter i et allerede eksisterende system eller delsystem. Med andre ord så vil man teste samspillet mellom enhetene i et system, og verifisere at dem fungerer som de skal i forhold til hverandre. Når man vil finne ut hvor effektivt det integrerte systemet er, så er slik testing fordelaktig.

Dersom man ikke innfører en prosess av denne typen, vil det føre til fravær av nyttige rettelser, som igjen kan føre til en forverret funksjonalitet, uansett hvor effektiv hver enhet er når de kjører hver for seg.



Testplan/Testspesifikasjon Figur 1: Modultesting av sekskantpipe, sekskantstål og prøvestykke

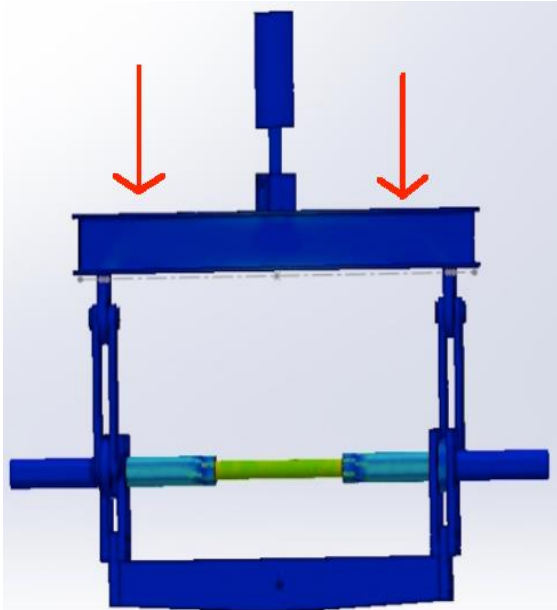
I vårt tilfelle har modul-testing bestått av at vi har satt opp en test i FEM analyse for alle sub-assembly som skal brukes i systemtestingen. Modul-testing er gjort slik at vi får en bedre forståelse over sub-systemets funksjon samt at vi får vite hvor de forskjellige kreftene virker. Vi har satt opp modul-testing for alle sub-systemer, men valgt å bare gi eksempel på et sub-system.

Resultatet fra sub-assembly analyseres med hensyn på hvor de forskjellige kreftene virker og hvor store de er. Videre blir kreftene tatt med i betraktning når sub-assembly blir ført inn i systemtestingen.

2.2.3 Systemtesting

I systemtesting-prosessen blir systemet testet som en helhet med alle de eksisterende funksjonene. Dette betegnes som alfa-testing; siste stadiet med testing før systemet er ferdig til drift. Målet med testen er å få en endelig bekreftelse på at produktet fungerer i henhold til samtlige systemkrav.

For utdypende beskrivelse se teknisk dokument kapittel 4.6 Resultater. Der ble installasjonen testet som en helhet, og FEM analyse rapport skrevet.



Testplan/Testspesifikasjon Figur 2: Illustrasjon av Systemtesting. Parter: Hele installasjon

2.3 Testplanlegging

Vår oppgave innebærer mye konstruksjon, og vi har hverken tilstrekkelig med tid eller arbeidsressurser slik at vi har mulighet til å lage dummy-modeller. En dummy modell er en forenklet modell av selve produktkonstruksjonen, som det er meningen å utføre systemtester på. Siden vår oppgave har mange komponenter som skal konstrueres, blir det ikke mulig å lage en dummy-modell av enhver av komponentene. Dette siden vi kun har en tidsramme på ett semester. Vi velger derfor å ta i bruk «bottom-up» - prinsippet som generell teststrategi.

I bottom-up strategien starter vi med testing av de minste komponentene et system er bygget opp av, og utfører test for dem. Disse komponentene slår vi sammen for å få større systemer, som vi også tester, for til slutt å ende opp med et fullt integrert system. For relativt uerfarne prosjektdeltakere, som vi faktisk er, anser vi denne tilnærmingen som gunstig, da man lettere kan få oversikt over relasjoner ved å først gå løs på enklere sub-systemer før disse kombineres til mer komplekse del-systemer. Denne fremgangsmåten vil være tidsbesparende for oss under konstruksjonsprosessen.

2.3.1 Elementer som testes

Følgende vil vi presentere en liste over de komponentene av systemet som skal være gjenstand for testing, og hvilken test-ID som knytter seg til disse. Denne listen komplementeres når de forskjellige delkomponentene er valgt.

Element	Test-ID
Vridemekanisme	VTK
Bøyemekanisme	BTK
Hele system	TK System test

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 6: Elementer som testes

2.3.2 Dokumentasjonsprosedyre

Testbeskrivelsene våre er satt opp sånn at de viser hvorvidt en test er gjennomført, hvem som har gjennomført testen, og resultatet som fremkommer. Det er laget en test til hver av kravene. Dette for å se om vi har utviklet et fungerende system, som fungerer tilfredsstillende.

2.4 Feilhåndtering

Dersom verifiseringsarbeidet finner en feil skal disse håndteres på en systematisk måte. I vårt tilfelle innebærer dette at feilretting gjøres gruppevis, i henhold til bottom-up teststrategien som vi har brukt. Meningen er her at feilhåndteringsarbeidet blir mest effektivt dersom samtlige feil blir funnet i en modul, før man begynner å rette feilene. Etter hvert som man finner en feil, skal hver feil dokumenteres i en feilrapport, med beskrivelse av hva feilen omfatter, hvordan den oppstod og hvem av gruppemedlemmene som oppdaget den.

Ukontrollerte rettelser, vil mest sannsynlig føre til en uoversiktlig opphoping av stadig flere feilrelasjoner. Derfor er det viktig å ta hensyn til alle berørte delsystemer og grensesnitt, ved feilhåndtering. Dette innebærer at alle rettinger må ha en helhetlig innpassingsstrategi, en plan på hvordan man vil utføre rettelsen før man begynner prosessen. Retter man opp et sub-system uten å tenke på at sub-systemet er en del av et større system, vil det kunne gi utilsiktet endring av funksjonaliteten av det komplette systemet.

3.0 Testspesifikasjon

Testspesifikasjon gir en detaljert oversikt over hvilke scenarier som vil bli testet, hvordan de vil bli testet og hvor ofte de vil bli testet. Hvert krav i kravspesifikasjonen vil bli testet, derfor refererer testspesifikasjonen spesifikt til kravspesifikasjonen.

Testspesifikasjonsprosessen betraktes derfor som et innledende, og essensielt ledd i kontrollprosessen, og bidrar til at vi faktisk lager det produktet som oppdragsgiver ønsker. Det er derfor viktig å fokusere på denne fasen.

Kravformuleringen er gjort sånn at der er satt en «T» (for Test), foran hvert av kravene. F.eks. krav KR01 testes TKR01. Slik blir det en tydelig relasjon mellom test og krav, og dette gir indikasjon på god presisjon, og kvalitet til kravbeskrivelse. Dette er fordelaktig dersom det er nødvendig å endre på kravene, ettersom de korresponderende testene må vurderes på nytt når kravene blir endret. På denne måten kan vi hindre at uhensiktsmessige innvirkninger oppstår i relasjonen mellom krav og test.

3.1 Elementer som skal testes med resultat

Element	Test-ID	Resultat	Dato
Vridemekanisme	VTK	Godkjent	18.05.2016
Bøyemekanisme	BTK	Ikke utført	18.05.2016
Hele system	TK System test	Godkjent	18.05.2016

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 7: Testede elementer med resultat

3.2 Testspesifikasjon

Test-ID	Test-type	Korresponderende krav-ID	Prioritet	Opprinnelsesdato
Kode	Statisk eller Dynamisk	Koden til kravet som skal verifiseres	Prioritering av test fra A-C	Når testspesifiseringen ble opprettet
Kravbeskrivelse	Beskrivelse av kravet som skal testes			
Testbeskrivelse	Beskrivelse av testen; hva som blir testet og hvordan			
Ressurser	Verktøy som blir brukt i forbindelse med testen			
Godkjenningskriterium	Hva må til for at testen blir godkjent			
Utført dato	Dato på siste dagen testen ble utført			
Resultat	Godkjent eller ikke godkjent i henhold til godkjenningskriteriet			
Testes av	Navn på personen som er ansvarlig for testgjennomførelsen			
Godkjent av	Kontroll av annet gruppelem enn ansvarlig testperson			

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 8: Testspesifikasjon beskrivelse

Test-ID	Test-type	Korresponderende krav-ID	Prioritet	Opprinnelsesdato
TKR01	Dynamisk	KR01	A	02.02.2015
Kravbeskrivelse	Maskin skal ved bruk av et måleverktøy, både måle spenning ved bøying og torsjon			
Testbeskrivelse	Demonstrasjon av måleevne i form av spenning ved bøying og torsjon til prototype			
Ressurser	BTM maskin			
Godkjenningskriterium	Prototypen skal klare å måle spenning ved bøying og torsjon av prøvestav, og hente ut verdier			
Utført dato	11.05.2016			
Resultat	Ikke godkjent. Installasjon ble mot slutten av prosjektet modellert slik at den skulle kun måle spenning for torsjon			
Testet av	LB			
Godkjent av	MB			

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 9: Testspesifikasjon TKR01

Test-ID	Test-type	Korresponderende krav-ID	Prioritet	Opprinnelsesdato
TKR03.1	Statisk	KR03.1	A	02.02.2015
Kravbeskrivelse	Maskinen skal være en flyttbar installasjon eller ha en maksimal vekt på 40 kg			
Testbeskrivelse	Demonstrasjon av maskinens vekt, skal måles lik eller under 40 kg. Demonstrasjon av tralle			
Ressurser	Vekt, tralle			
Godkjenningskriterium	Maskinen overstiger ikke 40 kg, den lar seg flytte med tralle			
Utført dato	11.05.2016			
Resultat	<p>Godkjent. Installasjon veier 9156,47g.</p> <p>Hver enkelt part er monterbar, slik at de kan monteres og demonteres</p>			
Testet av	LB			
Godkjent av	MB			

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 10: Testspesifikasjon TKR03.1

Test-ID	Test-type	Korresponderende krav-ID	Prioritet	Opprinnelsesdato
TKR03.2	Statisk	KR03.2	A	02.02.2015
Kravbeskrivelse	Maskinen skal ha en maksimal lengde på 1200 mm			
Testbeskrivelse	Demonstrasjon av maskinens lengde, skal måles lik 1200 mm.			
Ressurser	Måleverktøy			
Godkjenningskriterium	Lengde er maksimalt 1200 mm			
Utført dato	11.05.2016			
Resultat	Godkjent. Maksimal lengde er 840 mm			
Testes av	LB			
Godkjent av	MB			

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 11:Testspesifikasjon TKR03.2

Test-ID	Test-type	Korresponderende krav-ID	Prioritet	Opprinnelsesdato
TKR03.3	Statisk	KR03.3	A	02.02.2015
Kravbeskrivelse	Maskinen skal ha et maksimalt tverrsnitt på 600 mm x 600 mm			
Testbeskrivelse	Demonstrasjon av maskinens tverrsnitt, skal måles lik 600 mm x 600 mm			
Ressurser	Måleverktøy			
Godkjenningskriterium	Tverrsnitt lik 600 mm x 600 mm			
Utført dato	11.05.2016			
Resultat	Godkjent. Tverrsnitt lik 382 mm x 535 mm			
Testes av	LB			
Godkjent av	MB			

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 12: Testspesifikasjon TKR03.3

Test-ID	Test-type	Korresponderende krav-ID	Prioritet	Opprinnelsesdato
TKR05.1	Statisk	KR05.1	A	02.02.2015
Kravbeskrivelse	Slitasjedeler skal være enkelt å bytte ut			
Testbeskrivelse	Demonstrasjon av maskindelenes utbyttingsmekanisme			
Ressurser	Ekstra deler til maskin			
Godkjenningskriterium	Vedlikeholdsdeler skal enkelt kunne monteres og demonteres			
Utført dato	11.05.2016			
Resultat	Godkjent. Rotasjonsdeler er utskiftbare: <ul style="list-style-type: none"> • heksagonal stang kan byttes ut • pipe socket kan byttes ut • prøvestang kan byttes ut 			
Testes av	LB			
Godkjent av	MB			

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 13: Testspesifikasjon TKR05.1

Test-ID	Test-type	Korresponderende krav-ID	Prioritet	Opprinnelsesdato
TKR06	Dynamisk	KR06	A	02.02.2015
Kravbeskrivelse	Maskinen skal kunne teste ulike metaller og kompositter			
Testbeskrivelse	Demonstrasjon av maskinens dynamiske evner			
Ressurser	Prøvestav, strekkklapp			
Godkjenningskriterium	Uthentet data skal stemme overens med utregnet data			
Utført dato	11.05.2016			
Resultat	Godkjent. Installasjonen kan demonstrere alle typer metaller og kompositter med strekkklapp, så lenge dimensjonen til materialet som skal testes er i samsvarer med prøvestykkets dimensjon			
Testes av	LB			
Godkjent av	MB			

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 14: Testspesifikasjon TKR06

Test-ID	Test-type	Korresponderende krav-ID	Prioritet	Opprinnelsesdato
TKR07	Dynamisk	KR07	A	02.02.2015
Kravbeskrivelse	Det skal også være mulig å måle vridningsvinkel og bøyeveinkel under testing			
Testbeskrivelse	Demonstrasjon av maskinens målingsevne når det gjelder vridning og bøying			
Ressurser	BTM maskin			
Godkjenningskriterium	Uthentet vinkeldata skal stemme overens med utregnet data			
Utført dato	Ikke utført			
Resultat				
Testes av				
Godkjent av				

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 15: Testspesifikasjon TKR07

Test-ID	Test-type	Korresponderende krav-ID	Prioritet	Opprinnelsesdato
TKR08	Statisk	KR08	A	02.02.2015
Kravbeskrivelse	Det skal være mulig å ha utskiftbare munnstykker			
Testbeskrivelse	Demonstrasjon av munnstykkets utbyttingsmekanisme			
Ressurser	Munnstykke, BTM maskin			
Godkjenningskriterium	Munnstykke på maskin skal kunne byttes			
Utført dato	11.05.2016			
Resultat	Godkjent. Socket piper er utskiftbare			
Testes av	LB			
Godkjent av	MB			

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 16: Testspesifikasjon TKR08

Test-ID	Test-type	Korresponderende krav-ID	Prioritet	Opprinnelsesdato
TKF01.1	Dynamisk	KF01.1	A	02.02.2015
Kravbeskrivelse	Man skal kunne angi belastningene som påføres prøvestykket			
Testbeskrivelse	Demonstrasjon av data-uthenting			
Ressurser	Digitalt utstyr (datamaskin), BTM maskin			
Godkjenningskriterium	Godkjent. Data skal kunne hentes ut. Data skal stemme overens med utregning			
Utført dato	Ikke utført			
Resultat				
Testes av				
Godkjent av				

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 17: Testspesifikasjon TKF01.1

Test-ID	Test-type	Korresponderende krav-ID	Prioritet	Opprinnelsesdato
KF04	Dynamisk	TKF04	B	02.02.2015
Kravbeskrivelse	Maskinen skal være brukervennlig, kan brukes etter kort innføring			
Testbeskrivelse	Demonstrasjon av brukervennlighet: Gir 4 pers brukermanual, etterfulgt av inspeksjon på hvordan de klarer seg			
Ressurser	Test-kandidater, Digital utstyr (datamaskin), BTM maskin			
Godkjenningskriterium	Test-kandidatene skal kunne klare å bruke BTM maskinen etter kort opplæring			
Utført dato	Ikke utført			
Resultat				
Testes av				
Godkjent av				

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 18: Testspesifikasjon TKF04

Test-ID	Test-type	Korresponderende krav-ID	Prioritet	Opprinnelsesdato
TKF05	Statisk	KF05	A	02.02.2015
Kravbeskrivelse	Maskinen skal kunne feste sirkulære prøvestykker			
Testbeskrivelse	Demonstrasjon av munnstykke-festingsmekanisme for sirkulære prøvestykker			
Ressurser	Sirkulære prøvestykker, BTM maskin			
Godkjenningskriterium	De sirkulære prøvestykkene skal kunne festes på maskinen			
Utført dato	11.05.2016			
Resultat	Godkjent			
Testes av	LB			
Godkjent av	MB			

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 19: Testspesifikasjon TKF05

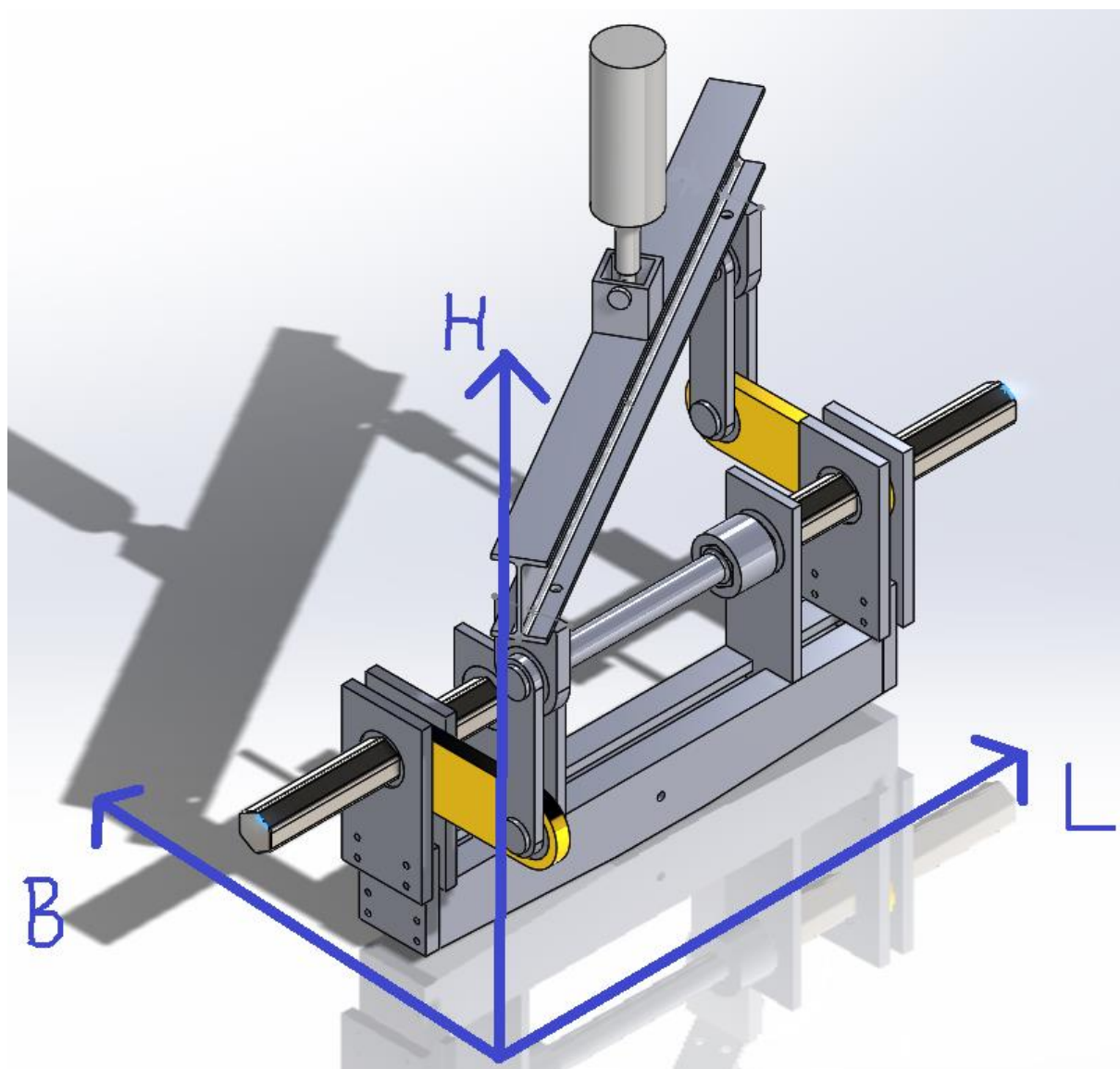
Test-ID	Test-type	Korresponderende krav-ID	Prioritet	Opprinnelsesdato
TKF06	Statisk	KF06	A	02.02.2015
Kravbeskrivelse	Maskinen skal kunne feste firkantede prøvestykker			
Testbeskrivelse	Demonstrasjon av munnstykke-festingsmekanisme for firkantede prøvestykker			
Ressurser	Firkantede prøvestykker, BTM maskin			
Godkjenningskriterium	De firkantede prøvestykkene skal kunne festes på maskinen			
Utført dato	Ikke utført. Demonstrasjon av bøyemekanisme vil ikke bli utført på firkantede prøvestykker			
Resultat				
Testes av				
Godkjent av				

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 20: Testspesifikasjon TKF06

Test-ID	Test-type	Korresponderende krav-ID	Prioritet	Opprinnelsesdato
TKM01	Dynamisk	KM01	A	02.02.2015
Kravbeskrivelse	Kraften maskinen påfører testobjektet skal være målbar			
Testbeskrivelse	Demonstrasjon av det digitale utstyret			
Ressurser	Digitalt utstyr (datamaskin), BTM maskin			
Godkjenningskriterium	Det digitale utstyret skal kunne hente ut nøyaktige målinger			
Utført dato	Ikke utført			
Resultat				
Testes av				
Godkjent av				

Testplan/Testspesifikasjon Tabell 21: Testspesifikasjon TKM01

4.0 Vedlegg



Testplan/Testspesifikasjon Figur 3: Dimensjon informasjon til TKR.03.2 og TKR.03.3

5.0 Referanser

Referanse til teknisk dokument:

- 4.6 Resultater

6.0 Kilder

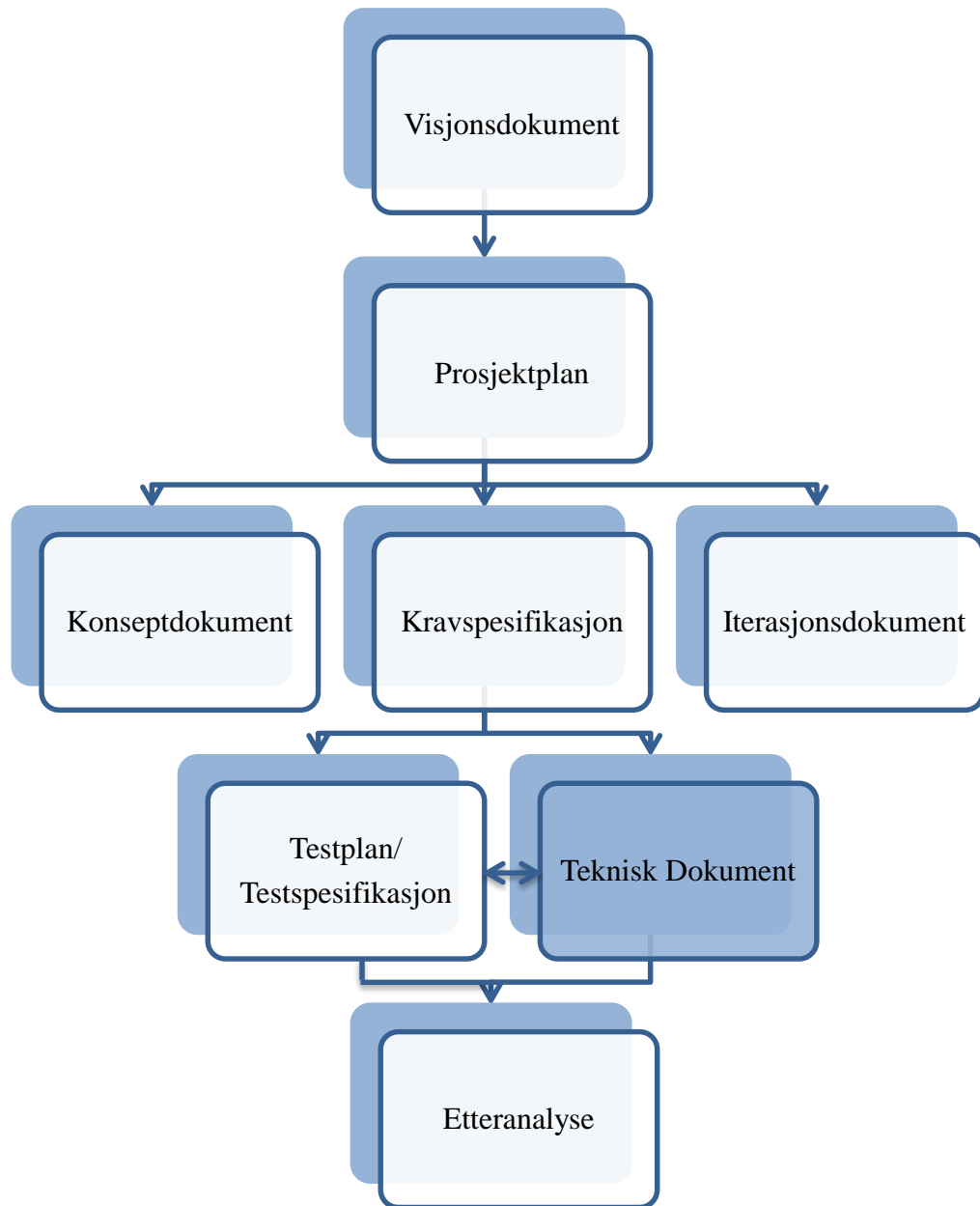
Strøm T, Graven O. H. Prosjekthåndbok. v2016. Kongsberg institutt for ingeniørfag (HBV)

Shamieh C. Systems engineering for dummies. Wiley Publishing. 2011

- http://coevolving.com/transfer/201107_SysEng/SysEngForDummies_9781118100738.pdf

Verification and validation Wikipedia:

- https://en.wikipedia.org/wiki/Verification_and_validation



Faculty of Technology and Maritime Sciences
Kongsberg Institute of Engineering



HØYSKOLEN I SØRØST-NORGE

BØYE & TORSJONS MASKIN

Fagkode: SFHO3201

År: 2016

TEKNISK DOKUMENT v2.0

Utarbeidet ved	Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge				
Gruppe	Ola Marius Weum, Jurate Schønning, Liridon Bicaaj og Magnus Brattensborg				
Dokumenutgivelse	Versjon	Utgitt	Dokument-ansvarlig	Godkjent av	Sider
	2.0	20.05.16	MB	JS	77

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	2
Tabelliste	4
Figurliste.....	5
Dokumenthistorie	7
1.0 Innledning.....	8
1.1 Oppgavens problemstilling	8
2.0 Lloyd LR10K Instrument Strekkmaskin	9
2.1 Strekkmaskinens funksjoner	9
2.2 Tekniske spesifikasjoner LR 10K.....	9
2.2.1 Størrelse	10
2.2.2 Vekt.....	10
2.2.3.....	10
2.2.4 Bilde av HSN sin strekkmaskin	10
3.0 Designbeskrivelse.....	12
3.1 Design	12
3.1.1 Øvre monteringsfeste	13
3.1.2 Nedre monteringsfeste	14
3.1.3 Horisontal/vertikal arm	15
3.2 Konstruksjonens funksjon	17
4.0 FEM analyse.....	19
4.3 Laster	20
4.3.1 Statisk last	20
4.4 Låsinger	21
4.5 Mesh	22
4.6 Resultater	25
4.6.1 Spenninger	25
4.6.2 Deformasjoner.....	28
4.7 Konklusjon.....	28

5.0 2D-tegning.....	29
5.1 Toleranser	30
5.2 Tegninger.....	31
6.0 Materialvalg	32
6.1 Utvelgelsesprosess.....	32
6.1.1 Pris	32
6.1.2 Tilgjengelighet	32
6.1.3 Tilvirkningsgrad og bearbeidelse.....	32
6.1.4 Styrke	33
6.1.5 Hardhet.....	33
6.2 Materialbeskrivelse.....	33
6.2.1 Sekskantstål.....	33
6.2.2 I-bjelke	34
6.2.3 Varmvalset stålplate.....	34
6.2.4 Firkantstål	35
6.3 Inventarliste	36
7.0 Måling ved hjelp av strekkklapper	37
7.1 Teori.....	37
7.1.1 Målebro	38
7.1.2 Måleforsterker.....	40
7.1.3 Temperaturpåvirkning.....	40
7.2 Kobling av strekkklapp til målebro	40
7.2.1 Kwartbro	41
7.2.2 Halvbro	41
7.2.3 Fullbro.....	42
7.2.4 Måleoppsett ved måling av torsjon	43
7.2.4 Brukervennlighet og robusthet.....	44
7.2.5 Valg av strekkklapp og tilleggsutstyr.....	45
7.3 Komponentvalg og komponentoppkobling	46
7.3.1 Prinsippskisse for oppkobling.....	46
7.3.2 Anvente komponenter	47
7.3.2 Oppkobling	49

7.3.3 Alternativ oppkobling	51
7.4 Strekkklapp brukermanual.....	52
7.4.1 Strekkklapp liming prosedyre	52
8.0 Referanser.....	58
9.0 Vedlegg	59
9.1 Vedlegg: 2D-tegning 6-kt Pipe	60
9.2 Vedlegg: 2D-tegning prøvestav	61
9.3 Vedlegg: 2D-tegning sekskantstål	62
9.4 Vedlegg: 2D-tegning IPE80-bjelke	63
9.5 Vedlegg: 2D-tegning vertikal arm	64
9.6 Vedlegg: 2D-tegning roterende arm	65
9.7 Vedlegg: 2D-tegning toppfeste.....	66
9.8 Vedlegg: 2D-tegning plate for bunnfeste	67
9.9 Vedlegg: 2D-tegning indre plate for feste til bunn.....	68
9.10 Vedlegg: 2D-tegning plate for toppfeste	69
9.11 Vedlegg: 2D-tegning underdel	70
9.12 Vedlegg: 2D-tegning sammensetning av modell 1.....	71
9.13 Vedlegg: 2D-tegning sammensetning av modell 2.....	72
9.14 Vedlegg: 2D-tegning T-sporholder	73
9.15 Vedlegg: Tilbud fra Smith Stål AS.....	74
9.16 Vedlegg: Tilbud fra HBM	75

Tabelliste

Teknisk Dokument Tabell 1: Dokumenthistorie	7
Teknisk Dokument Tabell 2: Teknisk spesifikasjon	9
Teknisk Dokument Tabell 3: Størrelse.....	10
Teknisk Dokument Tabell 4: Vekt	10
Teknisk Dokument Tabell 5: Oppbevaring	10
Teknisk Dokument Tabell 6: Inventarliste	36
Teknisk Dokument Tabell 7: Vedlegg	59

Figurliste

Teknisk Dokument Figur 1: Lloyd Instrument LR10K	11
Teknisk Dokument Figur 2: Torsjonskonstruksjon.....	12
Teknisk Dokument Figur 3: Øvre monteringsfeste.....	13
Teknisk Dokument Figur 4: Nedre monteringsfeste	14
Teknisk Dokument Figur 5: Horisontal arm	15
Teknisk Dokument Figur 6: Vertikal arm	15
Teknisk Dokument Figur 7: Sekskantpipe	16
Teknisk Dokument Figur 8: Prøvestav.....	16
Teknisk Dokument Figur 9: Kraft & torsjonsmoment	17
Teknisk Dokument Figur 10: Vertikal og horisontal arm	18
Teknisk Dokument Figur 11: Momentforandring som funksjon av lengdeforandring	18
Teknisk Dokument Figur 12: Last	21
Teknisk Dokument Figur 13: Låsing	22
Teknisk Dokument Figur 14: Mesh	23
Teknisk Dokument Figur 15: Mesh detaljer	24
Teknisk Dokument Figur 16: Mesh control	25
Teknisk Dokument Figur 17: Stress.....	26
Teknisk Dokument Figur 18: Stress – Nærbilde	27
Teknisk Dokument Figur 19: Displacement	28
Teknisk Dokument Figur 20: Toleranser	30
Teknisk Dokument Figur 21: Sekskantstål	34
Teknisk Dokument Figur 22: I-bjelke	34
Teknisk Dokument Figur 23: Stålplate	35
Teknisk Dokument Figur 24: Firkantstål	35
Teknisk Dokument Figur 25: Strekkklapp tilkoblet til en målebro	39
Teknisk Dokument Figur 26: 2 strekkklapper i en målebro.....	39
Teknisk Dokument Figur 27: Plassering av strekkklapper på halvbro med motsatt tøyning.....	40
Teknisk Dokument Figur 28: Prinsippskisse for en kvartbro	41
Teknisk Dokument Figur 29: Strekkklapp på prøvestykke.....	42
Teknisk Dokument Figur 30: Posisjon av strekkklapper i halvbro med motsatt tøyning	42

Teknisk Dokument Figur 31: Strekkklabb på prøvestykke.....	43
Teknisk Dokument Figur 32: Strekkklapper i fullbro	43
Teknisk Dokument Figur 33: Plassering av strekkklabb på prøvestykke	44
Teknisk Dokument Figur 34: Strekkklabb på prøvestykke.....	44
Teknisk Dokument Figur 35: Strekkklapper i fullbro	44
Teknisk Dokument Figur 36: Doble halvbro-strekkklapp; 1-DY41-3/350.....	45
Teknisk Dokument Figur 37: Torsjons-strekkklappen; 1-XY41-3/120	45
Teknisk Dokument Figur 38: Prinsippskisse for oppkobling.....	46
Teknisk Dokument Figur 39: Instrumenterings forsterker; AD623	47
Teknisk Dokument Figur 40: Motstand -100 Ω	47
Teknisk Dokument Figur 41: Instrument koblingsledninger; 50cm lengde.....	47
Teknisk Dokument Figur 42: Koblingsledninger for terminalbrett; 45 mm til 120mm	48
Teknisk Dokument Figur 43: Multimeter; Appa 69.....	48
Teknisk Dokument Figur 44: Spenningsforsyning; Netzgerät EA-3001	48
Teknisk Dokument Figur 45: Terminalbrett; Project Boards K&H model GL-36	49
Teknisk Dokument Figur 46: Nærbilde oppkoblet instrumenterings forsterker	49
Teknisk Dokument Figur 47: Oppkobling strekkklapp i fullbro tilkoblet instrumenterings forsterker og voltmeter	50
Teknisk Dokument Figur 48: Fabrikkmontert kretskort med strekkklapp.....	51
Teknisk Dokument Figur 49: Eksempel på strekkklapp	52
Teknisk Dokument Figur 50: Puss området der strekkklappen skal monteres	53
Teknisk Dokument Figur 51: Påføring av lim	54
Teknisk Dokument Figur 52: Plassering av streklapp	55
Teknisk Dokument Figur 53: Press strekkklappen fast.....	56
Teknisk Dokument Figur 54: Tilkobling av strekkklappen	57

Dokumenthistorie

Versjon	Dato endret	Utarbeidet av	Godkjent av	Beskrivelse
1.0	10.03.2016	MB	LB	Opprettet dokument: Kapittel 1,3,4,5,8,9
1.0	14.03.2016	JS	LB	Oppdatering av dokument: Kapittel 7 Streklappteori
1.0	14.03.2016	OMW	LB	Oppdatering av dokument: Kapittel 2 Lloyd Instrument
2.0	22.04.2016	MB	OMW	Oppdatert dokument: Kapittel 6 Materialvalg, Kapittel 3 Designbeskrivelse
2.0	15.05.2016	MB	OMW	Oppdatert dokument: Kapittel 4 FEM rapport
2.0	19.05.2016	OMW, MB, JS	JS	Oppdatert dokument: Kapittel 5 2D Generell oppdatering av dokument

Teknisk Dokument Tabell 1: Dokumenthistorie

1.0 Innledning

I denne rapporten dokumenteres installasjonens design og valg av materialer i de ulike komponentene. Vurderinger, ideer, utvikling og løsninger til den mekaniske delen av prosjektet vil bli presentert detaljert og oversiktlig. Dokumentet vil også ta for seg teknisk informasjon vedrørende valgt måleverktøy for måling av spenninger prøvestykkene blir utsatt for. I tillegg legger vi ved noen tekniske spesifikasjoner angående strekkmaskinen som skal anvendes i dette prosjektet.

1.1 Oppgavens problemstilling

Oppgaven har endret seg noe etter prosjektets start. Vi skal nå lage en installasjon som kan monteres på skolens allerede eksisterende strekkmaskin fra Lloyd Instruments inc. Denne maskinen har flere funksjoner innenfor strekk- og presstesting, men kan ikke for torsjon. Prosjektet vil da handle om å utvikle en anordning som endrer påført kraft til torsjon, i tillegg skal vi produsere forskjellige festemetoder slik at ulike prøvestykker kan testes. Anordningen skal være lett å montere, samtidig som den må tåle de påførte belastningene fra strekkmaskinen.

For at produksjonen av denne anordningen skal la seg gjennomføre er det svært viktig med en god konstruksjon, riktig valg av materiale og komponenter. Vi må også tenke på vekt da den skal være flyttbar og gjerne monteres og brukes av en person. Dette dokumentet er derfor opprettet for å gi et godt produksjonsunderlag til prosjektet.

2.0 Lloyd LR10K Instrument Strekkmaskin

Vi har i dag muligheten til å bruke Lloyd LR10K strekkmaskin som står på skolens laboratorium. Vi har i samråd med veileder og oppdragsgiver bestemt oss for å bruke denne som et hjelpemiddel til vår oppgave. Grunnen til dette er at vi slipper å se på dyrt sensorutstyr og andre motortyper slik at oppgaven nå blir rent mekanisk. Nedenfor ligger en beskrivelse av maskinens funksjoner og spesifikasjoner.

2.1 Strekkmaskinens funksjoner

- Angi en indirekte eller direkte kraft med et intervall mellom 0 - 10000 N
- Angi lengde på et intervall mellom 0 - 10000mm
- Angi strekkraften målt i mm/min med et intervall mellom 1 - 500 mm/min.

Vi blir nødt til å gjøre noen beregninger når det kommer til alle funksjonene strekkmaskinen kan utføre, slik at vi finner den faktiske kraften, vridningen, bøyingen, bøyefarten og vridningshastigheten som blir påført et prøveobjekt.

2.2 Tekniske spesifikasjoner LR 10K

Beskrivelse:	Verdi:
Maksimum kraft:	10 kN
Kraftfordelingen:	0.1 – 10 kN
Kraft nøyaktighet:	< 0.5%
Maksimum bredde mellom vertikale søyler:	404 mm
Maksimum vertikal strekk/presslengde:	975 mm

Teknisk Dokument Tabell 2: Teknisk spesifisering

Tabell 2: Teknisk spesifisering

2.2.1 Størrelse

Beskrivelse	Mål
Høyde:	1565 mm
Dybde:	482 mm
Bredde:	797 mm

Teknisk Dokument Tabell 3: Størrelse

2.2.2 Vekt

Beskrivelse	Mål
Vekt:	99 kg

Teknisk Dokument Tabell 4: Vekt

2.2.3 Oppbevaring

Beskrivelse	Mål
Oppbevaringstemperatur:	Fra 20 °C til 55 °C
Arbeidstemperatur:	Fra 5 °C til 30 °C

Teknisk Dokument Tabell 5: Oppbevaring

2.2.4 Bilde av HSN sin strekkmaskin

Nedenfor vises et bilde av strekkmaskinen slik den ser ut i dag, uten mulighet for gjennomføring av torsjonstesting.



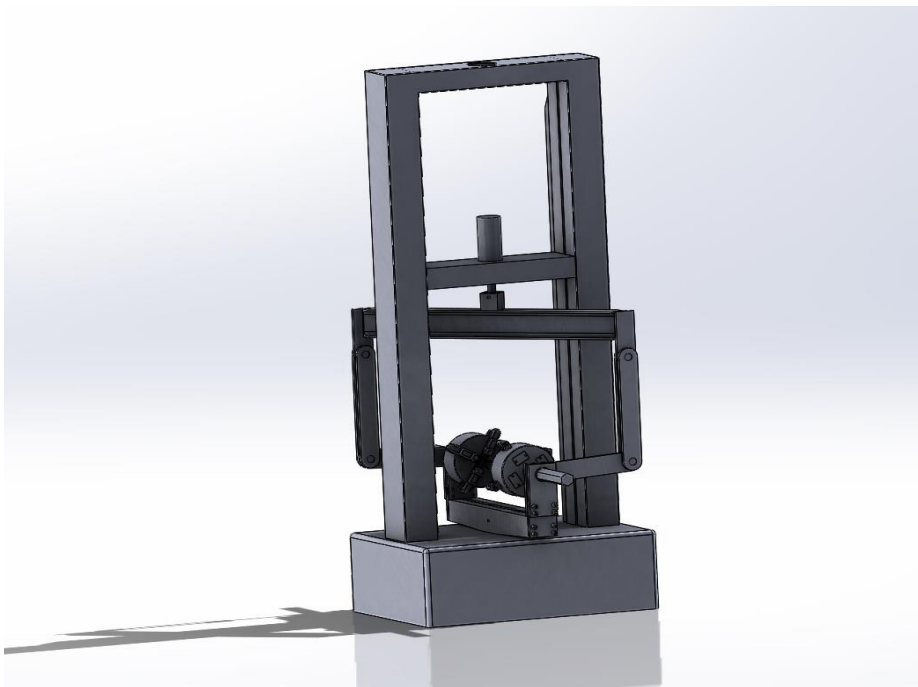
Teknisk Dokument Figur 1: Lloyd Instrument LR10K

3.0 Designbeskrivelse

Det vil her bli presentert en beskrivelse og redegjørelse for valgt konstruksjonsdesign, komponenter og hvordan anordningen fungerer. Dette blir beskrevet ved hjelp av egenproduserte modeller fra SolidWorks, våre tanker rundt dette og utførte utregninger.

3.1 Design

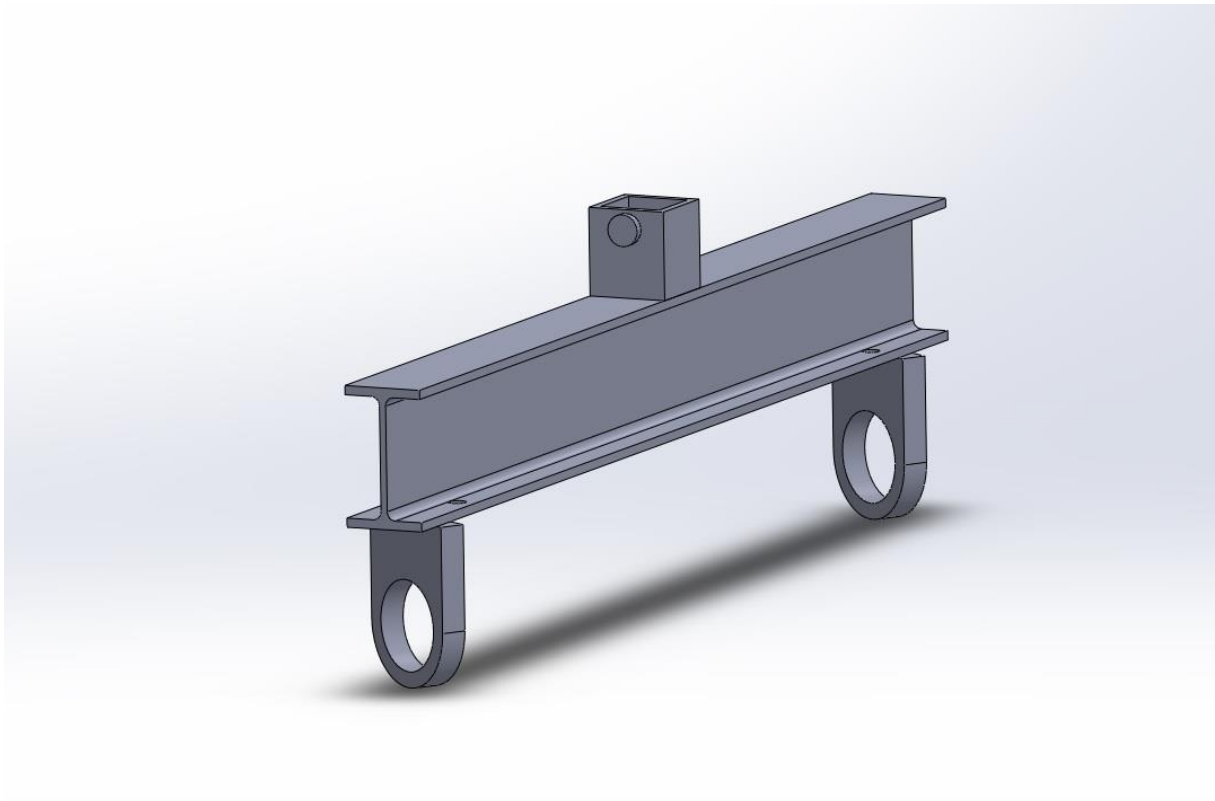
Anordningens konstruksjonsdesign for omgjøring til torsjon består av flere ulike komponenter. To monteringsfester, slik at anordningen enkelt kan monteres til strekkmaskinen. Disse sitter henholdsvis i den øvre og nedre del av anordningen, og festes med bolter til strekkmaskinens allerede eksisterende monteringsfester. Videre består anordningen av fire armer i vertikal retning som overfører strekkraften til to horisontalrettede armer, som videre gir systemet muligheten til å oppnå torsjon. Det skal også utvikles festemetoder til forskjellige typer prøvestaver. Delene vil monteres sammen ved bruk av bolter/muttere, kulelager og eventuelt sveising. Vi går nærmere inn på hver av komponentene i underkapitlene nedenfor.



Teknisk Dokument Figur 2: Torsjonskonstruksjon

3.1.1 Øvre monteringsfeste

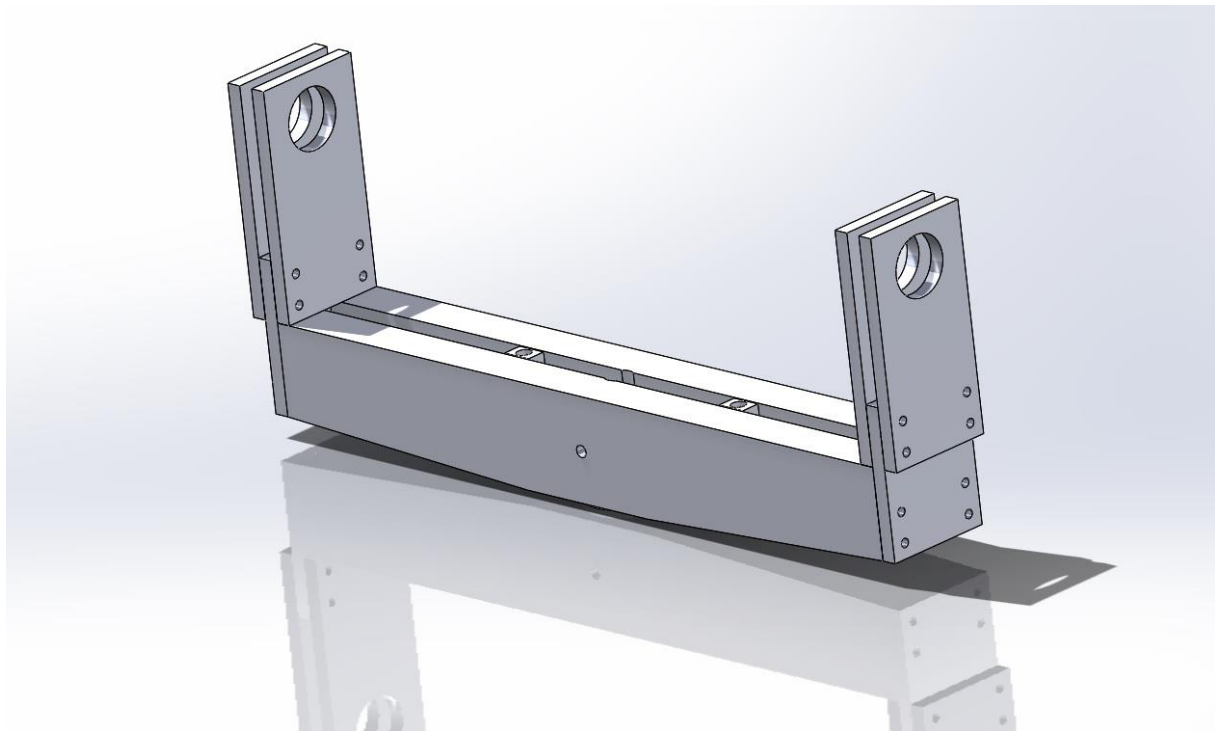
Det øvre monteringsfeste består av en I-bjelke, et monteringsfeste for tilkobling til strekkmaskinen og to stålplater uthullet for videre montering av konstruksjonen. I disse stålplatene festes så de vertikale armene, disse er videre beskrevet i kapittel 3.1.3. Dette skal sveises og skrus sammen til en del slik som vist på bilde under. Her er det viktig at stålets fasthet og dimensjoner samt riktig sveisetype blir valgt slik at konstruksjonen vil tåle kreftene påført fra strekkmaskinen. Belastningen blir påført i anordningens senter, i vertikal retning i form av strekk. Belastning vil videre forplante seg ut mot siden og ned i de to monteringsfestene for de vertikale armene. Disse festene sitter diagonalt ovenfor hverandre, og det er derfor laget forsterkninger som skal tåle potensielle vridespenninger i konstruksjonen.



Teknisk Dokument Figur 3: Øvre monteringsfeste

3.1.2 Nedre monteringsfeste

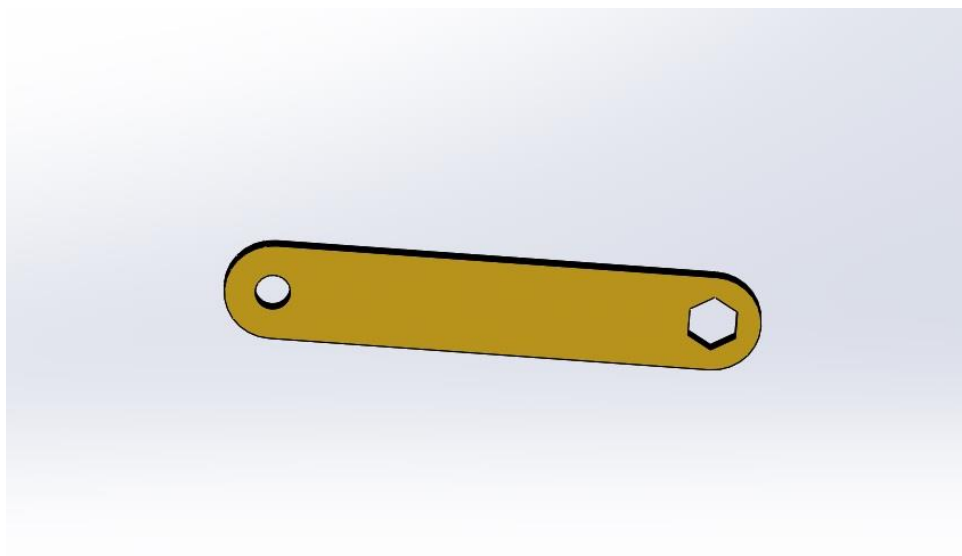
Det nedre monteringsfeste til anordningen består av en massiv stålkloss med t-spor og seks stålplater med uthuling for videre montering til kloss. Undersiden av klossen består av et sirkulært feste for tilkobling til strekkmaskinen. Stålklossen må freses ut av et massivt firkantstål som beskrevet i kapittel 6.2.4 og 9.11 (underdel). De uthullete stålplatene monteres med skruer, herav unbrako M6. Gjennom disse klossene vil det sitte to stikker massive sekskantstål, et på hver side. Dette stålet vil så bli rotert når maskinen settes i gang. Ønsket prøveobjekt settes mellom disse sekskantstålene, kun montert med piper.



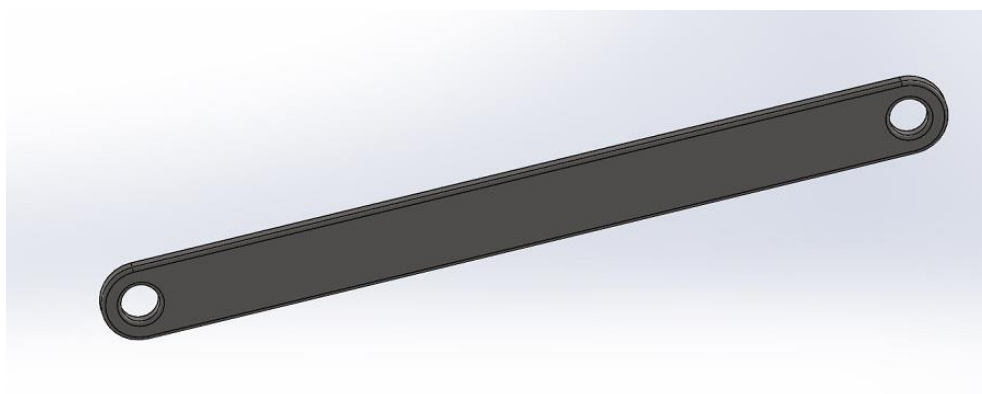
Teknisk Dokument Figur 4: Nedre monteringsfeste

3.1.3 Horisontal/vertikal arm

Konstruksjonen består også av to horisontalrettede armer, fastmontert i monteringsfeste i den nedre festeanordningen. I tillegg er de festet til flere vertikalrettede armer som fører krefter ned på de horisontale armene. Den ene siden er uthullet med tilpasning til et sekskantstål.



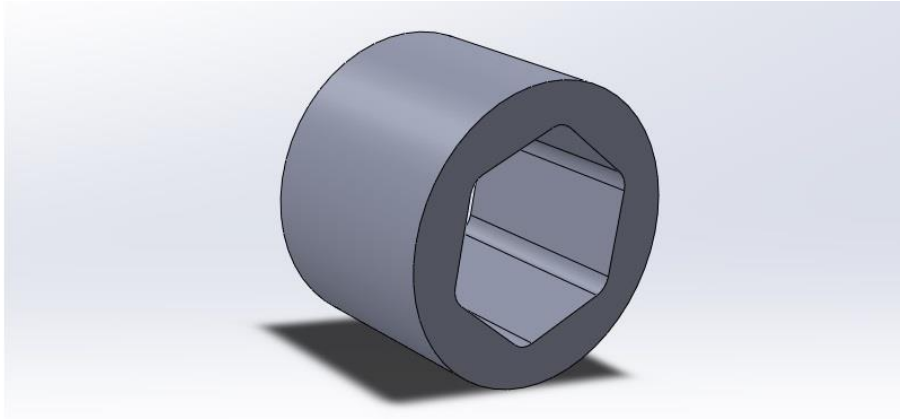
Teknisk Dokument Figur 5: Horisontal arm



Teknisk Dokument Figur 6: Vertikal arm

3.1.4 Gripere

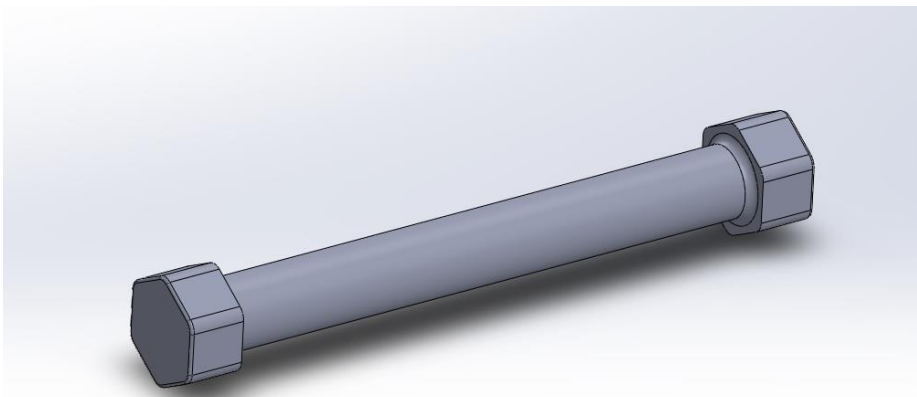
For festemetode av prøvestav, har gruppen kommet opp med følgende gripere. Sekskantpipe med innvendig mål av 36 mm. Pipen bestilles, for deretter å utbedres før implementering i anordningen.



Teknisk Dokument Figur 7: Sekskantpipe

3.1.5 Prøvestav

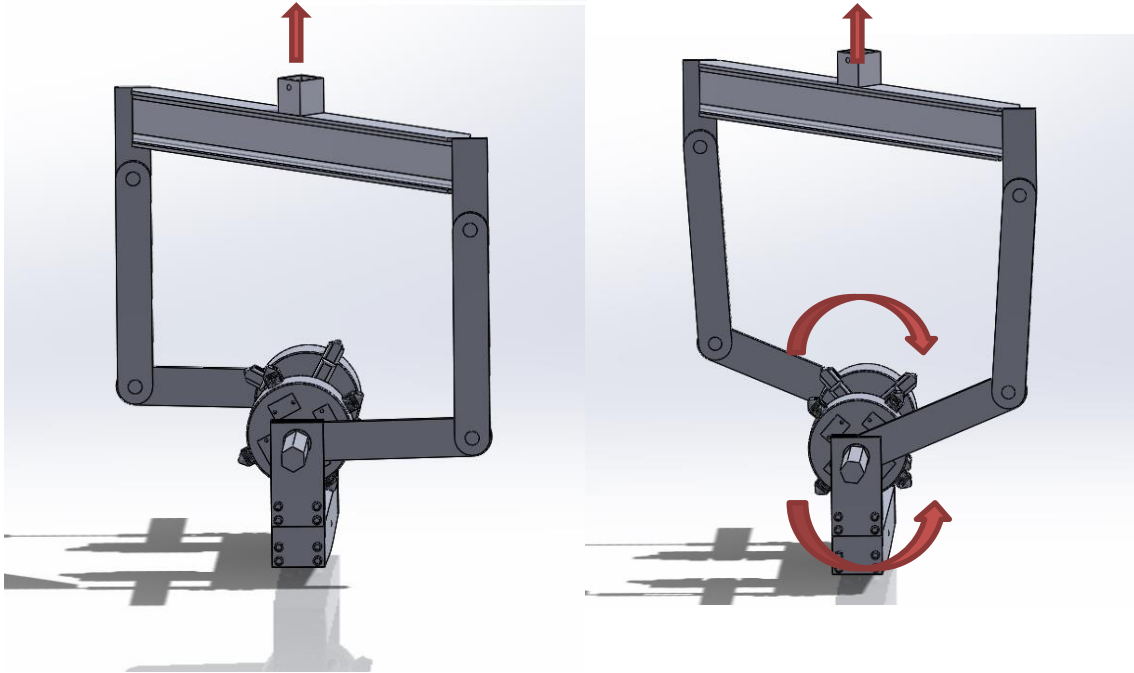
Prosjektgruppa har selv designet en egen prøvestav for torsjonstesting. Stavene kan lages i ulike materialer og med forskjellige tykkelse. Kravene er at endestykkene må være et sekskantstål med størrelse 36 mm, og diameter kan ikke være større enn 25 mm. Disse kravene er satt da dette er de størrelser som blir benyttet ved utførelse av FEM analysen.



Teknisk Dokument Figur 8: Prøvestav

3.2 Konstruksjonens funksjon

Når trekk-kraften virker på det øvre monteringsfeste, vil dette forplante seg videre nedover i de vertikale armene. Når utsatt for strekk-kraft vil dette medføre at hele den øvre konstruksjonen dras oppover og gir kraft X arm på de horisontal rettede armene, dette skaper et torsjonsmoment om akselen som vist på bilde under.



Teknisk Dokument Figur 9: Kraft & torsjonsmoment

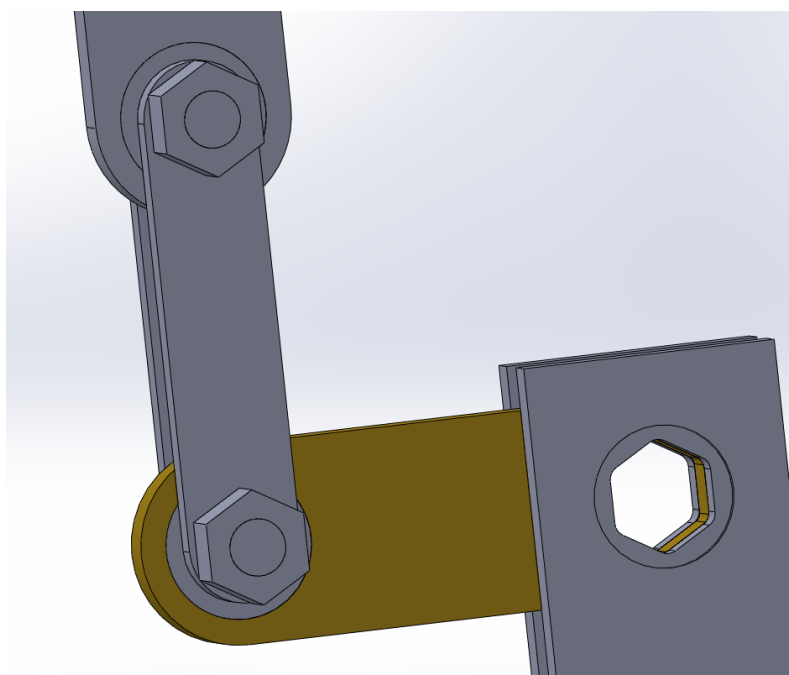
3.3 Torsjonsmoment

Vi har satt opp en ligning for hvordan torsjonsmomentet forandrer seg ved bruk av anordningen.

$$\frac{F(l_1 - x)}{l_1} \cos^{-1}\left(\frac{l_1^2 - (l_1 - x)^2}{(2l_2 * l_1)}\right) l_2$$

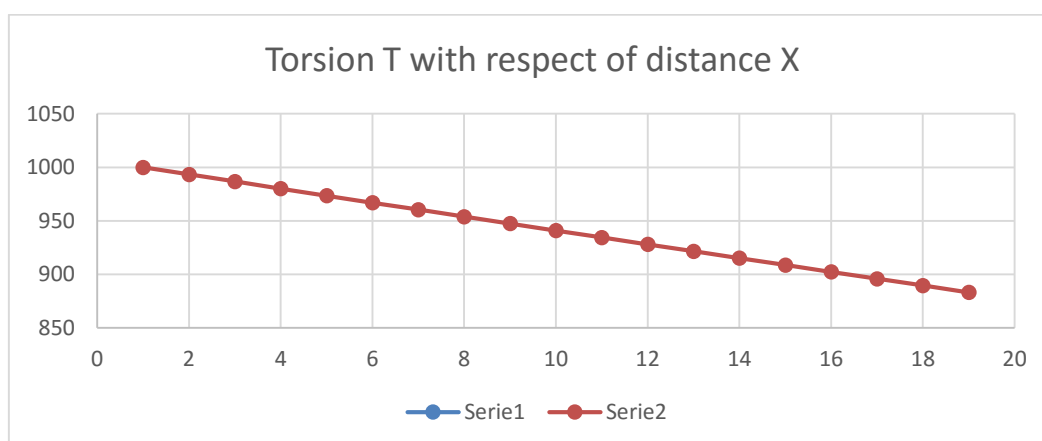
F – påført kraft

l_1 og l_2 representerer lengden på armene i modellen. Hvor l_1 er den vertikale armen i grått og l_2 er den horisontale armen i gult.



Teknisk Dokument Figur 10: Vertikal og horisontal arm

Grafen viser hvordan momentet forandrer seg avhengig av hvor stor lengde i mm strekkmaskinen har beveget seg. Hvor X er hvor stor distanse i mm strekkmaskinen har beveget seg og T er torsjonsmomentet.



Teknisk Dokument Figur 11: Momentforandring som funksjon av lengdeforandring

4.0 FEM analyse

Finite Element Method (FEM) er et simuleringsprogram for beregning av spenninger og deformasjoner i et design og er et viktig verktøy for videre utvikling av prosjektets oppgave. Det vil i løpet av prosjektets gang bli utført flere analyser slik at komponentene blir optimalisert med tanke på vekt og styrke. Analysene presenteres i dette kapittelet og har blitt jevnlig oppdatert etter utførelse.

4.1 Innledning

Ved hjelp av FEM analysene ser vi hvordan kreftene oppfører seg i konstruksjonen og hvor store påkjenninger den utsettes for under bruk. Vi har hyppig brukt FEM analyse under prosessen ved å utvikle en komplett modell for å se at vi ikke får vridninger eller at påførte belastninger virker på en uønsket måte på modellen. Det er kjørt flere forskjellige tester for å se på de forskjellige delene som modellen er bygget opp av. Enkelte skruer og deler vil være fjernet fra modellen ved ulike deler av FEM analysen da disse ikke har noe innvirkning på den eller de delene vi ønsker å undersøke. Dette gjøres av den grunn at modellen blir enklere å jobbe med da færre beregninger kreves. Simuleringene vil også bruke noe kortere tid. Analysen vil bli delt opp i flere underkapitler, der det står godt forklart hvilken kontakter vi har brukt og hvilke krefter som blir påført.

4.2 Forenklinger og antagelser

4.2.1 Skruer & kulelager

Designet er forholdsvis ganske enkelt og består ikke av avanserte tilnærminger, men kun bestående av stålplater, skruer og kulelagre. Etter å ha kjørt noen tester med et vilkårlig materiale ser man hvordan kreftene forplanter seg i konstruksjonen og at skruer og kulelager ikke blir påført betydelig store krefter. Vi antar at disse vil være av samme eller bedre kvalitet i virkeligheten. Dermed har vi valgt å neglisjere disse og bruke «mates» som en forenkling i denne analysen.

4.2.2 Modell

Modellen er forenklet ved å velge samme materiale for hele konstruksjonen. Dette gjør at pc jobber raskere, samtidig får ikke dette noen stor innvirkning på resultatene da flytegrensene på de forskjellige materialene er satt til det samme under analysen. I virkeligheten er disse av samme eller høyre flytegrense.

4.2.3 Materialvalg

Vi har valgt å bruke samme type konstruksjonsstål på de ulike delene i denne analysen. Flytegrensen er 355 MPa og materialet er sertifisert i henhold til NS-EN 1020 standard. Alle delene vil bli produsert i dette materialet med unntak av skruer og kulelager. Mer om materialvalg i Teknisk dokument kapittel 6.

4.2.4 Kontakt mellom deler

Vi må også fortelle Solidworks hvordan de ulike delene henger sammen, her har vi benyttet oss av «Contact set». Dette gir oss en god tilnærming til hvordan delene er koblet sammen, sammenlignet med virkeligheten. Videre er både «Bonded» og «No Penetration» benyttet. «Bonded» forteller hvilke deler som kan betraktes som en hel del, f.eks. flater som er skrudd eller sveiset sammen. «No Penetration» sier noe om de delene som er i bevegelse, f.eks. ledd bestående av kulelager og roterende bolter.

4.3 Laster

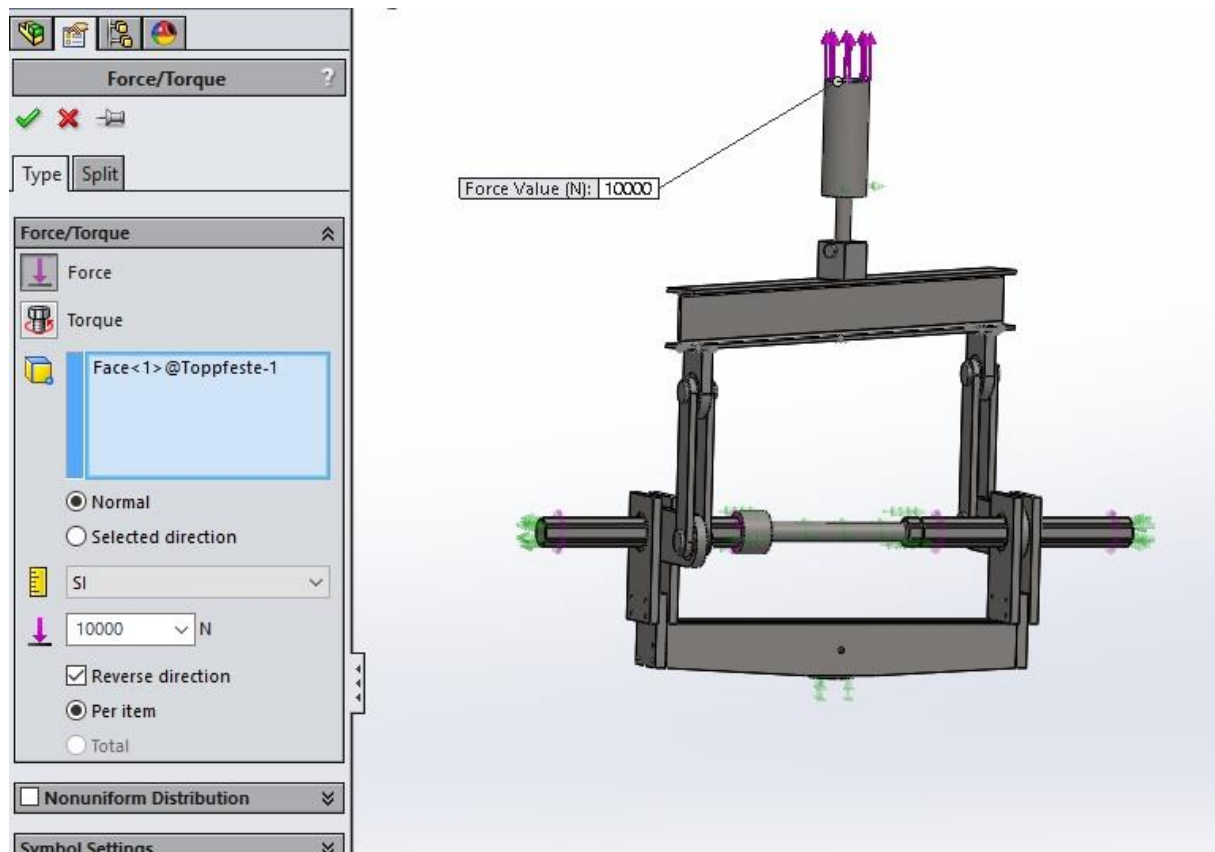
I dette avsnittet ligger en beskrivelse av hvordan påført last er plassert på modellen og våre tolkninger av dette.

4.3.1 Statisk last

Ved ferdigstilling av produkt og fysisk test vil lasten i denne analysen være en kombinasjon av massen til anordning, friksjon i ledd og den påførte statiske lasten. Vi har valgt å neglisjere friksjon og masse, og heller konsentrere denne analysen mot de statiske laster som maks kan

bli påført fra skolelaboratoriets strekkmaskin. Vi utsatte dermed konstruksjonen for en normalkraft på 10 000 N, for deretter å gjøre endringer i designet om dette måtte behøves.

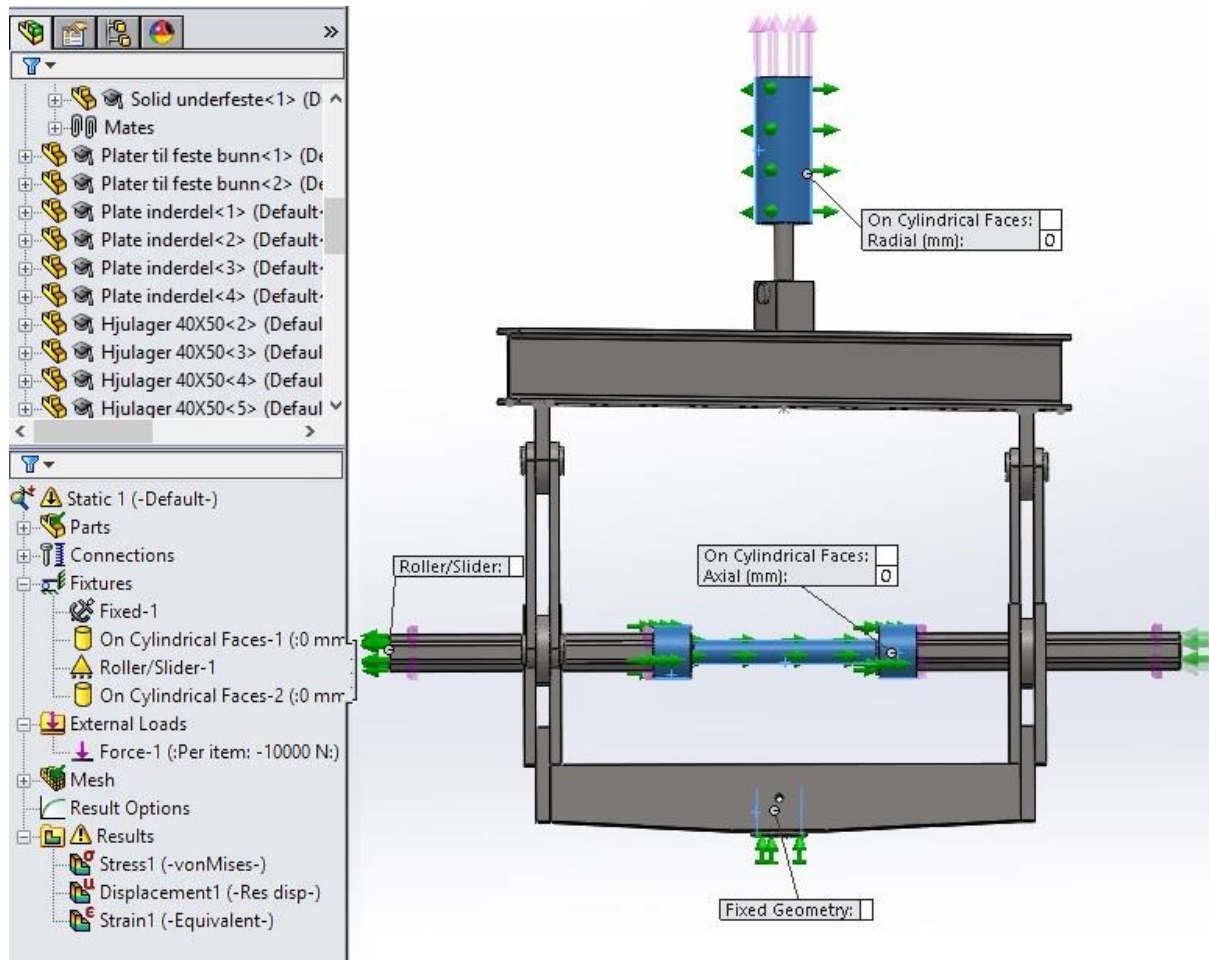
For at simulering av lasten skulle bli en god tilnærming til de virkelige forhold, ble det brukt «Force» i toppfestet, satt til «reverse direction» for å simulere trekk-kraft.



Teknisk Dokument Figur 12: Last

4.4 Låsinger

For å forhindre bevegelse under den statiske analysen, er låsinger brukt som et hjelpemiddel for at modellen skal forholde seg stabil. Bunnflatens kontaktflate er derfor låst som «Fixed geometry», piper og prøvestav, samt toppfestet er låst ved «Cylindrical faces», og sekskantstavenes endestykker er låst ved «Roller/slider» da friksjonen mellom prøvestaven og gripere vil holde den på plass når kreftene begynner å virke. Ved disse låsingene får vi også enklere definert hvordan delen er opplageret og hvordan lasten vil forplante seg sammenlignet med virkeligheten.



Teknisk Dokument Figur 13: Låsinger

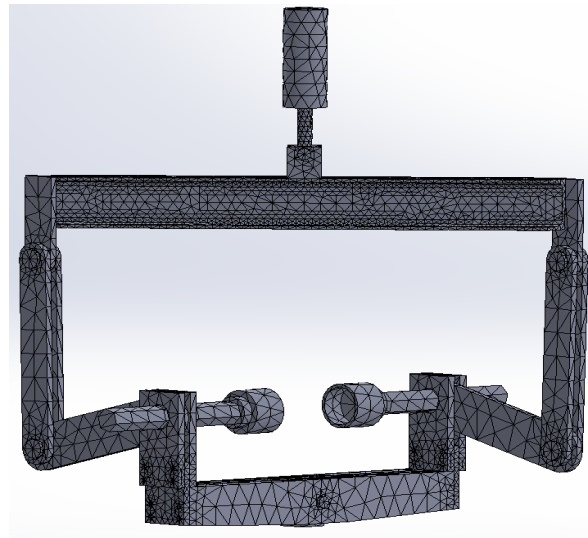
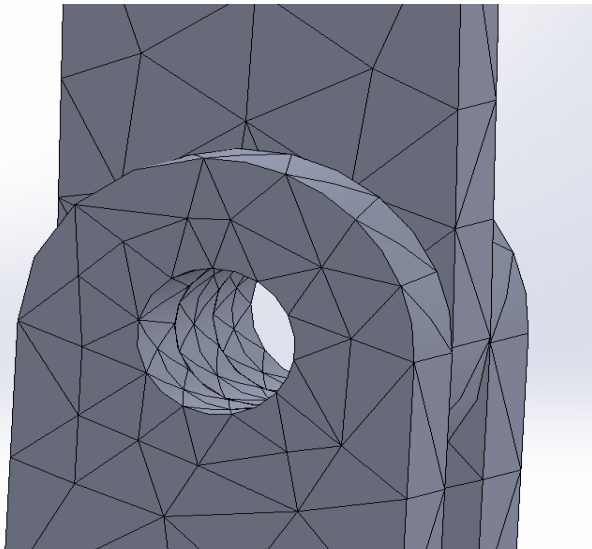
4.5 Mesh

Ved den første analysen ble det benyttet et forholdsvis grovt mesh, «Draft Quality Mesh», dette for å spare tid slik at vi kjapt kunne se at last, låsinger og kontakter så riktige ut. Da dette så greit ut fortsatte vi prosessen gjentatte ganger med at meshet ble endret til lavere elementstørrelser. Her endte vi opp med et «Curvature based mesh» på modellens overflater. Denne mesh-typen ble i hovedsak brukt da modellen består av flere runde komponenter. Dette gir mulighet til å definere både minimum og maksimum elementstørrelse, videre vil dette gi et

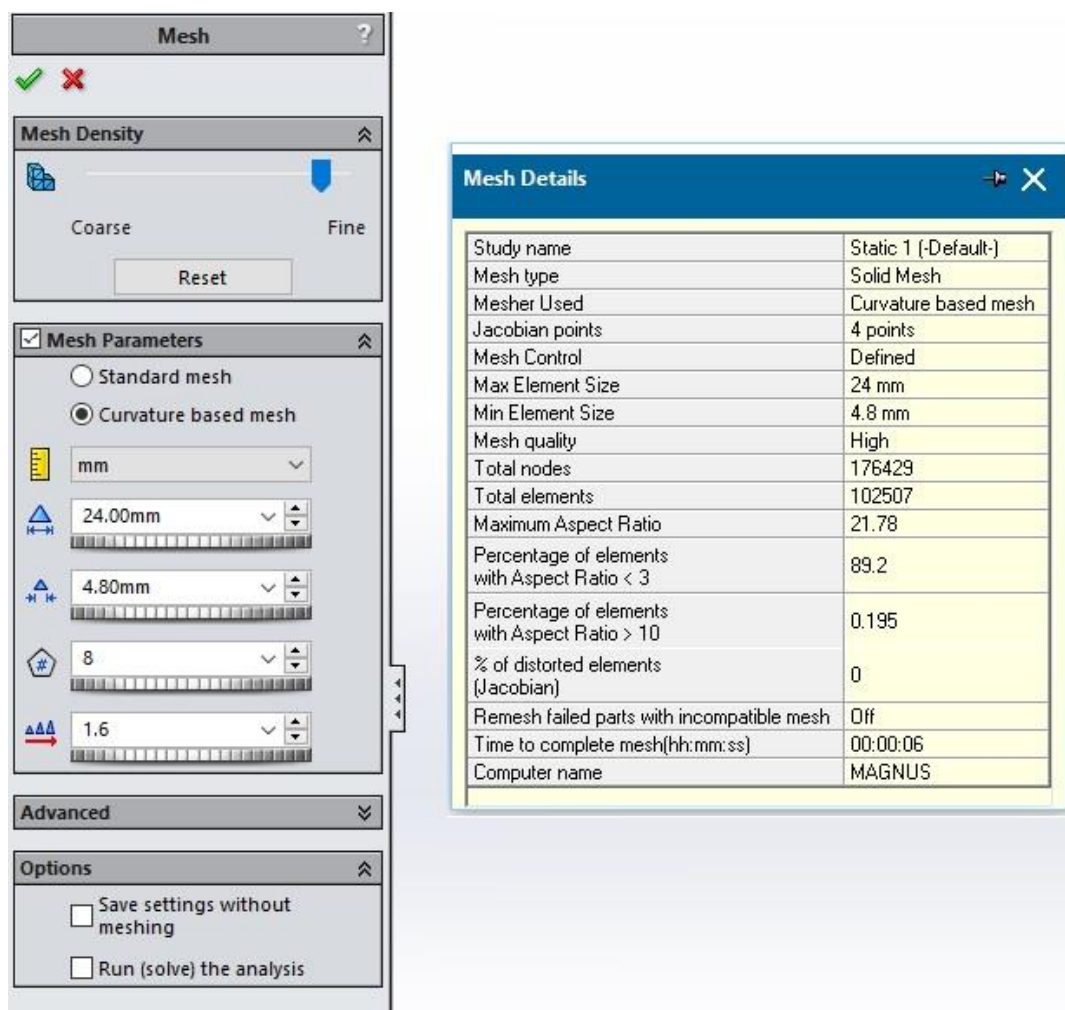
mer nøyaktig resultat av analysen da man får flere celler programmet leser av. Her ble elementstørrelsen satt til 24 mm. I tillegg ble det brukt «Mesh Control» på sekskantstålets og prøvestavens hjørner, dette fordi tidligere analyser ga svært høye verdier i disse områdene. Her med elementstørrelse satt til 5 mm.

Videre er meshets kvalitet satt til Jacobian, verdien er satt til default (4) da det ikke gjorde noe særlig utslag på kvaliteten ved bruk av andre verdier. Det er hensiktsmessig å bruke dette ved mesh av høy kvalitet, samtidig som dette gjør at nodene i hjørner strekker seg fint rundt modellens kurver.

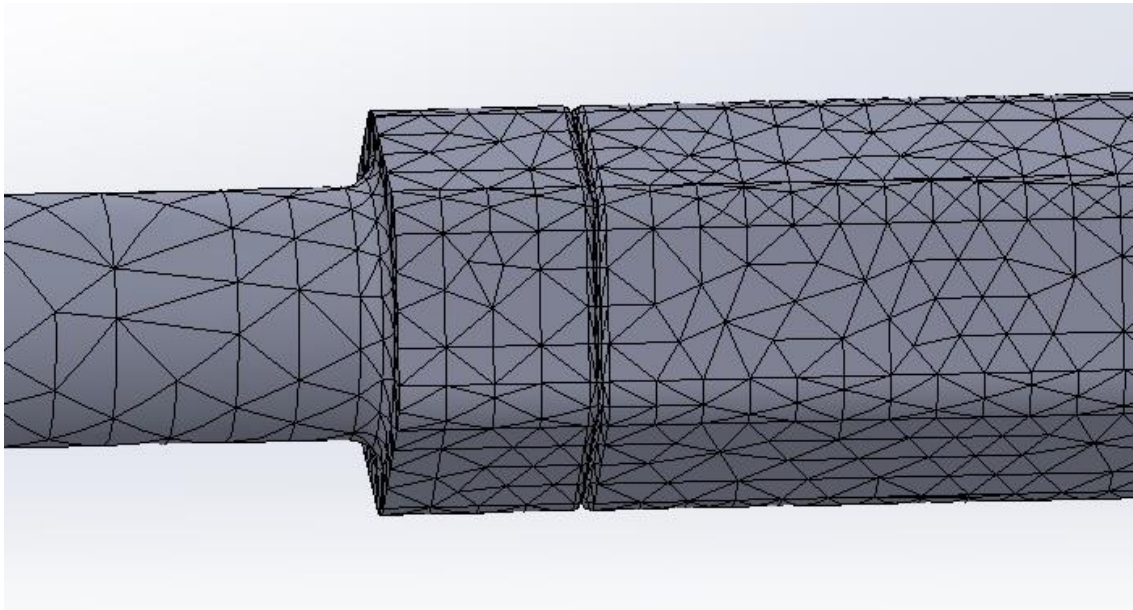
I figurene nedenfor vises modellens mesh, mesh control og videre detaljer brukt i den utførte analysen.



Teknisk Dokument Figur 14: Mesh



Teknisk Dokument Figur 15: Mesh detaljer



Teknisk Dokument Figur 16: Mesh control

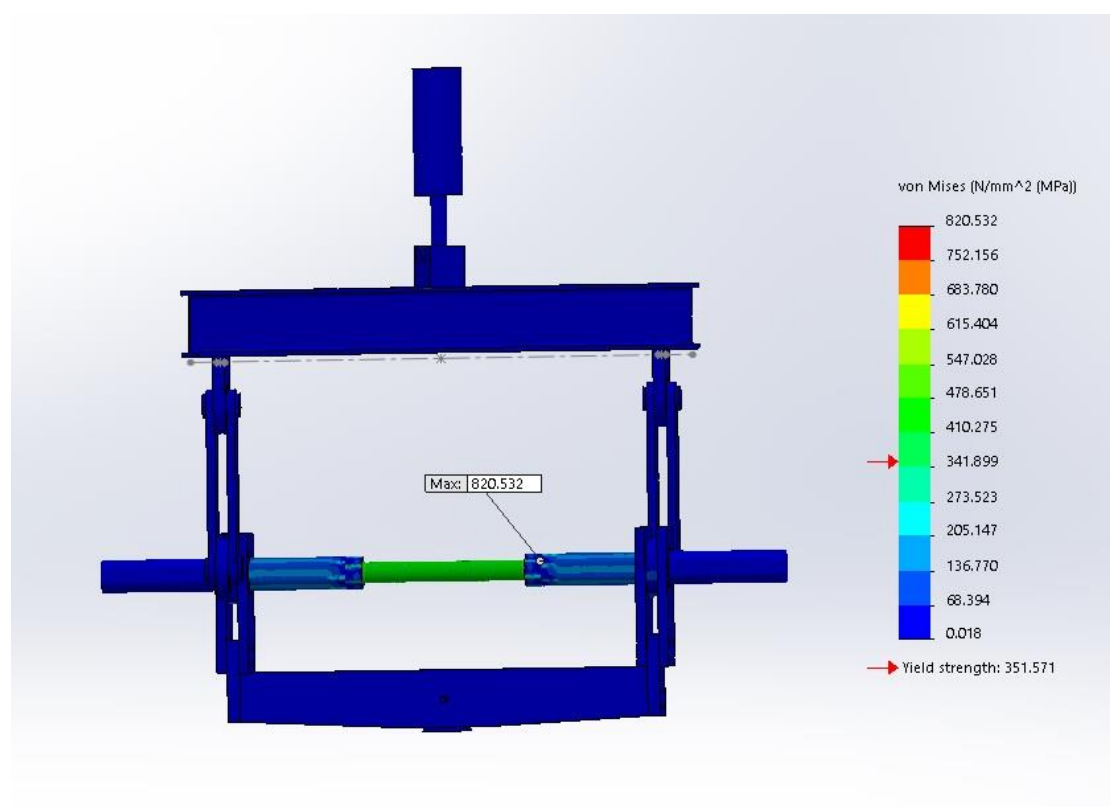
4.6 Resultater

FEM analysens resultater vil bli presentert i dette avsnittet, dette vises i form av figurer hentet ut fra Solidworks. Her vil både spenninger og deformasjoner blir forklart.

4.6.1 Spenninger

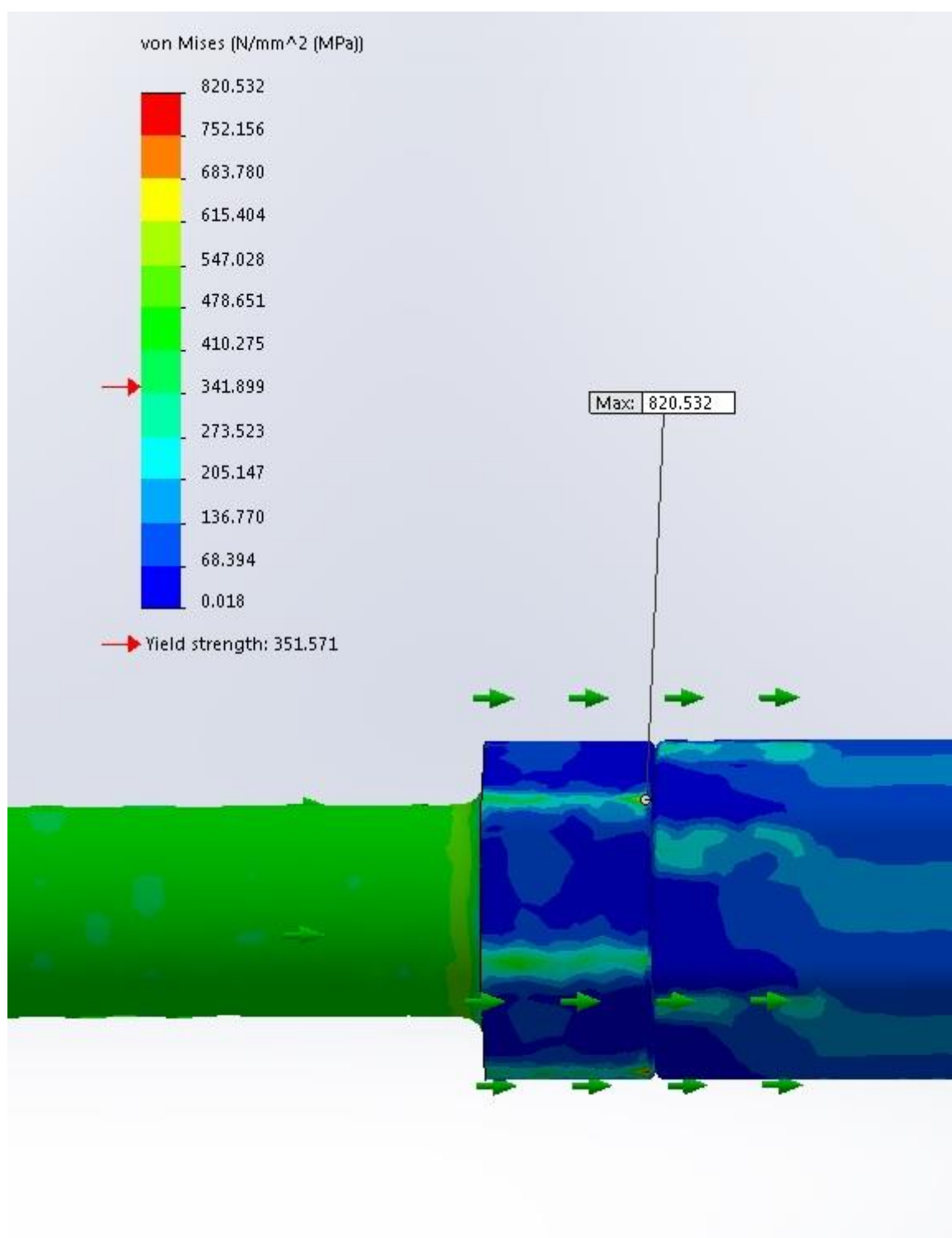
Her ser vi hvordan spenningene fordeler seg i modellen. Den største opptredende spenningen vil være en punktlast på 820 MPa i hjørnene til prøvestaven. Dette anser vi som greit da det i realiteten ikke vil bli en punktlast i prøvestaven men denne lasten vil bli fordelt over alle seks flatene. Vi er fornøyde med resultatene da konstruksjonen nå er designet for å tåle de påkjenninger den blir utsatt for.

Vel å merke er analysen utført ved bruk av en prøvestav med tykkelse satt til 25 mm. Om denne dimensjonen økes, vil resultatene endres og spenningene kan eventuelt skape deformasjoner i konstruksjonen.



Teknisk Dokument Figur 17: Stress

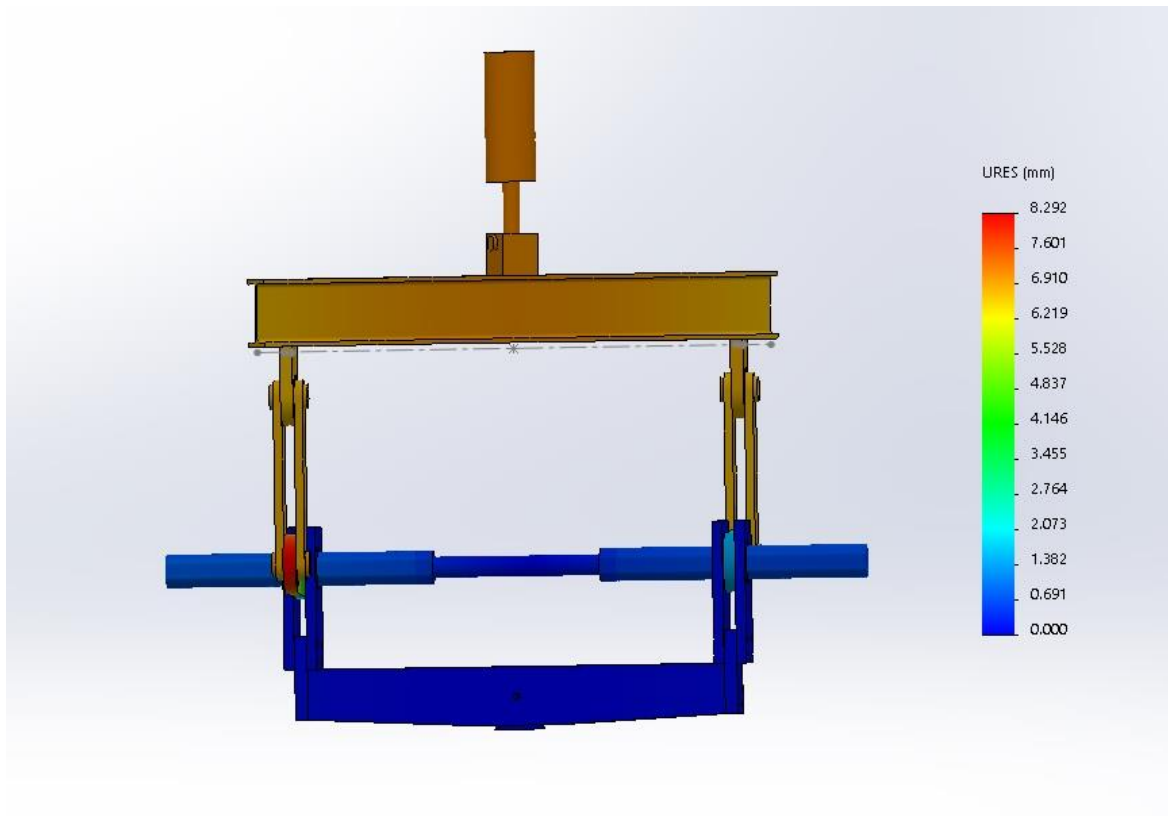
Figuren nedenfor viser et nærbilde av den største opptredende spenningen.



Teknisk Dokument Figur 18: Stress – Nærbilde

4.6.2 Deformasjoner

Da det kun er hjørnene i prøvestaven som er over flytegrense, vil ikke de illustrerte deformasjonene i figuren under være varige, det vil kun oppstå elastisk deformasjon i konstruksjonen. Og man ser at den største deformasjonen finner sted i de horisontale armene.



Teknisk Dokument Figur 19: Displacement

4.7 Konklusjon

Vi føler at disse resultatene tilfredsstiller kravene satt av oppdragsgiver. Designet vil tåle de krefter, med unntak av hjørnene i prøvestaven, som det utsettes for. Herav satt til 10 kN. Noen av komponentene kan sies å være noe overdimensjonerte, allikevel er gruppen fornøyd med gjennomføringen av analysen og dens resultater.

5.0 2D-tegning

2D tegninger gir et godt produksjonsunderlag for oppbygning til anordningen. Tegningene er konstruert ut i fra europeisk standard «First angel projeksjon» og vises med nøyaktige dimensjoner på alle komponentdelene i konstruksjonen. Alle mål er i mm (millimeter) om ikke annet er spesifisert. Toleranser brukt under gjennomføring av 2D er i henhold til ISO 2768 standard. Det er ikke tatt med «Fillets» eller «Chamfers» i disse 2D tegninger, men vi vil spesifisere at alle skarpe kanter/hjørner vil bli faset.

5.1 Toleranser

General Tolerances to DIN ISO 2768

- The latest DIN standard sheet version applies to all parts made to DIN standards.
- Variations on dimensions without tolerance values are according to "DIN ISO 2768- mk".

GENERAL TOLERANCES FOR LINEAR AND ANGULAR DIMENSIONS (DIN ISO 2768 T1)

LINEAR DIMENSIONS:

Permissible deviations in mm for ranges in nominal lengths	f (fine)	Tolerance class designation (description)		v (very coarse)
		m (medium)	c (coarse)	
0.5 up to 3	±0.05	±0.1	±0.2	-
over 3 up to 6	±0.05	±0.1	±0.3	±0.5
over 6 up to 30	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0
over 30 up to 120	±0.15	±0.3	±0.8	±1.5
over 120 up to 400	±0.2	±0.5	±1.2	±2.5
over 400 up to 1000	±0.3	±0.8	±2.0	±4.0
over 1000 up to 2000	±0.5	±1.2	±3.0	±6.0
over 2000 up to 4000	-	±2.0	±4.0	±8.0

EXTERNAL RADIUS AND CHAMFER HEIGHTS

Permissible deviations in mm for ranges in nominal lengths	f (fine)	Tolerance class designation (description)		v (very coarse)
		m (middle)	c (coarse)	
0.5 up to 3	±0.2	±0.2	±0.4	±0.4
over 3 up to 6	±0.5	±0.5	±1.0	±1.0
over 6	±1.0	±1.0	±2.0	±2.0

ANGULAR DIMENSIONS

Permissible deviations in degrees and minutes for ranges in nominal lengths	f (fine)	Tolerance class designation (description)		v (very coarse)
		m (middle)	c (coarse)	
up to 10	±1°	±1°	±1°30'	±3°
over 10 up to 50	±0°30'	±0°30'	±1°	±2°
over 50 up to 120	±0°20'	±0°20'	±0°30'	±1°
over 120 up to 400	±0°10'	±0°10'	±0°15'	±0°30'
over 400	±0°5'	±0°5'	±0°10'	±0°20'

Teknisk Dokument Figur 20: Toleranser

5.2 Tegninger

I dette underkapittelet ligger en oversikt av 2D-tegninger over de deler som er designet under denne prosjektoppgaven. Delene er tidligere beskrevet i dette dokumentet under Designbeskrivelse, kapittel 3, samt Materialbeskrivelse, kapittel 6.3

Da vi ser at det blir et stort omfang av tegninger, har vi valgt å legge disse på slutten av dette dokumentet, under kapittel 9. Her ligger også andre vedlegg relevant for dette dokumentet.

Tegningene vedlagt i dokumentet er ikke av beste oppløsning da vi ikke hadde tilgang til riktig dataverktøy for denne prosessen, og tegningen generelt ble dårlige ved innsettelse i Word. 2D-tegningene er derfor også tilgjengelig på SolidWorks, som er vedlagt på minnepinne ved prosjektslutt samt vedlagt i PDF, på CD/minnepenn.

6.0 Materialvalg

For at konstruksjonens ytelser skal være optimal er det viktig med riktig valg av materiale. Valgt materiale må ha gode egenskaper for bearbeiding og være av god kvalitet slik at uønskede deformasjoner ikke oppstår. Vi velger materiale ut ifra samtaler med faglærere fra HSN, men vil også innhente annen informasjon via bøker og internett. Materialvalg og utvelgelseskriterier vil bli presentert i dette kapittelet.

6.1 Utvelgelsesprosess

Anordningen lages for å tåle strekk og belastning på opptil 10 kN. Etter samtale med faglærer for materialteknikk og tilvirkningsteknikk på HSN har vi blitt anbefalt å se nærmere på vanlig konstruksjonsstål. Vi hadde også kommunikasjon med veileder og oppdragsgiver, der vi satt opp følgende prioriteringer for utvelgelse av stålqualität.

6.1.1 Pris

Da vi har et begrenset budsjett, er det ønskelig fra oppdragsgiver at vi har høy prioritering på kostnad ved valg av materiale.

6.1.2 Tilgjengelighet

Tilgjengelighet er sammen med pris den viktigste faktoren for utvelgelse av materiale. Dette er svært viktig da prosjektet kun varer over en kort periode og vi har begrenset med tid.

6.1.3 Tilvirkningsgrad og bearbeidelse

Materialet må inneha egenskaper for tilvirkning og bearbeidelse med tanke på sveising, kutting, bøyning og fresing. Dette fordi det er tenkt at alle anordnings deler blir laget på skolens verksted.

6.1.4 Styrke

Anordningen skal kunne utsettes for en kraft på 10 kN, det er derfor svært viktig at materialet kan motstå den påførte kraften uten å bli skadet i form av deformasjoner eller brudd.

Materialets styrke, forholdet mellom spenning og tøying, er avhengig av geometri, flytegrense, fasthetsgrense og utmattingsgrense.

6.1.5 Hardhet

Et annet krav fra arbeidsgiver er at anordning skal lages med hensyn på lang levetid.

Materialets evne til å motstå slitasje må derfor være av den kvalitet som tilfredsstiller dette kravet.

6.2 Materialbeskrivelse

Her kommer en beskrivelse av de materialer som er relevante for denne prosjektoppgaven.

Da anordningen består av flere komponenter med ulike funksjoner blir det brukt flere forskjellige typer konstruksjonsstål. Dette fordi noen av delene blir laget på bestilling, mens andre må bestilles i hele plater og bearbeides selv.

Vi har sett nærmere på ståltypen fra Smith Stål AS. De har stor variasjon av lagerførte stålprofiler med ulike fasonger og dimensjoner. Vi har også vært i kontakt med denne bedriften og fått et prisoverslag på ønsket materiale, dette ligger vedlagt under vedlegg i kapittel 9.15. Valgt stål blir presentert i underkapitlene nedenfor og er markert i tabellene med rødt.

6.2.1 Sekskantstål

Sekskantstålets egenskaper og dimensjon, anvendt i monteringsfestene, er beskrevet i tabellen under. Det er prosjektert at det bør bestilles sekskantstål i dimensjon 36 mm og lengde 1.0 meter, dette må så kuttes til lengde beskrevet i kapittel 9.3.

10925 102 AUTOMATSTÅL 6-kt 11SMnPb30+C

Kval. iht. 10277-3, Tol. iht. NS-EN 10278, ISO 286-2 H9/11, Ser. 2.2 iht. NS-EN 10204.
Lengdetoleranse -0/+200 mm. Blylegert



DIM. I MM	KG/M	LGD	DIM. I MM	KG/M	LGD
14	1,36	3	30	6,12	3
17	2,00	3	32	7,10	3
19	2,50	3	36	8,99	3
22	3,36	3	38	10,00	3
24	4,00	3	41	11,70	3
27	4,96	3	55	21,00	3

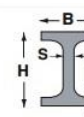
Teknisk Dokument Figur 21: Sekskantstål

6.2.2 I-bjelke

Den øvre delen av anordningen består av en IPE80-bjelke med dimensjon og egenskaper som vist i tabell under. Bestilles i lengde 1.0 meter for videre tilpasning som beskrevet i kapittel 9.4.

11300 22 BJELKER IPE S355J2+AR

Kval. iht. NS-EN 10025-2, Tol. iht. NS-EN 10034, Ser. 3.1 iht. NS-EN 10204
Lengdetoleranser -0/+100 mm



DIM. I MM	KG/M	LGD		
IPB	H	B	S	F
80	80	46	3,8	5,2
100	100	55	4,1	5,7
120	120	64	4,4	6,3
140	140	73	4,7	6,9
160	160	82	5,0	7,4
180	180	91	5,3	8,0
200	200	100	5,6	8,5
220	220	110	5,9	9,2
240	240	120	6,2	9,8
270	270	135	6,6	10,2
300	300	150	7,1	10,7
330	330	160	7,5	11,5
360	360	170	8,0	12,7
400	400	180	8,6	13,5
450	450	190	9,4	14,6
500	500	200	10,2	16,0
550	550	210	11,1	17,2

KG/M	LGD	Tv-sn.cm2	O.flate m2/m
6,15	12	7,64	0,328
8,29	12	10,30	0,400
10,64	12	13,20	0,475
13,26	12	16,40	0,551
16,17	12	20,10	0,623
19,28	12	23,90	0,698
22,90	12	28,50	0,768
26,81	12	33,40	0,848
31,43	12/15	39,10	0,922
36,96	12/15	45,90	1,040
43,18	12/15	53,80	1,160
50,30	12/15	62,60	1,250
58,44	12/15	72,70	1,350
67,88	12/15	84,50	1,470
80,00	12/15	98,80	1,610
93,00	12/15	116,00	1,740
108,10	12	134,00	1,880

Teknisk Dokument Figur 22: I-bjelke

6.2.3 Varmvalset stålplate

Denne typen stålplater brukes til produksjon av de fleste delene i konstruksjonen som omhandler torsjon. Disse er: vertikale- og horisontalrettede momentarmer, monteringsfester til

I-bjelke og monteringsfester til anordningens underdel. Bestilles med tykkelser 5- og 10 mm, for deretter beskjæring og uthuling som vist i kapittel 9.5 - 9.10.

14150 61 VARMVALSEDE STÅLPLATER, S235JR

Kval. iht. NS-EN 10025-2, Tol. iht. NS-EN 10051, Sert. 3.1. iht. NS-EN 10204
Tykkelsestol. Klasse A, overflatetilstand NS-EN 10163-2 klasse A1



DIM. I MM				KG/STK	DIM. I MM				KG/STK
tykkelse	bredde	lengde			tykkelse	bredde	lengde		
3,0	1000	2000		48,00	5,0	1500	6000		360,00
3,0	1250	2500		75,00	5,0	2000	6000		480,00
3,0	1500	5000		180,00	6,0	1000	2000		96,00
4,0	1000	2000		64,00	6,0	1250	2500		150,00
4,0	1250	2500		100,00	6,0	1500	6000		432,00
4,0	1500	3000		144,00	8,0	1000	2000		128,00
4,0	1500	4000		192,00	8,0	1250	2500		200,00
4,0	1500	5000		240,00	10,0	1000	2000		160,00
4,0	1500	6000		288,00	10,0	1250	2500		250,00
4,0	2000	6000		384,00	12,0	1000	2000		192,00
5,0	1000	2000		80,00	12,0	1250	2500		300,00
5,0	1250	2500		125,00					

Teknisk Dokument Figur 23: Stålplate

6.2.4 Firkantstål

Til anordningens underdel bestilles det et massivt firkantstål i størrelse 80 x 80 mm og lengde 0.4 meter. Dette må deretter freses ut i henhold til designet beskrevet i kapittel 9.11.

10250 4 FIRKANTSTÅL S235JR

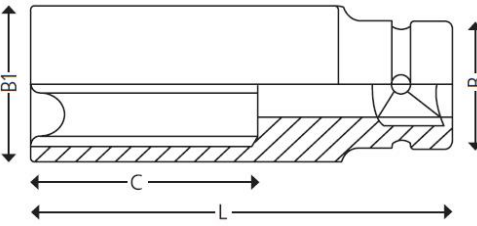
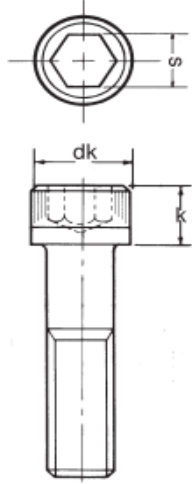
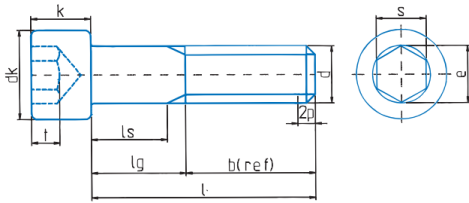
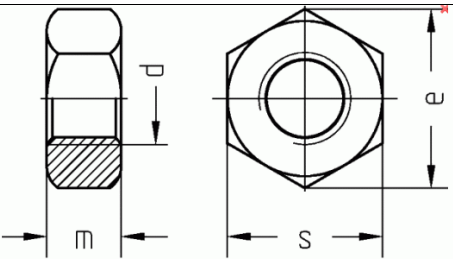
Kval. iht. NS-EN 10025, Tol. iht. NS-EN 10059, Sert. 3.1 iht. NS-EN 10204.
Lengdetoleranse -0/+200 mm



DIM. I MM			KG/M	LGD	DIM. I MM			KG/M	LGD
6			0,29	6	30			7,21	6
8			0,51	6	35			9,81	6
10			0,80	6	40			12,90	6
12			1,15	6	50			20,00	6
16			2,05	6	60			28,90	6
20			3,20	6	80			51,20	6
22			3,88	6	90			64,90	6
25			5,01	6	100			80,10	6

Teknisk Dokument Figur 24: Firkantstål

6.3 Inventarliste

Bestillings-navn/id NR	Navn/mål	Beskrivelse	Stk.	Pris
SKF kulelager 6304 ZZ	Kulelager	Innvendig diameter 20 mm Utvendig diameter 52 mm Tykkelse 15 mm	4	124 kr
SEKSKANT -PIPE LANG KRAFT mm 1" 6001 L, POLAR	Pipe 6-kt B1 = 52mm C = 40mm L = 92mm B = 51mm		3	700 kr
Sylinder skrue M6 innvendig 6- kant med lengde 40 mm	Sylinder skrue M6 dk = 10 mm S = 5 mm K = 6 mm Lengde = 40 mm		12	Ikke oppgitt av leverandør
Sylinder skrue M 20 innvendig 6 kant med lengde 60 mm (kuttet til riktig l)	Sylinder skrue M6 dk = 30 mm S = 17 mm K = 20 mm L = 52 mm Lg = 35 d = 20		4	Ikke oppgitt av leverandør
Mutter M20	d = 20 m = 16 s = 32 e = 35.03		4	5 kr

Teknisk Dokument Tabell 6: Inventarliste

7.0 Måling ved hjelp av strekkklapper

7.1 Teori

Strekkklapper er måleelementer som utnytter at resistansen for en metalltråd eller et annet ledende materiale forandrer seg ved forlengelse. En vanlig utførelse for strekkklappen er en motstand i form av en lang tråd innstøpt i et elastisk materiale som kan limes til et underlag. På denne måten vil den innstøpte tråden bli utsatt for lengdeendringer når strekkklappens underlag blir utsatt for lengdeendringer.

Strekkklappene inndeles i tre typer; film/folie, tråd- eller halvleder strekkklapp. Når strekkklappene blir utsatt for strekk så øker motstanden og når de blir utsatt for trykk reduseres motstanden.

Ved å se nærmere på egenskapene til en strekkklapp, ser man at tøyningen kan defineres som:

$$\varepsilon = \text{Lengdeforandring} / \text{Lengden} = \frac{\Delta L}{L}$$

Videre har vi at materialspenningen kan uttrykkes ved hjelp av Hooks lov, som spenning i materialet (σ) som en funksjon av elastisitetsmodul (E) og tøying (ε):

$$\text{Materialspenningen} = \sigma = E \varepsilon$$

Der E er elastisitetsmodulen og representerer hvor lett materialet lar seg tøye.

Vi har videre strekkklappens K-faktor (K_s) som uttrykker forholdet mellom tøyningen og den relative endringen i motstandsverdien:

$$\text{Strekkklappens K-faktor} = (K_s) = \frac{\Delta R}{R} / \frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta R}{R} / \varepsilon$$

7.1.1 Målebro

Ved å koble strekkklappen til en Wheatstones målebro er det mulig å beregne materialspenningen σ tilnærmet nøyaktig ut fra følgende formel:

$$\sigma = \frac{4 \cdot V \cdot E}{K_s \cdot V_s}$$

Der V_s = Tilførselspenningen og V = Spenningen over målebroen. Se figur 25 (*Strekkklapp tilkoblet til en målebro*) nedenfor.

Formelen for σ fremkommer ved å kombinere formlene ovenfor ved det faktum at:

$$V \approx \frac{\Delta R}{4 \cdot R} V_s$$

For å komme frem til tilnærmelsen for V tar man utgangspunkt i at den optimale forsterkningen i målebroen oppstår når alle faste motstandene er like store. Utgangspunktet for den forenklede formelen blir dermed:

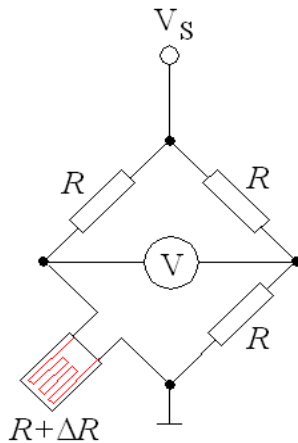
$$V = \left(\frac{R + \Delta R}{R + R + \Delta R} - \frac{R}{R + R} \right) \cdot V_s$$

$$V = \frac{\Delta R}{R} \cdot \frac{\frac{R}{R}}{\left(1 + \frac{\Delta R}{R} + \frac{R}{R}\right) \cdot \left(1 + \frac{R}{R}\right)} \cdot V_s$$

Siden $\left[\frac{\Delta R}{R} \ll 1 + \frac{R}{R} \right]$ kan vi se bort fra påvirkningen fra $\frac{\Delta R}{R}$ i formelens nevner og vi får:

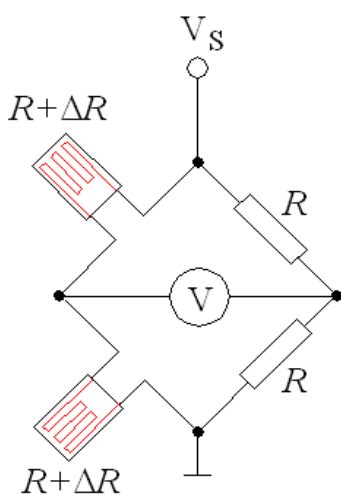
$$V \approx \frac{\Delta R}{4 \cdot R} V_s.$$

For å fastslå materialspenningen σ når denne skal måles ved hjelp av en strekkklapp som er tilkoblet en målebro trenger man å vite elastisitetsmodulen, tilført spenning, K-faktoren samt målt spenning i målebroen.



Teknisk Dokument Figur 25: Strekkklapp tilkoblet til en målebro

Ved å benytte to strekkklapper som er festet henholdsvis på strekk og trykksiden på et prøvestykke så er det mulig å nyttiggjøre seg motstandsforandringene samtidig i samme målebro. Se figur 26 (2 strekkklapper i en målebro) nedenfor. Den strekkklappen som ligger på ekspansjonstiden vil få en økt motstandsverdi mens strekkklappen som ligger på kompresjonssiden vil få en redusert motstandsverdi. Figur 27 (Plassering av strekkklapper på halvbro med motsatt tøyning) nedenfor viser prinsipplassering for strekkklapper på et prøvestykke når halvbro med motsatt tøyning benyttes. Ved å benytte to strekkklapper på denne måten i en når halvbro med motsatt tøyning får vi dermed et større spenningsutslag i målebroen og dermed økt sensitivitet.



Teknisk Dokument Figur 26: 2 strekkklapper i en målebro



Teknisk Dokument Figur 27: Plassering av strekkklapper på halvbro med motsatt tøyning.

7.1.2 Måleforsterker

All den tid motstandsvariasjonen ΔR er liten for en strekkklapp vil også spenningsutslaget ved bruk av en målebro bli så liten at dette spenningsutslaget må forsterkes. Som måleforsterker kan man for eksempel benytte seg av operasjonsforsterkerkobling. Det er også mulig å koble en strekkklapp direkte til en måleforsterker uten bruk av målebro, selv om dette ikke er den mest foretrukne metoden.

7.1.3 Temperaturpåvirkning

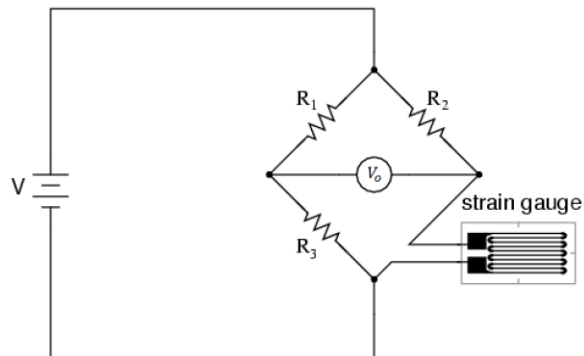
For å redusere temperaturens innflytelse benyttes et motstandsmateriale i strekkklappene som har liten temperaturkoeffisient. På tross av dette er strekkklappene i en viss grad sensitive til temperaturforandringer. For å bøte på ulempene forbundet med temperaturforandringer kan man benytte seg av et måleelement som skal kompensere for temperaturforandringene. Et slikt ekstra måleelement må da plasseres på en slik måte at det blir utsatt for de samme temperaturforandringene som hovedstrekkklappen. Ekstraelementet skal ikke utsettes for belastningskrefter. Ved å erstatte den ene strekkklappen i figur 26 (*2 strekkklapper i en målebro*) med ekstraelementet vil man kunne nøytralisere påvirkningen fra temperaturforandringen.

En annen metode for å øke sensitiviteten og redusere temperaturpåvirkningen er å benytte en målebro med fire strekkklapper.

7.2 Kobling av strekkklapp til målebro

Som tidligere beskrevet i dette kapittelet så finnes det flere mulige målebro koblingskonfigurasjoner ved bruk av strekkklapper. Videre er det beskrevet hvordan temperaturpåvirkning kan reduseres samt hvordan sensitivitet kan forbedres ved forskjellige målebro koblingskonfigurasjoner.

7.2.1 Kvartbro

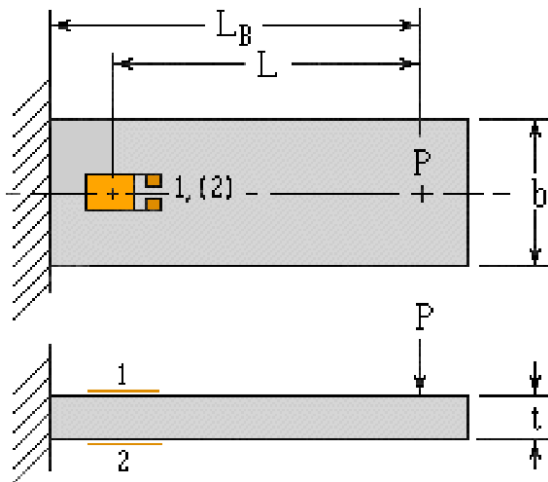


Teknisk Dokument Figur 28: Prinsippskisse for en kvartbro

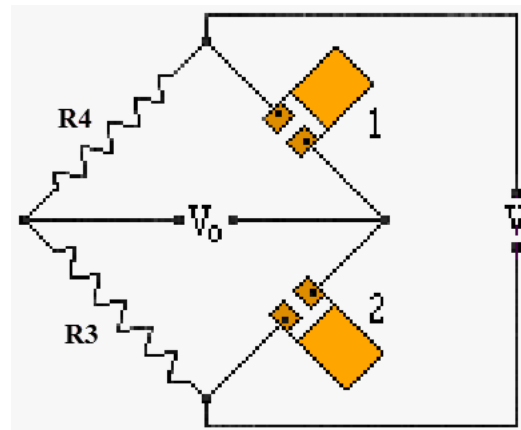
Figur 28 ovenfor viser en strekkklapp (*strain gauge*) som er tilkoblet til en kvartbro. Strekkklappen er limt fast i et prøvestykke. Her benyttes kun en strekkklapp for hvert prøvestykke. Når strekkklappen tilkobles målebroen på denne måten oppnås ikke temperaturkompensasjon for temperaturpåvirkning av strekkklappen, og dermed kan strekkklappens omgivelsestemperatur påvirket måleresultatet.

7.2.2 Halvbro

I en halvbro er to av motstandene byttet ut med strekkklapper. Ved å benytte 2 strekkklapper som blir utsatt for spenninger, så oppnår man at endringen i motstandsvariasjonen blir dobbelt så stor som i en kvartbro.



Teknisk Dokument Figur 29: Strekkklapp på prøvestykke

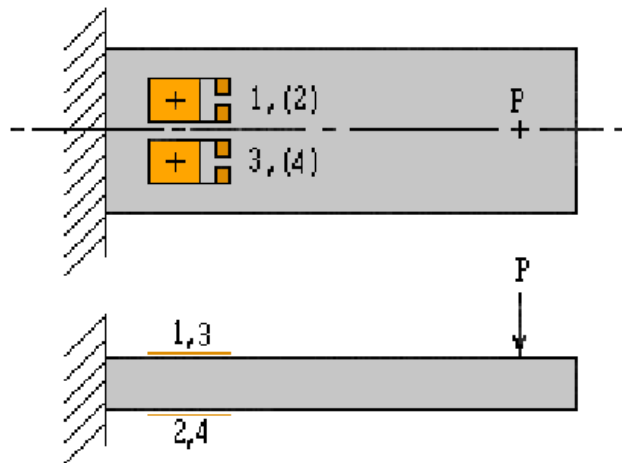


Teknisk Dokument Figur 30: Posisjon av strekkklapper i halvbro med motsatt tøyning

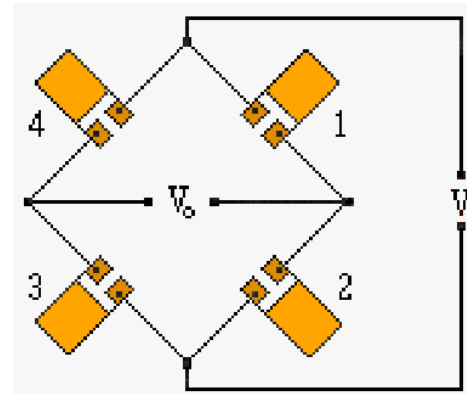
I figuren 29 til ovenfor ser vi at en av strekkklappene er montert på kompresjonsiden av målestykket og en av strekkklappene er montert på ekspansjonsiden. Ved å koble disse to strekkklappene inn i samme målebro som vist i figur 30 ovenfor oppnår man bedre sensitivitet enn ved bruk av én strekkklapp, samt at broen blir balansert med hensyn på temperaturpåvirkninger på strekkklappene. Man oppnår samme resultat ved å bytte strekkklapp 1 med R3 eller Strekkklapp 2 med R4. Disse konfigurasjonene kalles en halvbro med motsatt tøyning. Derimot hvis man skal benytte to strekkklapper på enten ekspansjonssiden eller på kompresjonssiden så må man koble strekkklappene annerledes inn i målebroen. Man må da bytte strekkklapp 1 med R4, eller strekkklapp 2 med R3. En slik konfigurasjon kalles halvbro samme tøyning. Ved bruk av halvbro med samme tøyning oppnår man ikke balansering med hensyn på temperaturpåvirkninger på strekkklappene.

7.2.3 Fullbro

I en fullbro er alle fire motstandene byttet ut med strekkklapper. Dette gir samme anvendelsesområde som en halvbro med motsatt tøyning, men med dobbel så store endringer av motstandsvariasjonen som det man kan oppnå ved en halvbro.



Teknisk Dokument Figur 31: Strekkklabb på prøvestykke



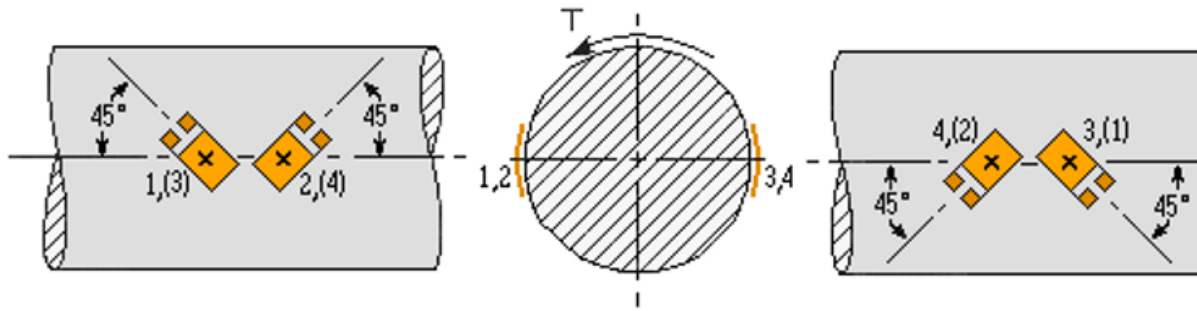
Teknisk Dokument Figur 32: Strekkklapper i fullbro

Ved bruk av fullbro oppnår man nøytralisering av temperaturpåvirkning på strekkklappene. Figur 32 viser en fullbro med 2 dummystrekkklapper (Strekkklapp 1 og strekkklapp 3), denne målebroen vil gi balansering med hensyn på temperaturpåvirkninger på strekkklappene. En slik fullbro konfigurasjon vil dermed virke som en halvbro med samme tøyning, men med balansering med hensyn på temperaturpåvirkninger på strekkklappene.

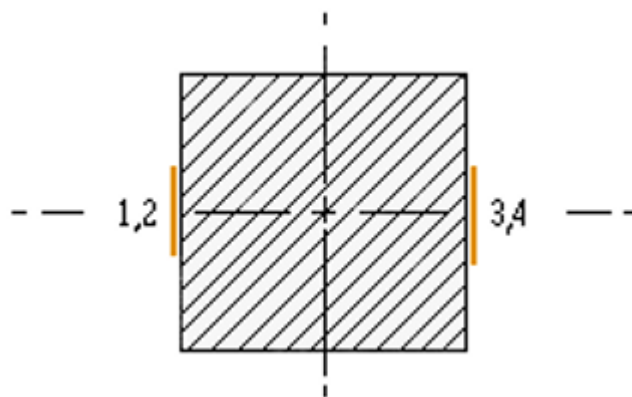
7.2.4 Måleoppsett ved måling av torsjon

Det er mulig å måle torsjonsspenning ved hjelp av strekkklapper i en halvbro eller en fullbro. Når man skal måle torsjon ved hjelp av strekkklapper så er det veldig viktig at strekkklappene monteres med 45° vinkel på senteraksen og med 90° vinkel mellom hverandre, slik figur 33 nedenfor viser. Siden det er utfordrende å montere strekkklapper med ønsket nøyaktighet på en rund aksel kan det være fordelaktig å benytte et strekkklappsett som leveres ferdig faseforskjøvet i 90°.

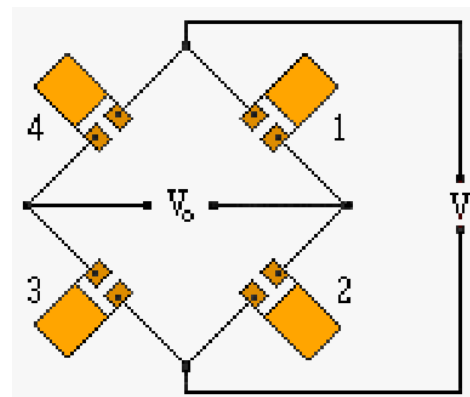
Hvis man skal måle torsjon ved hjelp av to strekkklapper i en halvbro så skal man benytte seg av brokonfigurasjonen halvbro med motsatt tøyning.



Teknisk Dokument Figur 33: Plassering av strekklabb på prøvestykke



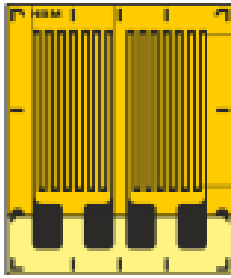
Teknisk Dokument Figur 34: Strekklabb på prøvestykke



Teknisk Dokument Figur 35: Strekklapper i fullbro

7.2.4 Brukervennlighet og robusthet

Ved bruk av halvbro og fullbro blir det dobbelt eller fire ganger så mange strekklapper å montere som ved en kvartbru. Jo flere strekklapper som monteres, jo mer tidkrevende blir måleprosessen. Det å montere strekklapper er et presisjonsarbeid som krever nøyaktighet for å oppnå et godt resultat. I tillegg vil flere komponenter redusere robustheten, ved at det er flere ting som kan gå galt. Det er derfor ofte hensiktsmessig å velge strekklapper som er konstruert for det man skal måle. For eksempel er det mulig å kjøpe doble halvbro-strekklapper. Det er også mulig å kjøpe doble torsjons-strekklapper der to strekklapper er montert med en vinkel på 90° til hverandre på et felles underlag. Som et eksempel er vi fra firmaet HBM-Norge blitt anbefalt å bruke den doble halvbro-strekklappen 1-DY41-3/350 samt Torsjons-strekklappen 1-XY41-3/120.



Teknisk Dokument Figur 36: Doble halvbro-strekkklapp; 1-DY41-3/350



Teknisk Dokument Figur 37: Torsjons-strekkklappen; 1-XY41-3/120

Kravet til målenøyaktighet avgjør målebrukonfigurasjonen. Har man behov for optimal målenøyaktighet bør man benytte en fullbro. Derimot er en kvartbro ofte tilstrekkelig som en indikasjon på spenninger i et prøvestykke.

7.2.5 Valg av strekkklapp og tilleggsutstyr

Innkjøp av komponenter og instrumenter for vår bøye og torsjon maskin skal etter behov gjennomføres via leverandør godkjent av veileder og faglærer. Innen fagfeltet selges det profesjonelle ferdigpakket som inneholder alt nødvendig materiell for montering av strekkklapper eller avlesning av strekkklapper. Slikt spesialutstyr er ofte kostbart, slik at innkjøp må foretas etter et løpende behov. For at anvendelsesmulighetene for BTM skal være så stor som mulig er det derfor bestemt at vi ikke skal låse oss til noen bestemte utstyrsleverandører. Vi har derfor utført generelle beskrivelser for tilkoblingsutstyr til BTM. Ved bruk av BTM må våre beskrivelser av tilleggsutstyr til BTM derfor komplementeres med beskrivelsene til de valgte produktene.

Vi har vært i kontakt med firmaet HBM og innhentet et tilbud på strekkklapper og tilbehør. Dette tilbudet er vedlagt i kapittel 9.16.

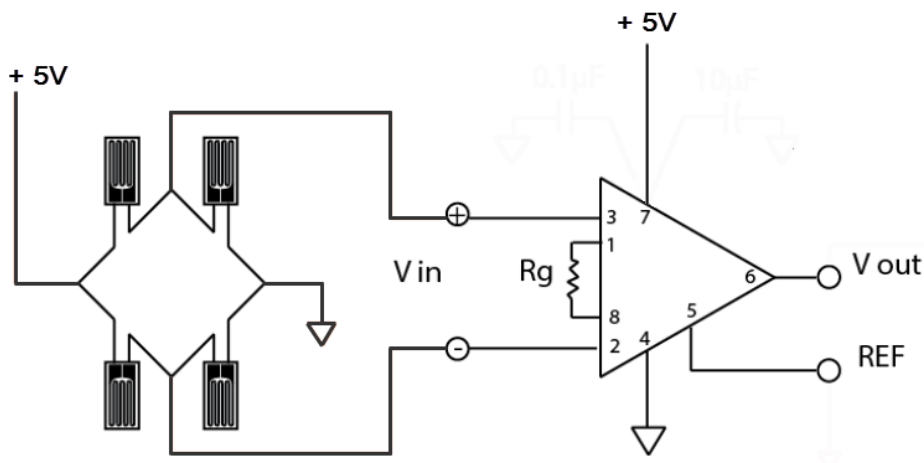
7.3 Komponentvalg og komponentoppkobling

Det finnes mange forskjellige utstyrsleverandører på måleutstyr som er beregnet for avlesning av strekkklapper. Slikt utstyr er å få kjøpt i mange forskjellige prisklasser med varierende kvalitet og i forskjellige omfang, det er mulig å kjøpe alt av hardware og software.

Nedenfor har vi tatt utgangspunkt i eksisterende materiell og måleutstyr som HSN har på sitt laboratorium og gjennomført en prøveoppkobling. Denne prøveoppkoblingen er utført og vist som et eksempel på hvordan måling kan utføres på strekkklapper påmontert prøvestykker som brukes på BTM.

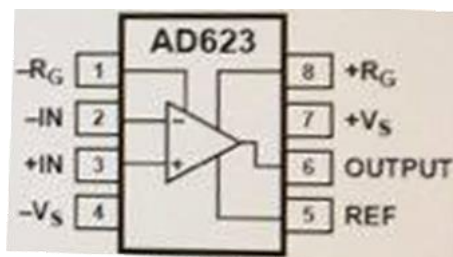
Vi har i oppkoblingseksempelet nedenfor benyttet oss av instrumenterings forsterker AD623.

7.3.1 Prinsippskisse for oppkobling



Teknisk Dokument Figur 38: Prinsippskisse for oppkobling

7.3.2 Anvente komponenter

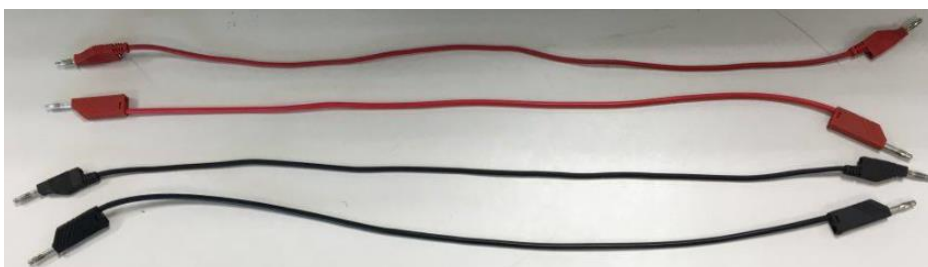


Teknisk Dokument Figur 39: Instrumenterings forsterker; AD623

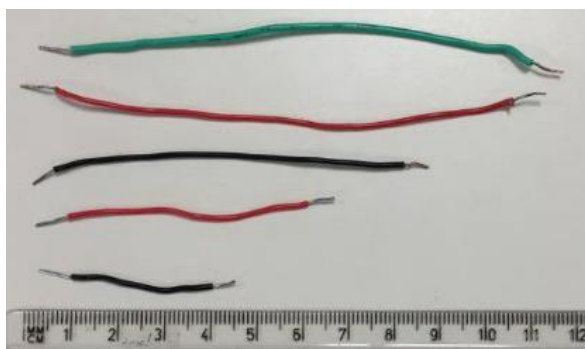


Teknisk Dokument Figur 40: Motstand -100 Ω

Motstand på 100 Ω er valgt ut fra instrumenterings forsterker AD623 sitt datablad for å gi en forsterkning på 1000 ganger.



Teknisk Dokument Figur 41: Instrument koblingsledninger; 50cm lengde



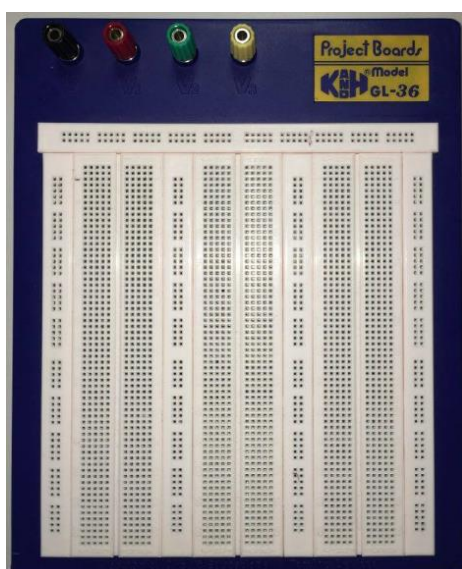
Teknisk Dokument Figur 42: Koblingsledninger for terminalbrett; 45 mm til 120mm



Teknisk Dokument Figur 43: Multimeter; Appa 69

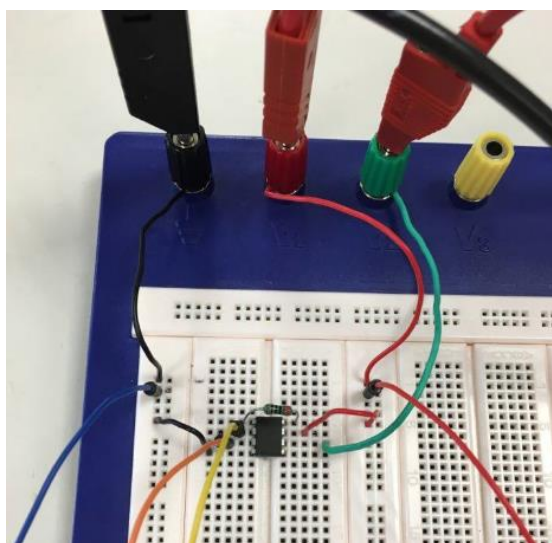


Teknisk Dokument Figur 44: Spenningsforsyning; Netzgerät EA-3001

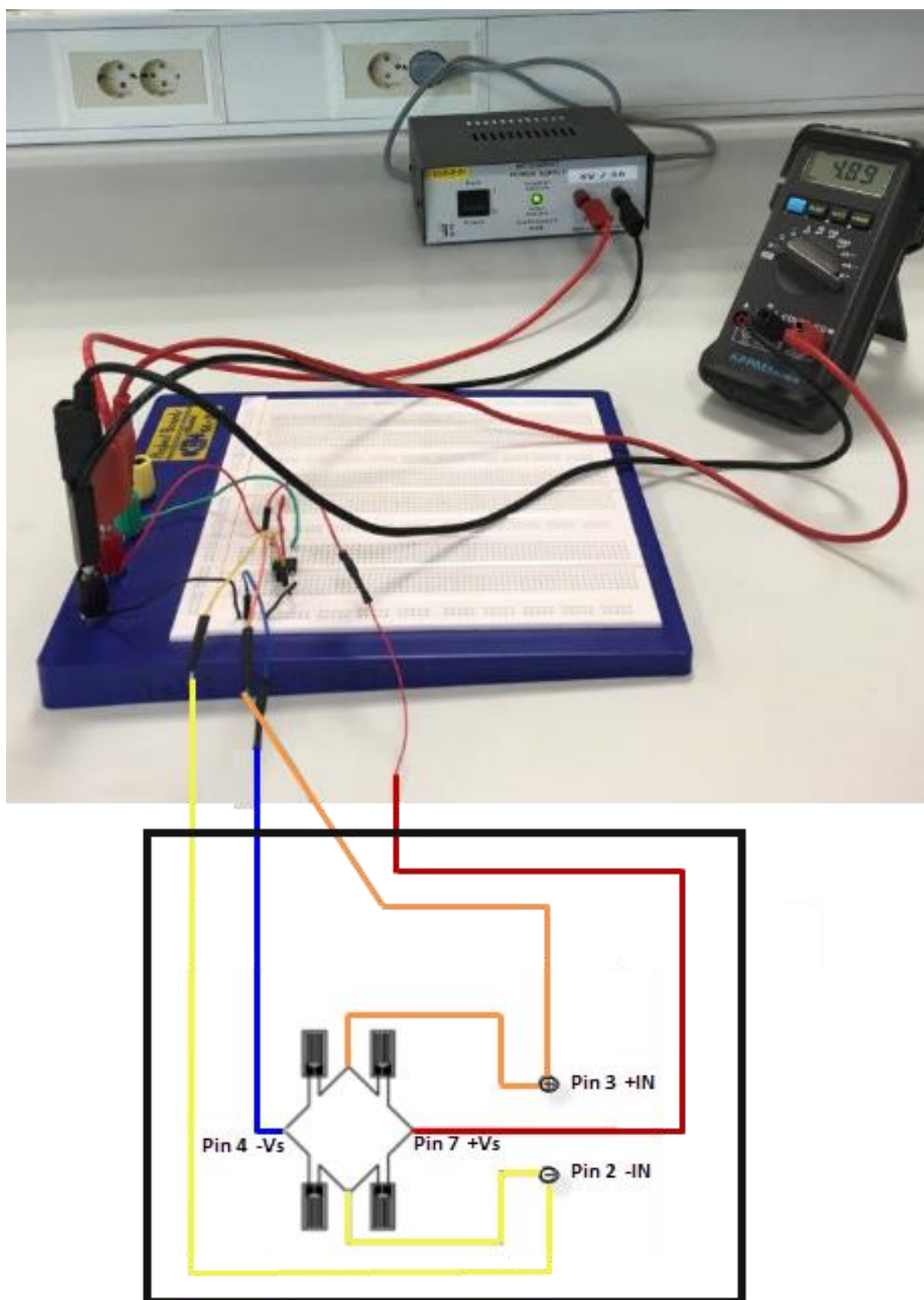


Teknisk Dokument Figur 45: Terminalbrett; Project Boards K&H model GL-36

7.3.2 Oppkobling



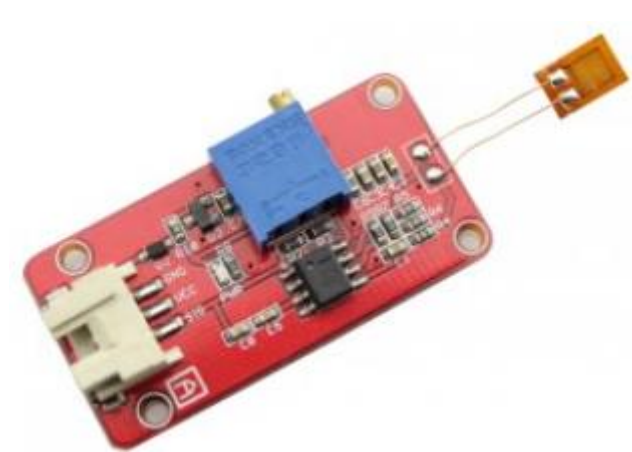
Teknisk Dokument Figur 46: Nærbilde oppkoblet instrumenterings forsterker



Teknisk Dokument Figur 47: Oppkobling strekkklapp i fullbro tilkoblet instrumenterings forsterker og voltmeter

7.3.3 Alternativ oppkobling

Som et alternativ til å utføre en komplett komponentoppkobling selv, så er det mulig å kjøpe ferdigmonterte kretskort med instrumenterings forsterker og strekkklapp i en pakke. Ved å benytte seg av slike prefabrikkerte løsninger mister man noe av fleksibiliteten og muligheten til å optimalisere måleoppsettene.



Teknisk Dokument Figur 48: Fabrikkmontert kretskort med strekkklapp

Figuren 48 ovenfor viser den justerbare integrert instrumenterings forsterker og strekkklapp BF350-3AA, som er fabrikkmontert på et forsterkerjusterbart kretskort.

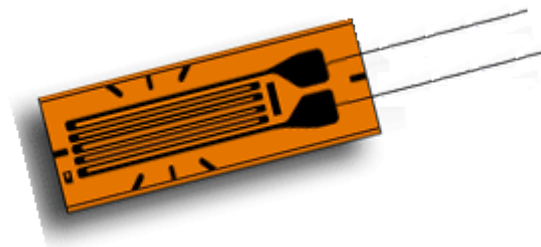
7.4 Strekkklapp brukermanual

Det finnes som nevnt tidligere mange forskjellige produsenter av strekkklapper og utstyr for montering av strekkklapper. De forskjellige produsentene har ofte eksklusive avtaler med distributører. Disse distributørene leverer ofte sammensatte pakkeløsninger for strekkklapper og alt nødvendig monteringsutstyr. Sammen med slike pakkeløsninger medfølger ofte en detaljert bruksanvisning der leverandørens produkter anbefales. Prosjektgruppen ønsker ikke å låse bruken av BTM opp mot bestemte leverandører av strekkklapper. Vi har derfor utarbeidet en generell prosedyre for liming av strekkklapper til prøvestykke/måleobjektet. Ved bruk av strekkklapper der produktets bruksanvisning avviker fra vår generelle bruksanvisning må vår bruksanvisning komplementeres.

7.4.1 Strekkklapp liming prosedyre

Denne prosedyren beskriver hvordan strekkklapper skal festes til prøvestykke eller objekter/gjenstander som det skal utføres måles på.

1. Velg den optimale type strekkklapp for måling av objekt i samsvar med målekriterier

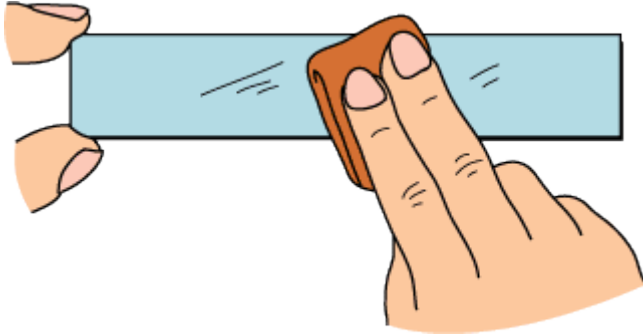


Teknisk Dokument Figur 49: Eksempel på strekkklapp

Underlaget til strekkklappene produsert av et elastisk materiale som for eksempel polyamid.

Det følsomme element for strekkklapper er tilgjengelig i ulike lengder. Vanlig følsomhetsområde for strekkklapper er for de minste typene 0,2 mm mens for de største typene 120 mm.

2. Fjern nøye maling, rust, fett og støv fra overflaten av objektet som skal måles



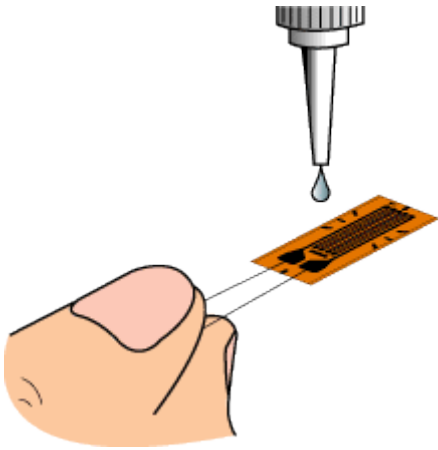
Teknisk Dokument Figur 50: Puss området der strekkappen skal monteres

Bruk hansker og vernebriller. Vær oppmerksom på at forskjellige leverandører av lim og rengjøringsreagenter kan anbefale ytterligere verneutstyr. Det er vanlig at avtrekksvifte er anbefalt.

Maling og rust fjernes med sandpapir (P 100-320). Puss med sirkulære bevegelser. Området som pusses med sandpapir må være så stort at hele strekkappen kan passe i det pussede området.

For å fjerne støv og fett, bruk rengjøringsreagenter som for eksempel kjemisk ren aceton. Bruk en absorberende klut som ikke loer og tørk det pussede området i en ensartet retning inntil området er rent. Ved å tørke hardt med kluten oppnår man ofte det beste resultatet.

3. Plasser en dråpe lim på undersiden av strekklassen



Teknisk Dokument Figur 51: Påføring av lim

De forskjellige leverandørene anbefaler ofte egne merker av lim. For optimalt resultat må bruksanvisningen til limleverandøren følges.

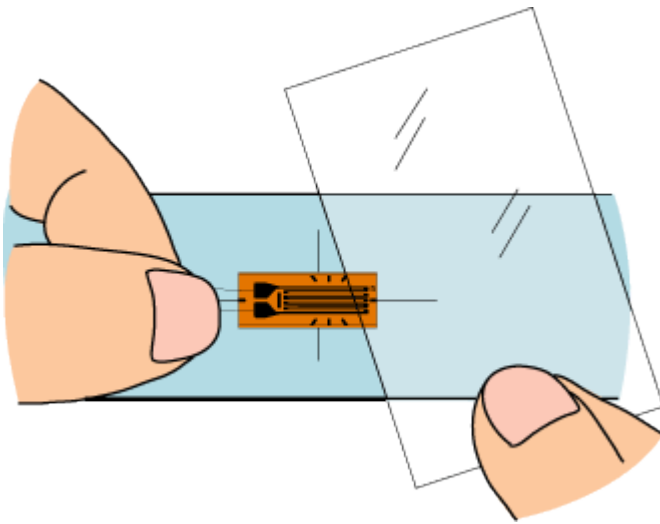
Før man påfører limet på strekkappe må man orientere seg om hva som er forsiden (metall og foliedelen) og hva som er baksiden/undersiden av strekkappen. Limet skal påføres undersiden av strekkappen. For de aller fleste limtypene skal limet etter at det er påført undersiden av strekkappen umiddelbart festes på måleobjektet. Videre anbefales det ofte at limet påføres i en dråpe uten at limet smøres jevnt på baksiden av strekkappen. Dette for å hindre negativ påvirkning ved at limet delvis herder før det får kontakt med måleobjektet. Slik delvis herding av limet reduserer limets festeevne.

Det anbefales å lese gjennom de neste stegene før du fortsetter. Dette fordi hurtighet og presisjon er avgjørende for et godt resultat.

4. Plasser strekklassen på den forhåndsavmerkede plassen på objektet som skal avleses

Marker på måleobjektet hvor strekklassen skal plasseres og i hvilken retning den skal plasseres.

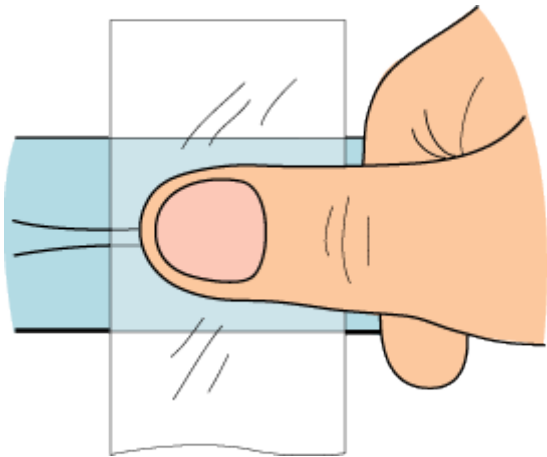
Når man skal merke av på måleobjektet hvor strekklassen skal plasseres må man være påpasselig slik at måleobjektet ikke påføres riper. Videre må man være påpasselig slik at markeringsredskapet ikke forurensrer måleobjektet med avleiringer som kan hemme limets hefteevne. Det anbefales å bruke en 2H blyant.



Teknisk Dokument Figur 52: Plassering av streklapp

Plaser forsiktig senter av strekklassen på senter av det avmerkede område på objektet som skal avleses.

5. Trykk strekkklappen med fingeren til overflate av måleobjektet

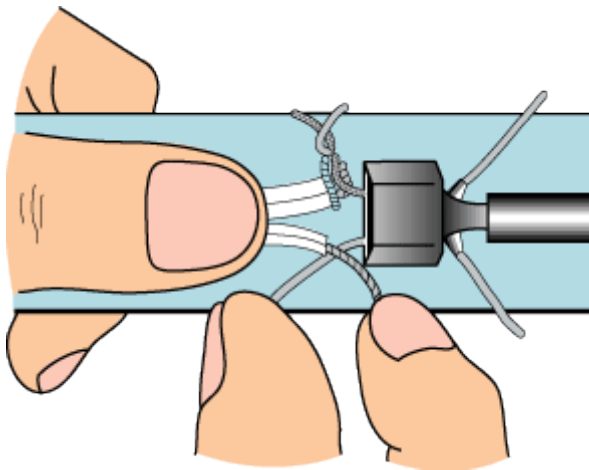


Teknisk Dokument Figur 53: Press strekkklappen fast

Plasser plastfolie over strekkklappen og press med størst mulig kraft i ca 1 minutt.

Fjern plastfolien etter at strekkklappen er festet til måleobjektet. Kontroller at strekkklappen er limt fast og ikke beveger seg i forhold til markeringen. Et tegn på god liming kan være en jevn fordeling av overflødig lim rundt strekkklappen. Ved mye overflødig lim så pusses dette limet forsiktig bort.

6. Strekklappens tilkoblingspunkter kobles til terminalbrettet



Teknisk Dokument Figur 54: Tilkobling av strekkappen

Termineringspunktene til strekkappene tilkobles terminalbrettet. Pass på at termineringspunktene til strekkappen ikke blir påført strekkrefter ved stramme ledninger. For å unngå strekk i termineringspunktene til strekkappene skal man benytte leverandørens anbefalte tape.

8.0 Referanser

- M. Jouaneh, Fundamentals of mechatronics. v2013. Department of Mechanical, Industrial, and System Engineering University of Rhode Island
- Fagkonsulent Paul Bjørn Andersen, Artikkel - Strekkklapp. v2005. Store norske leksikon
- S. Gudvangen, Forelesningskompendie – Strain gauge. V2016. Faculty of Technology and Maritim Sciences Kongsberg Institute of Engineering. HSN
- S. Gudvangen, Forelesningskompendie – Instrumentation amplifiers. V2016. Faculty of Technology and Maritim Sciences Kongsberg Institute of Engineering. HSN
- T. Lindem, Forelesningskompendie – Signalbehandling og måleteknikk. V2008. Fysisk institutt. UiO
- N. K. Rossing, Forelesningskompendie – Strekkklapteori. Skolelaboratoriet ved NTNU
- Forelesningskompendie - Strekkklapp (Strain Gauge)
- JJJ Consult AS, Forelesningskompendie - Instrumentering og måleteknikk.
- http://www.ametektest.com/~media/ametektest/download_links/dual_column_test_stands_lr_and_ez_manual_english.pdf (Lloyd R10K)
- B. J. Furman, Forelesningskompendie – Force, Torque, Stress, and Strain Measurement. V2006. Department of Mechanical Engineering San Jose State University
- HBM, Produktkatalog – Strain Gauges and accessories. v2016
- KYOWA, Cat. No. 107B-U53 – Introduction to Strain Gages. v2005
- Analog Devices. Datablad – Instrumentation Amplifier AD623. v2008
- http://help.solidworks.com/2014/English/SolidWorks/cworks/t_Plotting_Quality_Parameters_of_Mesh_Plots.htm
- http://help.solidworks.com/2014/English/SolidWorks/cworks/c_Mesh_Quality_Checks.htm
- <http://help.solidworks.com/HelpProducts.aspx>
- Kjøp av skruer/muttere, kulelager:
www.tingstad.no, www.Reservedeler.no, www.tess.no

9.0 Vedlegg

Her ligger en oversikt over de vedlegg som er relevante for dette dokumentet.

Vedlegg	Beskrivelse
1	2D – 6-kt Pipe
2	2D – Prøvestav
3	2D – Sekskantstål
4	2D – IPE80 - bjelke
5	2D – Vertikal arm
6	2D – Horisontal arm (Roterende arm)
7	2D – Toppfeste
8	2D – Plate for feste til bunn
9	2D – Indre plate for feste til bunn
10	2D – Plate for feste til topp
11	2D – Underfeste
12	2D – Sammensetning av modell 1
13	2D – Sammensetning av modell 2
14	2D – T- sporholder (Ekstramateriale)
15	Tilbud fra Smith Stål AS
16	Tilbud på strekkklapper med tilbehør fra HBM

Teknisk Dokument Tabell 7: Vedlegg



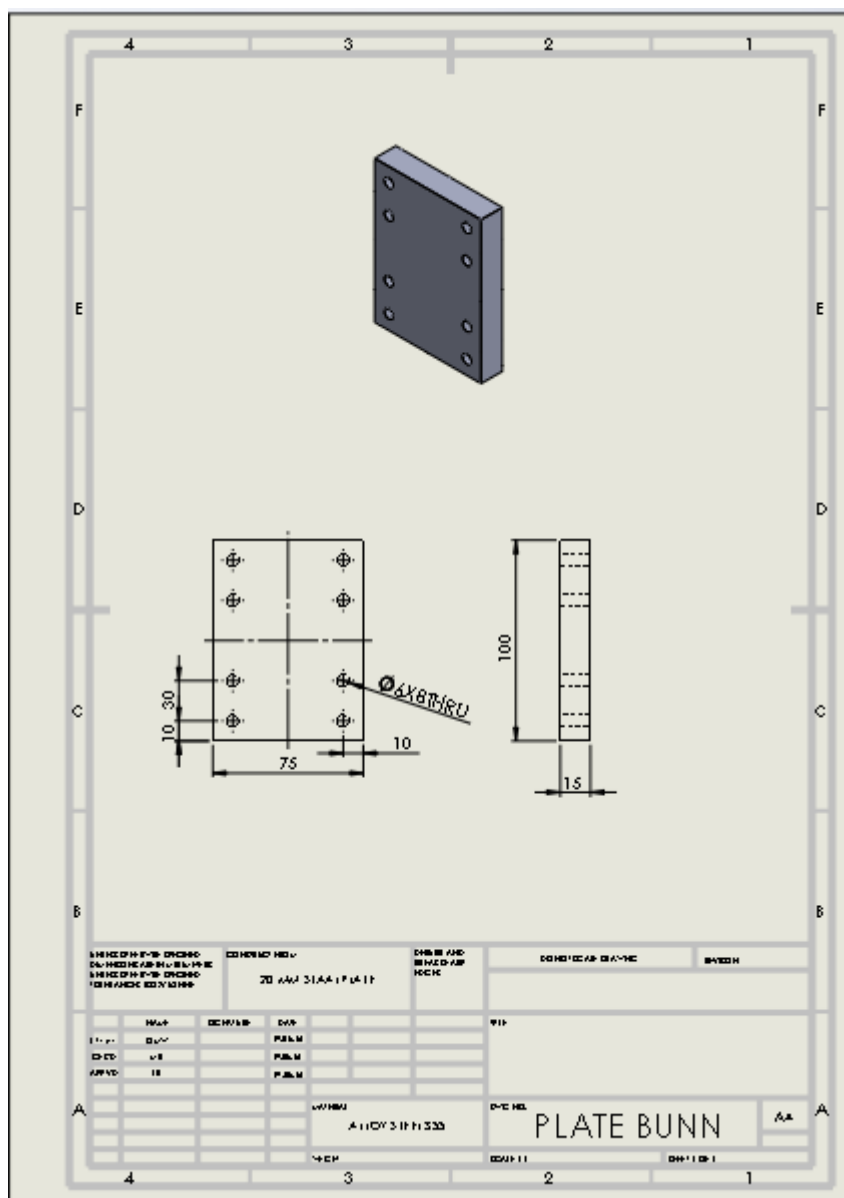




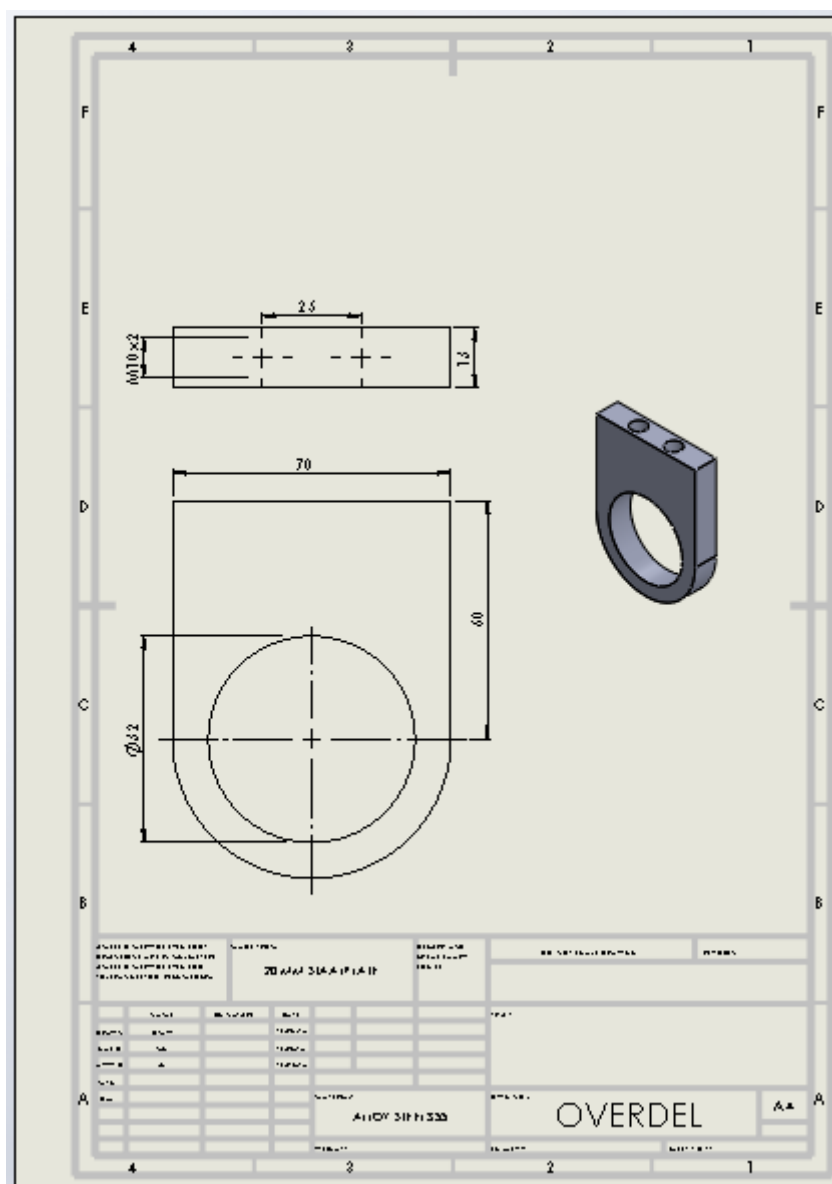




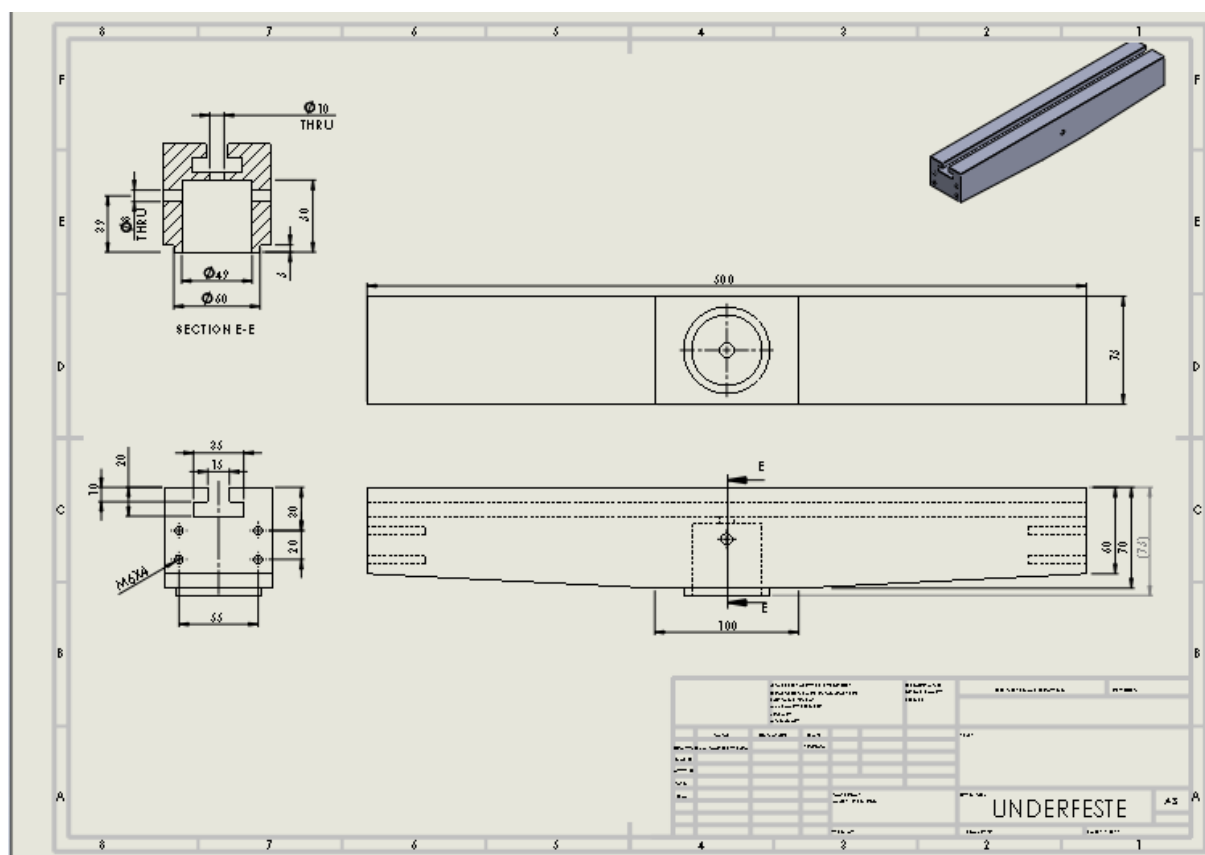
9.8 Vedlegg: 2D-tegning plate for bunnfeste



9.10 Vedlegg: 2D-tegning plate for toppfeste



9.11 Vedlegg: 2D-tegning underdel







9.15 Vedlegg: Tilbud fra Smith Stål AS

Tilbud nr. 69997

Side 1

HØGSKOLEN I BUSKERUD
FAKTURAMOTTAK
POSTBOKS 365 ALNABRU
0614 OSLO
Deres ref.: REF 1368

Lev.adr: HØGSKOLEN I BUSKERUD AVD. INGE
Frogsvei 41
0614 OSLO

Dato: 21.04.16
Vår ref.: Baard Tresselt
Levering: BIL
Kundenr.: 4943

Betalingsbetingelse: Netto 30 dager

Spesifikasjon	Antall	Mengde	Sone/Dim	Grunnpris	Rab	Effektiv	Beløp
Vi takker for Deres forespørsel og har gleden av å tilby som følger, med forbehold og mellomvalg / verksaksept.							
Vi gjør samtidig oppmerksom på våre salgsbetingelser som finnes bakerst i vår lagerkatalog/prisliste. Vennligst be om kopi straks dersom du mangler denne.							
S235JR							
FIRKANT 80 MM	1 LGD á	0,40 M	23 KG	10,44		10,44	240,12 21.04.16
Tilrigging				125,00			125,00
Maskinkapp, Lgd.tol: NS3420-1:20009			1 Stk	65,00			65,00
Sertifikatomkostninger				100,00			100,00
S355 MC / MC LASER							
PLATE 10X1000X2000 MM	1 STK		160 KG	9,47		9,47	1.515,20 21.04.16
Sertifikatomkostninger				100,00			100,00
S355 MC / MC LASER							
PLATE 5X1000X2000 MM	1 STK		80 KG	9,47		9,47	757,60 21.04.16
Sertifikatomkostninger				100,00			100,00
S355J2							
FORMSTÅL IPE 80	1 LGD á	1,00 M	7 KG	9,45		9,45	66,15 21.04.16
Tilrigging				125,00			125,00
Maskinkapp, Lgd.tol: NS3420-1:20009			1 Stk	57,00			57,00
Sertifikatomkostninger				100,00			100,00
Transport (minstefrakt)	STK á	STK	1 STK	500,00		500,00	500,00 21.04.16
				I alt NOK			3.851,07 eks. mva.

E.A. Smith AS avd. Smith Stål Øst

9.16 Vedlegg: Tilbud fra HBM



HBM Norge AS - Postboks 254 - 1411 Kolbotn
Høgskolen i Buskerud
Herr Anne Bjørnar Næss
Pb. 251
3601 KONGSBERG

HBM Norge AS

Postboks 254, 1411 Kolbotn
Besøksadresse:
Rosenholmveien 25, 1414 Troilåsen
Tlf: +47 483 00 700
Fax: +47 66 81 00 00
<http://www.hbm.com>

Skrevet av:
Bjarne Hauge
Tlf: +47 926 26 951
Fax: +47 66 81 00 00
E-post: bjarne.hauge@hbm.com

Ansvarlig:
Bjarne Hauge
Tlf: +47 926 26 951
Fax: +47 66 81 00 00
E-post: bjarne.hauge@hbm.com

14.04.2016

Tilbud: 8888418684 - Måleutstyr for strekkapper

Vi takker for deres forespørsel og sender som avtalt følgende tilbud.
Husk at du/dere også kan bestille våre produkter via vår webshop på <http://www.hbm.com/hbmshop-no>.


Pos	Produkt	Antall	Enhets pris	Total pris
10	1-MX440-PAKEASY  Package including: 4-channel universal amplifier of the QuantumX family; Supports the following transducer technologies on all channels: - SG half or full bridge (DC or Carrier Frequency 4.8 kHz); - voltage (100mV, 10 and 60 V); - current fed piezos (IEPE / ICP) - piezoresistive full bridge; - resistance thermometers (PT100, PT1000); - thermocouples (type K, N, R, S, T, B, E, J); - resistance (5000 Ohm); - potentiometric transducer; - inductive half or full bridge, LVDT; - current (± 20 mA); - frequency, counter, rotary encoder (with/without index), SSI; The following applies for each channel: - Data rate: max. 40 kS/s (7 kHz bandwidth); - Adjustable low pass filter (Bessel, Butterworth); - Automatic sensor identification (TEDS); - Sensor supply: 5...24 V, 0.7 W (Module: 2 W); - All inputs electrically isolated; - Socket: DSubHD 15 pole; General: - 1 x Ethernet (PTP), 2 x Firewire; - Voltage supply: 10...30 V DC, max. 10 W; Also included: - power supply (1-NTX001) - 4 transducer plugs with TEDS (1-SUBHD15-MALE)	1	41.000,00 NOK	41.000,00 NOK

HBM: business document

Tilbud: 999418594 - Måleutstyr for strekkapper

Side 2

14.04.2016




Pos	Produkt	Antall	Enhets pris	Total pris
	- Ethernet cross-over cable (1-KAB239-2) - calman@Easy software from HBM, including software maintenance for the first 12 months; Accessories - connection of thermocouples: 1-THERMO-MXBOARD; - connection of strain gage 1/4-bridge: 1-SCM-SG120/350; - connection of 300 V CAT II: 1-SCM-HV; - connection of 10 V, 60 or IEPE over BNC: 1-SUBHD15-BNC.			
20	Alternative 1-MX840-PAKEASY  Package including: 8-channel universal amplifier of the QuantumX family; 8-channel universal amplifier of the QuantumX family; Supports the following transducer technologies (total of 8 channels): - 8 x SG half or full bridge (DC or CF with 4.8 kHz); - 8 x voltage (100 mV, 10 and 50 V); - 8 x current fed piezos (IEPE / ICP); - 8 x piezoresistive full bridge; - 8 x thermocouples (type K, N, R, S, T, B, E, J, C); - 8 x resistance thermometer (PT100, PT1000); - 8 x resistance (5000 Ohm); - 8 x potentiometric transducer; - 8 x inductive half or full bridge, LVDT; - 8 x current (±20 mA); - 4 x rotary encoder (with/without index), counter, frequency / rpm, SSI protocol; - 1 x CAN bus (128 signals receiving, 7 DAQ channels transmitting); The following applies for each channel: - Data rate: max. 40 kS/s (7 kHz bandwidth); - Adjustable lowpass filter (Bessel, Butterworth); - TEDS support: Automatic sensor identification; - Sensor supply: 5...24 V, 0.7 W (Module: 2 W); - All inputs electrically isolated; - Socket: DSubHD 15 pole; General: - 1 x Ethernet (PTP), 2 x Firewire; - Voltage supply: 10...30 V DC, max. 13 W; Also included: - power supply (1-NTX001) - 8 transducer plugs with TEDS (1-SUBHD15-MALE) - Ethernet cross-over cable (1-KAB239-2) - calman@Easy software from HBM, including software maintenance for the first 12 months Available Accessories: - connection of thermocouples: 1-THERMO-MXBOARD; - connection of strain gage 1/4-bridge: 1-SCM-SG120/350; - connection of IEPE or 10 V over BNC: 1-SUBHD15-BNC; - connection of 300 V CAT II: 1-SCM-HV.	1	64.400,00 NOK	64.400,00 NOK

HBM: last new document

Tilbud: 9899418584 - Målestyr for strekkilapper

Side 3

14.04.2016

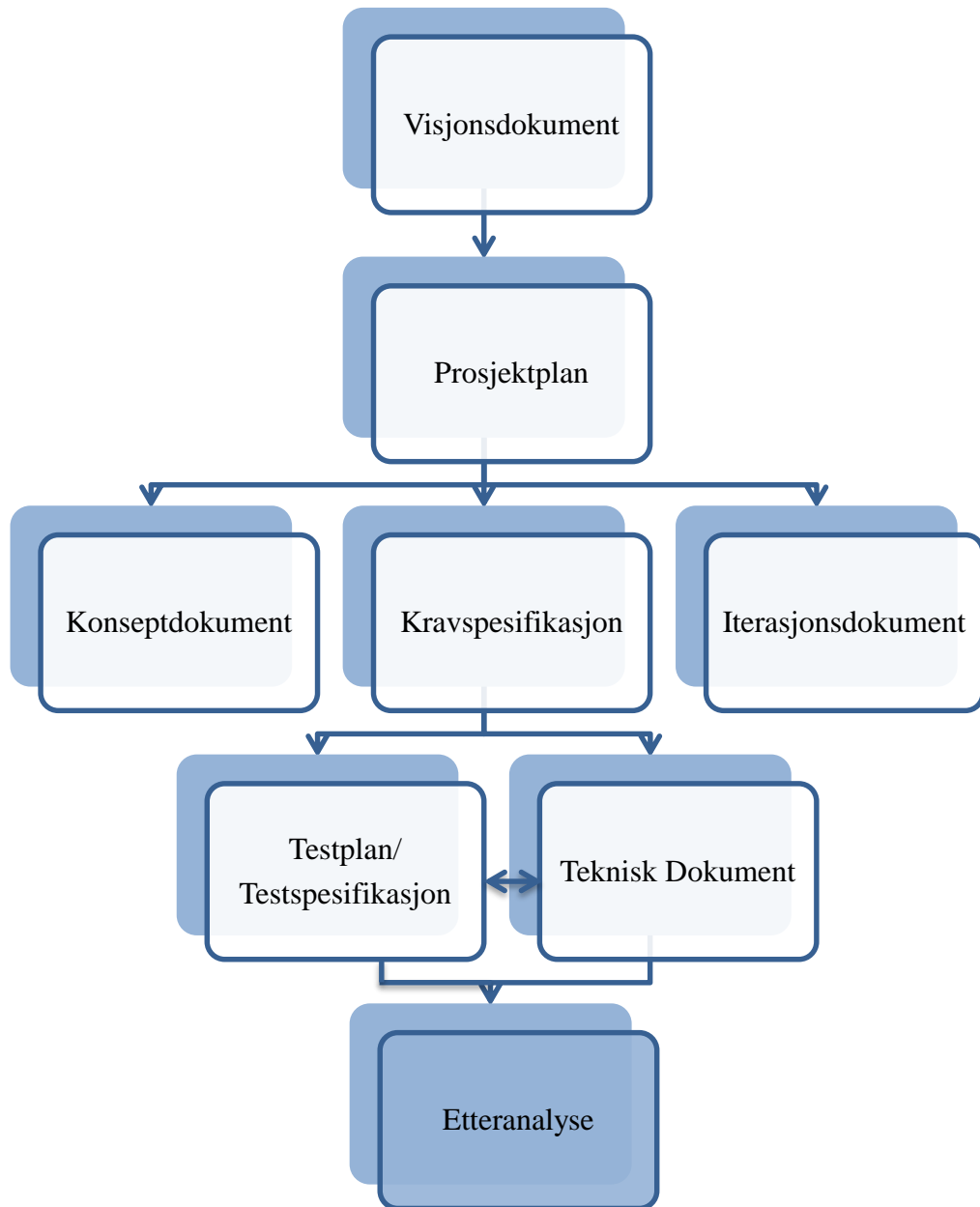
Pos	Produkt	Antall	Enhets pris	Total pris
30	 1-XY41-3/120 Strain gage series Y (Universal SG for stress analysis) Geometry: shear/torsion half bridge Measuring grid material: constantan Carrier foil: polyimide 2 grids, offset +/- 45° to the axis, connected in a half bridge circuit Measuring grid covered Integrated solder tabs Temp. response: ferr. steel (10.8 ppm/K) Nominal resistance: 120 ohms Measuring grid length: 3 mm Contents per package: 5 pcs.	1	870,00 NOK	870,00 NOK
40	 1-DY41-3/350 Strain gage series Y (Universal SG for stress analysis) Geometry: double linear Measuring grid material: constantan Carrier foil: polyimide 2 measur. grids, parallel to each other Measuring grid covered Integrated solder tabs Temp. response: ferr. steel (10.8 ppm/K) Nominal resistance: 350 ohms Measuring grid length: 3 mm Contents per package: 5 pcs.	1	880,00 NOK	880,00 NOK
50	 1-CABA1/20 Cable reel 20m measurement cable 6 wire cable with PVC coat 0.14mm shielded, Type KAB 5.4/00-6 HBM colour code Temperature range: -30 to +85C (-22.+185F) Length: 20m	1	470,00 NOK	470,00 NOK

HBMshop

Discover the new purchasing platform of HBM

Register now at www.hbm.com/hbmshop

	43.220,00 NOK
Totalt beløp	43.220,00 NOK



Faculty of Technology and Maritime Sciences
Kongsberg Institute of Engineering



HØYSKOLEN I SØRØST-NORGE

BØYE & TORSJON MASKIN

Fagkode: SFHO3201

År: 2016

ETTERANALYSE v1.0

Utarbeidet ved	Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge				
Gruppe	Ola Marius Weum, Jurate Schønning, Liridon Bicaj og Magnus Brattensborg				
Dokumentutgivelse	Versjon	Utgitt	Dokument-ansvarlig	Godkjent av	Sider
	1.0	20.05.16	MB	JS	12

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	2
Tabelliste	2
Dokumenthistorie	3
1.0 Innledning.....	4
1.1 Prosjektresultat	4
1.2 Produktevaluering.....	4
2.0 Prosjektgjennomføring	5
2.1 Arbeidsmetoder	5
2.2 Prosjektadministrasjon.....	5
3.0 Egenvurdering	6
3.1 Magnus Brattensborg.....	6
3.2 Ola Marius Weum	7
3.3 Jurate Schønning.....	9
3.4 Liridon Bicaj.....	11

Tabelliste

Etteranalyse Tabell 1: Dokumenthistorie	3
---	---

Dokumenthistorie

Versjon	Dato endret	Utarbeidet av	Godkjent av	Beskrivelse
1.0	16.05.2016	MB	JS	Opprettet dokument
1.0	19.05.2016	MB	JS	Egenvurdering
1.0	20.05.2016	OMW	JS	Egenvurdering
1.0	20.05.2016	LB	JS	Egenvurdering
1.0	20.05.2016	JS	OMW	Egenvurdering

Etteranalyse Tabell 1: Dokumenthistorie

1.0 Innledning

Prosjektets resultat avhenger i stor grad av den dokumentasjon som er laget rundt selve prosjektoppgaven og løsninger på denne. Dette dokumentet tar for seg gruppens totale vurdering av prosjektet, gjennomføring og endelige resultater av prosjektoppgaven. Avslutningsvis vil gruppemedlemmene gi en beskrivelse av de erfaringer vi har ervervet oss under dette prosjektets gang.

1.1 Prosjektresultat

Ved oppstart av dette prosjektet var oppgaven gitt ved at skolen ønsket nytt utstyr til laboratoriet. De ønsket seg et apparat som kunne utføre torsjon og bøyning av forskjellige typer prøvestykker, deretter skulle det også implementeres et verktøy for måling av de oppståtte spenningene. Det var ønskelig at vi skulle klare å ferdigstille produktet, slik at det var klart til bruk ved prosjektets slutt.

Vi har siden januar jobbet mot dette målet, og ved oppstart var gruppen positive for at dette skulle vi klare i løpet av denne bachelorperioden. En stund ut i prosjektet så vi oss nødt til å kun la det være med en god dokumentasjon, og ønsket om en ferdigstilling av produktet i fysisk stand ble dermed noe vi ikke fikk tid til å gjennomføre.

Vi har oppnådd delmålet om å utvikle et design, som ved montering på skolens strekkmaskin kan utføre torsjonstesting. Vi har også kommet opp med en løsning på et måleverktøy som kan hente ut de opptredende spenningene.

1.2 Produktevaluering

Vi anser vårt design som et godt produkt og har god tro på at dette er noe som kommer å virke i realiteten og ikke bare i simuleringene utført i SolidWorks. Vi har laget et godt produksjonsunderlag med informasjon om alt fra skruetype til festeanordninger, flytegrenser på ståltyper og bruksmanual. Dette er i stor grad forklart ved hjelp av 2D tegningene under Teknisk Dokument v2.0.

2.0 Prosjektgjennomføring

2.1 Arbeidsmetoder

Under gjennomføring av dette prosjektet har gruppen benyttet seg av prosjektmodellen Agile Unified Prosess, som beskrevet i Prosjektplan v3.0. Planleggingen av selve prosjektet har i stor grad vært betydelig for en kontinuerlig fremgang. Det å benytte en modell oppdelt i flere faser og iterasjoner har vist seg å være svært effektiv under prosjektperioden. Vi har med dette fått gjort egne evalueringer av prosjektet underveis, og gjort tekniske endringer når det har behøvdes. Vi har også benyttet oss av Gantt-diagram slik at alle har en noenlunde oversikt over det arbeide som blir utbedret til enhver tid. I tillegg har den enkelte gruppedeltager ukentlig måtte oppdatere sin timeliste, nøye detaljert med antall timer og beskrivelse av arbeid.

2.2 Prosjektadministrasjon

Gruppen har hatt ukentlig møter, både innad i gruppa og med veiledere, hvor de viktigste sakene ble diskutert. Disse møtene gikk først og fremst ut på hva som var gjort, og hva som skal gjøres videre. Møtene resulterte også ofte i løs diskusjon rundt prosjektoppgaven og dens videre fremdrift med tanke på eventuelle utfordringer. Dette var svært positivt for gruppa, da vi fikk mye input fra veiledere men også kom opp med egne ideer og tanker. Under disse veiledningsmøtene har vi tatt felles avgjørelser på videre fremdrift og utdeling av oppgaver. Videre har dette blitt nøye dokumentert i møtereferater og oppfølgingsdokumenter. Kommunikasjonen mellom gruppa og veiledere har vært svært god fra start til slutt.

3.0 Egenvurdering

3.1 Magnus Brattensborg

Vår gruppe ble satt sammen i begynnelsen av januar. Vi hadde mindre grad av kjennskap til hverandre og liten erfaring generelt med prosjektarbeid. Vi fikk etter hvert Kjell Enger som intern veileder og Richard Thue som ekstern veileder. Under vårt første veiledningsmøte ble så oppgaven gitt av skolen, med Richard Thue som arbeidsgiver. Dette virket som en spennende utfordring og gruppa var motiverte ved oppstart av prosjektet. Etter noen runder med diskusjon ved oppstart, fikk vi raskt god kjemi og hadde god kommunikasjon om de viktigste sakene. Gruppemøter samt veiledningsmøter ble holdt hver uke, ellers brukte vi hjelpemidler som Facebook for videre kommunikasjon om vi ikke møttes på skolen.

En tid ut i prosjektet innså vi at prosjektet var noe omfattende. Motivasjonen for å kunne ferdigstille et endelig produkt var ikke lenger til stede, da tiden ikke strak til. Gruppa tok en avgjørelse i samråd med veiledere, og dermed ble oppgaven å lage et godt produksjonsunderlag og ellers god dokumentasjon rundt prosjektet.

Jeg har i løpet av dette prosjektet erfart hva det betyr å jobbe i en gruppe så tett over en lang periode, og kan uten tvil si at dette er den største utfordringen i løpet av bachelorstudiet. Noe av utfordringen for min del var også en deltidsjobb som tok opp tid, både i helg og noen kvelder i uken. Da det ikke var ønskelig at dette skulle gå utover bachelorprosjektet, falt valget på å ha en lav prioritet på det faget som gikk parallelt med prosjektet.

Jeg har tilegnet meg kunnskaper om prosjektarbeid og den kommunikasjonen man bør ha for at dette skal fungere. Jeg har også fått bruk for den kunnskap tilegnet i tidligere fag i løpet av studenttiden. Jeg har også lært mye om gruppedynamikk og ingeniørrelaterte utfordringer og ikke minst det å skrive bedre rapporter og dokumenter. Prosessen av selve oppgaven har gitt et godt læringsutbytte selv om det ble med å kun gjennomføre dokumentasjonen

Avslutningsvis syns jeg kommunikasjonen med våre veiledere har vært bra. Vi har fått råd og tips under større utfordringer og ellers god veiledning gjennom våre ukentlig møter. Det skal også sies at vi har fått litt tyn da vi ikke har vært flinke nok til å spørre om hjelp, noe jeg ser i ettertid at vi burde ha gjort oftere. Vi har også fått god hjelp av andre faglærere på skolen, spesielt Arne Bjørnar angående streklapper og Mehdi Mousavi ved spørsmål om materialer

3.2 Ola Marius Weum

Om prosjektet i seg selv.

Fra første start syntes jeg at dette var en spennende og morsom oppgave å få fra skolen. Det er synd at vi ikke rakk å bli ferdig med produksjonsunderlaget tidligere og derfor ikke fikk tid til å lage en fysisk modell. Hadde jeg sett fått oppgaven i dag og vist hvor mye tid det ville ta å gjøre de nødvendige undersøkelsene og modellering ville ta ville jeg nok ha bedt om å kun foreta kun torsjonsdelen av oppgaven. Hadde vi kun fokusert på disse delene fra første stund hadde vi nok kommet mye lengere i prosjektet og kanskje rukket å lage selve maskinen.

Som veileder har vi hatt Kjell Enger, arbeidsgiver Richard Thue og vi har hatt ukentlig møter med disse om oppgaven. Føler vi har fått god hjelp og veiledning på disse møtene. Kontorene deres har alltid vært åpne og dette er noe vi har satt stor pris på men kanskje ikke brukt så mye som vi burde.

Ingen av oss kjente hverandre noe særlig fra før av. Dette har bydd på noen utfordringer underveis og noe av arbeidet har kanskje tatt litt lengre tid enn det burde men jeg føler at vi har løst disse utfordringene på en god måte og har nå lært oss å kjenne hverandre og kjemien mellom oss vil jeg si har blitt veldig bra.

De viktigste tingene jeg har lært og vil ta med meg videre er bland annen prosjektplanlegging, viktigheten i en god gruppedynamikk og evnen til å bruke det man har lært i andre fag for å tilegne seg nye kunnskaper.

Syntes i starten at det var et ork å sette opp ganttdiagram, risikoanalyse og undersøke mange forskjellige arbeidsmodeller men når dette var satt og vi kunne begynne å jobbe med den tekniske delen av oppgaven så jeg stor nytte av å ha disse hjelpemiddelene. Oppgaven vi fikk ble for omfattende da vi også skulle fysisk lage maskinen og tok i samarbeid med veileder og arbeidsgiver et valg om at vi heller skulle fokusere på å lage et godt produksjonsgrunnlag for kun torsjonsdelen slik at vi kunne sette bort det å fysisk lage maskinen. Ganttdiagrammet hjalp oss å se dette tidlig da vi begynte å henge etter og ved hjelp av risikoanalysen vår hadde vi en plan om hva vi skulle gjøre dersom vi begynte å henge etter.

Grunnen til at oppgaven ble for omfattende er nok manglende erfaring med store prosjekter som dette og at designdelen av maskinen tok lenger tid enn forventet.

Det sies at når man er ferdig med å studere, begynner i jobb og skal implementere det man har lært på skolen i jobbsammenheng må man lære alt på nytt. Dette er noe jeg har fått smake på nå under bacheloroppgaven da vi har støtt på forskjellige utfordringer og oppgaver som vi burde ha kunne løst på en grei måte men vi måtte sette oss ned med bøkene fra førsteklasse og lære alt på «nytt».

3.3 Jurate Schönning

Gruppemedlemmene i prosjektgruppen ble satt sammen av høgskolen som også var vår oppdragsgiver. Ved oppstart av prosjektet kjente jeg ikke de andre gruppemedlemmene, men vi lærte raskt hverandre å kjenne. Etter at vi fikk utdelt hovedoppgaven som besto i å designe og produsere en bøye og torsjon maskin, fordelte vi i hovedtrekk ansvarsområdene for de forskjellige prosjektaktivitetene. Alle gruppemedlemmene fikk mulighet til å ønske seg de arbeidsoppgavene som man mente man kunne utføre best. På denne måten fikk vi utnyttet gruppemedlemmenes potensiale og sterke sider. På tross av dette har de forskjellige ansvarsområdene vært avhengig av hverandre og ofte har mer enn en person derfor arbeidet sammen, for å løse spesifikke aktiviteter. Nødvendigheten av et tett og nært samarbeidet internt i prosjektgruppen har derfor vært påkrevd. Med de korte tidsfristene vi satte opp, oppdaget vi raskt viktigheten av god kommunikasjon og et tett og nært samarbeid i prosjektgruppa og med veiledere.

Gruppemedlemmene har ikke hatt erfaring med prosjektarbeid. Vi forsto derfor ikke helt og fullt hva vi hadde i vente, av små og store utfordringer. Med vårt kompetansenivå var vi derfor for ambisiøse i våre planer da vi dannet timeplan, aktivitetslisten og Gantt-diagram. Vi maktet derfor ikke å gjennomføre alle planlagte aktiviteter.

Det var via prosjektstyringsdokumentene vi oppdaget at ferdigstillelse av hele prosjektet ikke ville la seg gjennomføre. Vi tok derfor dette opp med veiledere og sammen ble vi enige om å avgrense arbeidsoppgaven til å kun omfatte et produksjonsunderlag til torsjonsdelen av BTM. På tross av at prosjektstyringsdokumentene var for tidsoptimistiske har disse dokumentene hjulpet oss veldig mye. Blant annet setter jeg pris på måten prosjektstyringsdokumentene hjalp meg til raskt å få oversikt over nødvendige arbeidsoppgaver, og dermed en dypere forståelse av prosjektets utfordringer. Ved å ha fulgt prosjektstyringsdokumentene har vi på et tidlig tidspunkt oppdaget når prosjektfremdriften ikke har vært forenelig med fullgod prosjektoppnåelse. Av dette har jeg fått erfaring med hvor viktig det er å følge prosjektstyringsdokumentene. Hvis vi ikke hadde hatt prosjektstyringsdokumenter hadde vi heller ikke oppdaget at prosjektfremdriften ikke var tilfredsstillende. Vi hadde dermed ikke kunnet iverksette tiltak for å oppnå deloppgjørelse av prosjektet.

Alle prosjektgruppemedlemmene er maskiningeniørstudenter og ingen av oss hadde noe erfaring med å lage en hjemmeside. Jeg synes utfordringen med å skulle lære meg noe helt nytt var spennende og påtok meg dermed ansvaret med den arbeidsoppgaven. Etter å ha lest meg noe opp på hjemmesideproduksjon bestemte jeg meg for å lage den ved hjelp av publiseringsløsningen Wordpress. Det å lage hjemmesiden slik vi ønsket å ha den, gikk relativt greit, men utfordringen med å få alle innloggingsparameterne for installasjon av Wordpress tok mye tid. Her viste det seg at IT-helpdesk på Kongsberg ikke kunne hjelpe til med å få satt opp vårt hjemmesideområde slik at vi kunne bruke publiseringsløsningen Wordpress. Selv noen prosjektgrupper med datastudenter ga opp å bruke Wordpress som plattform. Jeg synes derfor det var ekstra moro da jeg ved hjelp fra en ansatt på Høgskolens avdeling i Hønefoss klarte å få Wordpress til å fungere på prosjektgruppens hjemmesideområde. Arbeidsoppgaven med å lage hjemmeside er dermed representert både som en stor nedtur og som en stor opptur i mitt prosjektarbeid.

Det å ha fått mulighet til å gjennomføre dette bachelorprosjektet har gitt meg verdifull erfaring som jeg forventer å kunne ta med meg ut i arbeidslivet. Jeg har fått erfaring med hvor viktig det er med et godt samarbeide i prosjektgruppen og hvor viktig det er med prosjektilpassede prosjektstyringsdokumenter. Samtidig har jeg lært mye ny teori og fått praktisk erfaring. Det har også vært interessant å se hvordan fagene vi har hatt tidligere i ingeniørstudiet kommer til anvendelse i en prosjektgjennomføring.

Jeg er tilfreds med egen innsats og det arbeidet som vi har ferdigstilt.

3.4 Liridon Bicaj

Bachelorperioden våres startet da vi fikk oppgaven i midten av januar 2016, med Kjell Enger og Richard Thue som veileder. Jeg syntes oppgaven både morsom, spennende og jeg så frem til å komme i gang med prosjektet.

Da vi startet med prosjektet hadde jeg lite relasjoner med gruppemedlemmene. Det ble litt kommunikasjon vanskeligheter i begynnelsen, men så fort vi ble bedre kjent med hverandre gikk dette bedre. Men når det kom til prosjektforsinkelse beslutninger og andre viktige beslutninger hadde vi god kjemi, og ble alltid enige. Vi møttes ikke hver dag og jobbet sammen med prosjektet i plenum, men vi sørget for å ha god kommunikasjon slik at alle var klar over hva de skulle gjøre til hver tid. Dette ble gjort mulig ved at vi opprettet en Facebook side, en Facebook chat, slik at vi hele tiden kunne kontakte hverandre for å ha en dialog om det var ting noen av oss lurte på.

Man kan argumentere at om hvis vi i gruppa hadde kjent hverandre litt bedre på forhånd så hadde dette ført til et bedre resultat, men nå er det sånn at i arbeidslivet så kan man ikke akkurat velge hvem man vil jobbe med. Det er viktig å ha en profesjonell holdning, og ha fokus på arbeidet som skal utføres. Så dette i seg selv har vært en lærerik erfaring, ettersom det har vært en jobb-tilnærmet-situasjon, noe som er positivt i seg selv.

Prosessen i bachelorprosjektet har gitt meg god erfaring. Selv om det var kun å gjennomføre dokumentasjon, og levere produksjonsunderlag. Oppgaven ble for omfattende, og det var på grunn av mangel på erfaring med store prosjekter som dette, og det at utformingen til installasjonen tok lengre tid enn forventet. Nå som jeg vet hvor mye tid det krever å gjøre de nødvendige undersøkelser og modelleringer, ville jeg sannsynligvis ha bedt om å kun gjøre torsjon-delen av oppgaven hvis jeg hadde muligheten til å gjøre oppgaven på nytt. Hadde vi bare fokusert på dette fra begynnelsen, så tror jeg vi ville ha kommet mye lenger i prosjektet. Kanskje vi også ville greid å gjøre ferdig selve maskinen. Det har vært godt med hjelp tilgjengelig. Av Kjell Enger og Richard Thue som veiledere og Mehdi Mousavi med tanke på materialer, Arne-Bjørnar når vi hadde spørsmål om strekkklapper. Men når jeg tenker tilbake

så kunne vi gjerne stilt flere spørsmål, og brukt veilede og lærere litt mer.

Jeg føler det er mye jeg har lært i løpet av prosjektet, og det er mye jeg står igjen med.

Viktigheten i gruppearbeid/«team work» og prosjektplanlegging er noe jeg nå har bedre kjennskap til. Jeg har også lært om ingeniørrelaterte utfordringer som oppstår i praksis arbeid, i tillegg til bedre erfaring når det gjelder å skrive rapporter og annen dokumentskriving.

Kunnskapen tilegnet fra tidligere fag har jeg fått meget godt bruk for i løpet av bachelorprosjektet, og det er godt å få bekreftet at det vi har lært kan brukes i praksis.

I sin helhet så synes jeg bachelorperioden har vært veldig lærerik.