

Sensur av hovedoppgaver

Høgskolen i Sørøst-Norge

Fakultet for teknologi og maritime fag



Prosjektnummer: **2016-19**

For studieåret: **2015/2016**

Emnekode: **SFHO3201**

Prosjektnavn

Rensesystem for rørgate

Cleaning system for penstock

Utført i samarbeid med: Fønhus Kraft AS

Ekstern veileder: Einar Sofienlund

Sammendrag:

Mekanisk rensesystem for fjerning av avleiringer i rørgaten til et småkraftverk.

Består grovt sett av en roterende børste som henger i en vaier, koblet til et vinsjssystem.

Stikkord:

- Prototyp utvikling
- Testing
- Vannkraft

Tilgjengelig: JA

Prosjekt deltagere og karakter:

Navn	Karakter
Lars Berg	
Truls Einen	
Odinn Gudmundsson	
Bjørn Erik Gjølvdal	

Dato: 9. Juni 2016

Jørn Breivoll
Intern Veileder

Karoline Moholth
Intern Sensor

Christopher Carlsen
Ekstern Sensor

Hovedinnlevering

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Bjørn Erik, Lars, Odinn, Truls
22/05 2016
Version 1.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
0.1	22/05 2016	Odinn	Opprettet
1.0	22/05 2016	Odinn	Publisert

Denne samlingen av dokumenter er resultatet fra gjennomføringen av bachelorprosjekt ved Høgskolen i Sør-øst Norge. Den består av følgende dokumenter:

Prosjektplan

Kravspesifikasjoner

Testspesifikasjoner

Testplan

Konseptstudie

Konsept 1

Konsept 2

Konsept 3

Konsept 4

Elektrisk Design

Elektrisk Test

Konsept Kode

Maskin Design

Maskin Test

Friksjon Test

FEM analyse

CFD analyse

Risikovurdering

Økonomi

Sluttdokument

Prosjektplan

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Bjørn Erik Gjøvland, Odinn Gudmundsson, Lars Berg, Truls Einen
22/05 2016
Version 4.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
0.1	22/02 2016	Lars Berg	Dokument opprettet
0.2	8/03 2016	Odinn	Lagt til TRL
1.0	28/03 2016	Lars Berg	Kompilert og publisert
2.0	29/03 2016	Odinn	Publisert
2.1	10/04 2016	Truls	oppdatert Gantt-diagram
3.1	2/05 2016	Truls	oppdatert Gantt-diagram
4.0	22/05 2016	Lars	Publisert

Sammendrag

Dette dokumentet ble opprettet som følge av tilbakemeldinger etter første presentasjon hvor det ble påpekt at dokumentene "Innledningsdokument" og "Prosjektplan" inneholdt en del gjentakelser. Gruppen har derfor kombinert de to dokumentene.

Dette dokumentet har til hensikt å gi leseren en oversikt og et innblikk i den innledende fasen til prosjektarbeidet. Den inneholder en kortversjon av problemstillingen vi forsøker å løse, årsaksforholdet, og informasjon vi har tilegnet oss i forstudiet. Litt informasjon om menneskene bak prosjektet, vårt valg av prosjektmodell, en oversikt over prosjektets interessenter, samt en tidslinje for vårt prosjekt og hvordan det skal driftes over sin levetid.

Kommentar 20/05-16: Siden dette dokumentet er en kombinasjon av informasjon som har blitt oppdatert kontinuerlig (ganttdiagrammet eksempelvis), og informasjon som ikke bør oppdateres, er det besluttet å ikke gjøre større endringer her. Det er tross alt litt av meningen med dokumentasjonen at den skildrer prosessen og ikke bare sluttresultatet. Øvrig innhold i dette dokumentet er således ikke redigert i stor grad etter april.

Innhold

Sammendrag	1
Figurer	3
1 Prosjektet	5
1.1 Innledning	5
1.2 Problemstilling	5
1.2.1 Årsaksforhold	5
1.2.2 Teknisk	6
1.3 Korrigerende tiltak	6
1.3.1 Proppkjøring	7
1.3.2 Rørtørkning	8
1.3.3 Luting	9
1.3.4 Børsting	9
2 Gruppen	9
2.1 Om Gruppen	9
2.2 Gruppemedlemmer	11
2.3 Oppdragsgiver	12
3 Mål	12
3.1 Om prosjektet	12
3.2 Prosjektets mål	12
3.2.1 Gruppens mål	12
3.2.2 Oppdragsgivers mål	12
3.2.3 Skolens mål	13
3.3 Utbytte	13
4 Interessenter	13
4.1 Hovedinteressenter	13
4.2 Sekundære interessenter	14
5 Risikovurderinger	14
6 Prosjektplanlegging	15
6.1 Prosjektmodell	15
6.2 Prosjektplan	17
6.3 Timeplan	17
6.4 TRL	19
6.5 Gantt diagram	20
6.6 Økonomi	20
6.6.1 Direkte utgifter	20
6.6.2 Indirekte utgifter	20
7 Prosjektfaser	20
7.1 Oppstartsfase	20

7.1.1	Gruppedannelse	22
7.1.2	Kontraktingåelse	22
7.1.3	Oppgavesondering og valg	22
7.2	Etablering av krav	22
7.2.1	Brukerkrav	23
7.2.2	Systemkrav	23
7.2.3	Kravspesifikasjon	23
7.2.4	Testspesifikasjon	23
7.2.5	Gjennomgang og godkjenning av krav	23
7.3	Planleggingsfase	24
7.3.1	Forstudie	24
7.4	Konseptutarbeiding	24
7.4.1	Utvikling av konsepter	24
7.4.2	Analyse av konsepter	24
7.4.3	Valg av konsept	24
7.5	Utviklingsfase	25
7.5.1	Konseptanalyse	25
7.5.2	Produktkrav	25
7.5.3	Design	25
7.5.4	Godkjenning	25
7.6	Prototyping	25
7.7	Test	26
7.8	Implementasjon og funksjonstest	26
7.9	Leveranse, vedlikehold og gjenvinning	26
7.9.1	Leveranse	26
7.9.2	Vedlikehold	26
7.9.3	Gjenvinning	26
8	Dokumentasjon	27
8.1	Ukesrapporter	27
8.2	Dokumentasjons og rapporter	27
8.3	Tegninger	27
8.4	Designdokument	27
8.5	Brukermanual	27
8.6	Sluttrapport	28
9	Fremføring	28

Figurer

1	Ladning av propp i topp av rørgaten	7
2	Demontering av utstyr etter proppkjøring	8
3	Belegget løsner fra røret ved tørking	9
4	Prosjektmodell	16
5	Tidslinje med grov fordeling av prosjektfaser	17

6	Gantt diagram	21
---	-------------------------	----

1 Prosjektet

1.1 Innledning

Dette prosjektet representerer det siste gruppemedlemmene gjør som bachelorstudenter ved Høgskolen i Sør-Norge (HSN). Prosjektet byr på en mulighet til å omstille teorien gruppemedlemmene har lært i løpet av bachelorutdanningen til noe praktisk, og hvis det lar seg gjøre, noe fysisk. Sist gang noe sammenlignbart ble forsøkt var i Systems-Engineering (SE) faget, hvor en hypotetisk problemstilling skulle løses ved hjelp av SE-verktøy. Et år senere er en ny, tverrfaglig gruppe etablert for å løse en ny oppgave, denne gangen med reelle prosjektavgrensninger, og med en helt reell bruksituasjon for produktet som blir utviklet.

Problemet gruppen tar for seg har eksistert en stund, og gjennom bekjenskaper har gruppen kommet i kontakt med Fønhus Kraft AS og tilbudt sistnevnte et forsøk på å finne en løsning. Gruppen kom sammen utover høsten 2015, og har gjennom diskusjon og preliminær undersøkelse utarbeidet mulige tilnærminger til problemstillingen. Prosjektet skjer under delregi av HSN, som stiller med relevant støttepersonell, samt lokaler og tilgang til noe utstyr. Det skal likevel presiseres at oppgaven gjøres av gruppen alene.

1.2 Problemstilling

Fønhus kraftstasjon i Bagn i Sør-Aurland kommune, har siden oppstart i 2004 utviklet problemer med redusert effekt. En effektreduksjon fra 600 til 450 kW på 1,5 år representerer en vesentlig forringelse av Fønhus kraftverk og korrigerende tiltak er nødvendig. En undersøkelse på kraftverket viser at netto trykk på rørgata nede i kraftstasjonen har sunket ned til 250 mVs ved full drift. Ved oppstart når kraftverket var nytt var tilsvarende netto trykk på rundt 35.5 bar. Ved nærmere undersøkelse viser det seg at det er kommet et svart belegg på innsiden av rørgata. Dette belegget kan se ut som snus, blekk eller noe lignende. Det klistrer seg til innsiden av rørveggen på hele strekningen ned til stasjonen og utfordringen er å få dette fjernet. Røret har en total sammenhengende lengde på 1640 m, 355m fallhøyde og med en gjennomsnittlig diameter på bare 300 mm.

1.2.1 Årsaksforhold

Belegget som avsettes i rørgaten ser ut til å være fra 1 til 2 mm tykt. Man skulle vel egentlig ikke tro at en innsnevring av diameteren på 2mm til 4mm av en rørdiameter på rundt 300 mm skulle gjøre særlig stor forskjell, men senere erfaringer viser at det er ikke hovedproblemet i denne saken. Hovedproblemet er at vannstrømmen bør ha en hastighet i røret på 2,5 m/s. Belegget gjør at friksjonen øker, og dette medfører en betydelig økning av turbulens som brer seg langt lengre inn i vannstrømmen, senker hastigheten til vannet og resultatene er altså opptil 25% effekttap i kraftverket (høyest målte tap i kraftverket fram oppstart av prosjektet).

Formelen for effekt er som følger:

$$P = Hn * Q * g * n \quad (1)$$

$$310m * 0,25m^3/s * 9,81 * 0,8 \approx 608kW \quad (2)$$

P = effekt i kW, Hn = Høyde netto (m), Q = vannføring (m^3/s),
 g = gravitasjonskoeffisient (m/s^2), n = virkningsgrad

Med tanke på Utregning 2 så viser det seg at kun en koeffisient kan bli påvirket av rørgaten og det er vannføringskoeffisienten Q . Det viser igjen at fremkomstligheten for vannet til turbinen er svekket og maksimal produsert effekt senkes. En inspeksjon av materialet som kleber seg til innerveggene på rørene antas til at være et dødt humusbelegg som trolig kommer fra de mange myrene i nedbørfeltet. Begroingen synes å akselerere når kraftverket kjøres på lav effekt og når vannhastigheten i rørene er relativt lav. Dette fører til en eksponential hastighet i beleggets vekst og kumulative påvirkning om rensing ikke er gjennomført regelmessig. Dette forklarer behovet for en effektiv og tidssparende produkt for å maksimere effektiviteten og dermed lønnsomheten til kraftverket.

1.2.2 Teknisk

Det poengteres at rørgata på Fønhus har et høyt vanntrykk, ved turbinhuset måles 35,5 Bar. Dette er rundt 5 ganger høyere en trykket i en vanlig vannkran. Ved et rørbrudd så kan rørgaten mate opptil 1000 liter i sekundet og dette kan være farlig for mennesker, svært skadelig og ødeleggende for omgivelsene rundt.

Kraftverket er utstyrt med en asynkron Pelton turbin som nesten ikke lager trykkstøt ved bråstopp av turbin. Røret er derfor designet med lavere sikkerhetsfaktor en ellers og dette gjør at det ikke kan lages en løsning hvor man risikerer en bråstopp i vannstrengen. En slik bråstopp er på fagspråket gjerne omtalt som en vannhammer og i dette tilfellet vil det utvilsomt føre til en trykkøkning som vil overstige rørets tåleevne og føre til rørbrudd.

Inne i kraftstasjonene er det elektrisk anlegg med både 230 volt og 690 volt, så her må det jobbes med tanke på dette. Det er ikke behov for store tiltak inne i stasjonen. I inntakshuset er det også tilgang til 230V anlegg som er sikret med 16A sikring (3600W). Om løsningen blir elektrisk drevet fra inntaket må det tas hensyn til anleggets lasteevner.

1.3 Korrigerende tiltak

Oppdragsgiver har forsøkt en rekke korrigerende tiltak for å bedre effektiviteten til vannkraftverket med varierende hell. De vil listes og kort forklares under.

1.3.1 Proppkjøring

Etter en første markedsundersøkelse viste det seg at oljeindustrien har kontinuerlig 10 propper av skumgummi gående i rørene fra oljefeltene i Nordsjøen og inn til land. Dette skal virke greit, men her har de en rigid ordning for lading og tapping av proppene, noe som ikke er realistisk på Fønhus. Det var ingen mulighet for hverken lading eller tapping av propper på Fønhus, men det ble bygget en Y- koplring av polyetylen i ventilhuset for lading som vist på bildet under:



Figur 1: Ladning av propp i topp av rørgaten

Da det ble besluttet å kjøre propp første gang i april 2006, var maks effekt på anlegget 450 kW. Etter å ha kjørt 2 propper fikk man effekten opp i 560 kW. Dette var en grei forbedring, men man manglet fortsatt rundt 40 kW på designeffekten og opprinnelig effekt ved oppstart. I tillegg er arbeidet med å kjøre proppene arbeidskrevende, og det tar minst en halv arbeidsdag for to mann å gjennomføre. I tillegg til å lade proppene oppe i ventilhuset, må man demontere ringledningen på selve turbinene og denne er både tung og plundrete å demontere og remontere. Dette kan man se på figur 2.

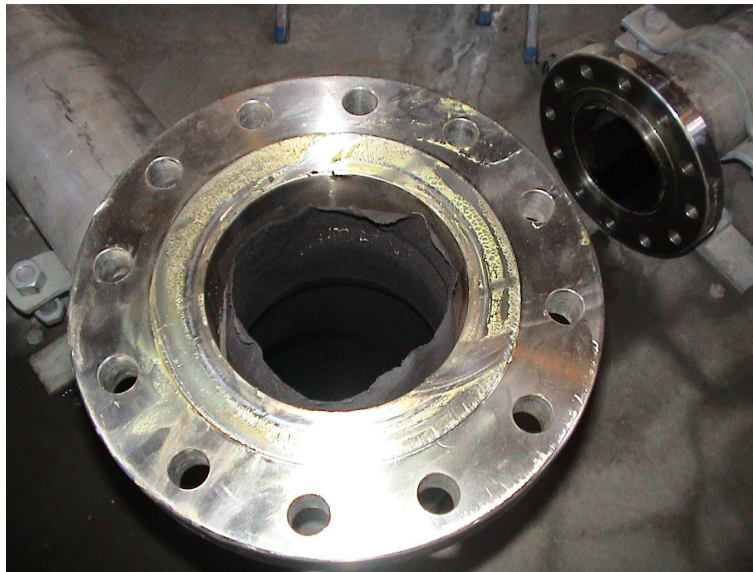


Figur 2: Demontering av utstyr etter proppkjøring

Proppkjøring foregår ved at man taper vann gjennom en liten ventil på 2 tommer som festes i den store åpne flensen som er vist på Figur 2. Her ser man også proppen som på grunn av det høye trykket ble presset inn i det lille tapperøret og ventilen. På Figur 2 ser man godt hvor møkkete vannet er som kommer ut av røret etter proppkjøringen som nå dekker gulvet.

1.3.2 Rørtørkning

Sommeren 2008 var veldig tørr og allerede 1. juli ble kraftproduksjonen stoppet på grunn av lite vann. Det var tidligere observert at hummusbelegget tørket ut raskt og skallet av fra rørflatene som man kan se på Figur 3. Derfor ble rørgata tømt for vann og åpnet både oppe og nede. Rørgata stod slik i 6 uker til rundt 10. august. Da kraftverket ble startet igjen produserte det 593 kW som er 98.8% av installert effekt. Man antar at grunnen til at man ikke fikk 100% effekt var på grunn av kondens i rørgata som rant ned i bunnen av røret slik at dette belegget ikke tørket helt opp der. Man kan tenke seg å gjøre slike tørkeprosesser også på vinteren når det ellers er normalt lite vann for vanlig produksjon.



Figur 3: Belegget løsner fra røret ved tørking

1.3.3 Luting

Groing i rør er et problem på flere anlegg og Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap (BKK) har tilsvarende problem i kjølevannet på sine store anlegg. Der ble løsningen å kjøre konsentrert lut i form av kaustisk soda rett i systemet. Dette fungerer bra, men dette er lukkede systemer slik at luten får rikelig tid til å fungere. På Fønhus ble det vurdert bruk av lut men ikke gjennomført på grunn av rørets volum og vanskeligheten for å holde konsentrasjonen høy i et åpent system.

1.3.4 Børsting

Oppdragsgiver har testet belegget ved flere anledninger og det skrapes lett av med bare neglen. Dette lar seg derfor lett å skrape vekk, men en for kraftig løsning kan også skade PE-rørene innvendig og dermed øke friksjonsfaktoren. Det har ved flere anledninger vært forsøkt å børste rørenden med en kost med piasava-bust, og med 10 til 20 børst med normal styrke ble røret helt rent innvendig. Det kan derfor tenkes at det kan finnes en løsning hvor dette kan gjøres maskinelt fra innsiden.

2 Gruppen

2.1 Om Gruppen

Gruppen består av fire elever fra Høyskolen i Sørøst Norge, to fra maskinfaget og to fra elektrofaget. Det gir gruppen en tverrfaglig kompetanse for å utvikle en halv/hel

automasert maskin som et produkt. Kun en i gruppen kommer relativt direkte fra vidergående skole som gir gruppen noen år av jobberfaring som kan være relevant til dette prosjektet.

2.2 Gruppemedlemmer

Bjørn Erik Gjøvland
Elektroingeniør
Tlf: +47) 40 23 92 46
E-mail: Begj1@hotmail.com



Opprinnelig fra Noresund. Uteksaminert fra Hønefoss VGS elektrolinjen, fagbrev som elektriker. Begynnte på Tinius Olsen fagskole, og så videre på høyskolen startet på Y-vei linjen for kybernetikk. Har en teknisk og praktisk bakgrunn som jeg kan komme godt med i dette prosjektet. På fritiden så driver med å restaurering av biler og kampsport.

Lars Johan Wenner Berg
Maskiningeniør
Tlf: (+47) 97 17 11 70
E-mail: lars.berg@student.hbv.no



Født, oppvokst og fastboende i Drammen. Elev ved Drammen VGS fra 2007 til 2010 med et utvekslingsopphold i Canada i 2. klasse. Interessert i friluftsliv, veteranbil og bøker. Arbeidserfaring fra byggebransjen, fortrinnsvis med gulvstøping og gulvbelegg.

Odinn Gudmundsson
Elektroingeniør
Tlf: (+47) 47 90 47 99
E-mail: odinnn@gmail.com



Født og oppvokst i Akureyri, Island fram til 2009 når jeg flyttet til Norge. Utdannet elektriker med lang erfaring innen byggebransjen. Med en rekke interesser så er det friluftsliv og DIY (do it yourself) som står høyest men under det faller alpin/touring ski, sykling, teknologi, data, biler, maskiner, bygging og mye mer. Dette prosjektet er særlig interessant for meg dersom jeg er oppvokst rundt et lite vannkraftverk ble bygget av bestefaren min og gangsatt 1954 og er fortsatt i drift.

Truls Einen
Maskiningeniør
Tlf: (+47) 404 77 499
E-mail: trulseinen@gmail.com



Oppvokst i Sogndal og Larvik, bor i Kongsberg. Jeg gikk rett fra videregående skole til ingeniørforkurs i Porsgrunn og er dermed den yngste personen på gruppa. Interessene mine er fotball på lavt nivå, teknologi og skigåing. Synes oppgaven virker veldig spennende og er motivert for å jobbe med en reell problemstilling til en forandring fra teoretisk studering.

2.3 Oppdragsgiver

Vår oppdragsgiver er Fønhus Kraft AS. Dette selskapet ble opprettet i forbindelse med utbyggingen i 2003, og er deleid av Arne Erik Fønhus (45%), Mikael Fønhus (35%), og Einar Sofienlund (20%). Kraftverket er lokalisert i Bagn i Sør-Aurland kommune. Prosjektet er finansiert av DNB Nor, og hadde en initiell kostnadsramme på 5,5 millioner NOK (2003 kr) og en utbyggingstid på 6 måneder. Ansvarlig for prosjektering og konsesjonssøknad er Sofienlund AS, hvor tidligere omtalte Einar Sofienlund er eier og daglig leder. Et problem med senket produksjonseffekt forklart i seksjon 1.2 har ført til denne oppgaven.

3 Mål

3.1 Om prosjektet

Prosjektet er rettet opp mot et en problemstilling vi har blitt gitt av Fønhus Kraft AS, som sliter med synkende produksjonseffekt ved et av deres vannkraftverk. Det har vist seg at det avsettes et belegg i rørgaten som påvirker vannets gjennomstrømningsevne, som fører til redusert produksjon. Fønhus Kraft AS har prøvd forskjellige løsninger for å fjerne dette belegget, men de løsningene har vist seg å være for tidskrevende, dyre eller dårlige. Fønhus Kraft AS ønsker seg derfor et produkt som kan rense røret og gjenopprette kraftverkets forventede energiproduksjon.

3.2 Prosjektets mål

Prosjektets mål er å utvikle et produkt som løser problemstillingen gitt av arbeidsgiver. Kravene til denne løsningen blir stilt av eieren, arbeidsstedet samt regler og forskrifter som gjelder for typen produkt som blir fremstilt. Disse er gjengitt i dokumentet "Kravspesifikasjon". Kravene er delt i hovedkrav og sekundærkrav, hvor prosjektets mål er å tilfredstille alle kravene i disse kategoriene.

3.2.1 Gruppens mål

Gruppen har som mål å levere et prosjekt av høy kvalitet. Det vil si en grundig gjennomføring av alle prosjektets faser og aspekter, og dokumentere og rapportere alt. Gruppen skal også holde arbeidsmoralen oppe med åpne, direkte og positive diskusjoner uansett tema.

3.2.2 Oppdragsgivers mål

Produktet er oppdragsgiverens viktigste mål, et produkt som skal tilfredsstille de kravene som er stilt av prosjektets interessenter. Utdeling av informasjon samt veiledning,

bistår prosjektgruppen i å produsere et kvalitetsprodukt.

3.2.3 Skolens mål

Skolens mål er å veilede gruppen gjennom prosjektet for best mulig resultat av produkt, dokumentasjon og presentasjon. Skolen ønsker etter et resultat som representerer et høyt tverrfaglig kunnskapsnivå. Et prosjekt av en kvalitet som kan vises fram til næringslivet og andre institusjoner. Prosjektet gjenspeiler kompetansen som gruppemedlemene har opparbeidet seg under tiden ved HSN/HBV/HIBU.

3.3 Utbytte

Gruppemedlemene forventer å øke ferdighetene sine i prosjektstyring og gruppearbeid, og teknisk problemløsning. Ved gjennomføring av prosjektet danner medlemmene seg erfaring som blir nyttig når de skal ut på arbeidsmarkedet. Prosjektet er en øving for fremtidens oppgaver og høyest mulig læringsutbytte er viktig for gruppemedlemene.

4 Interessenter

Prosjektets interessenter (Engelsk: "*Stakeholders*") er alle som påvirker eller blir påvirket av prosjektet. Det kan være alt fra en enkel person, til en gruppe som i et firma, eller lokale/globale grupper. Disse interessentene kan deles i forskjellige grupper etter det i hvilken grad dem påvirker/blir påvirket av prosjektet. Videre kan interessentene deles inn i to underkategorier, primær og sekundær, etter hvor sterkt forholdet er mellom prosjektet og interessenten.

4.1 Hovedinteressenter

- **Prosjektgruppen:** Parten som har forfattet dette dokumentet, og som skal løse problemstillingen. Prosjektarbeidet i sin helhet, samt det individuelle inntrykket utgjør vurderingsgrunnlaget for hvert gruppemedlem. Gruppen har derfor et direkte insentiv i å levere en løsning.
- **Fønhus Kraf AS:** Vår oppdragsgiver, og selskapet som eier kraftverket. Dette er parten som har stått for den nødvendige investeringen anlegget representerer, og som dermed påvirkes direkte av dets lønnsomhet som igjen er direkte avhengig av virkningsgraden. Innehaver av intellektuelle rettigheter til prosjektet.
- **Sofienlund AS:** Sofienlund AS er et rådgivende ingeniørselskap med base i Asker, og spesialiserer seg på prosjektering av vannkraftverk, drives av Einar Sofienlund. Sofienlund AS har stått for prosjekteringen av anlegget. Einar Sofienlund eier også en del av Fønhus Kraft AS

- **HSN:** Utdanningsinstitusjonen gruppemedlemmene tilhører, og som har delregi og overordnet kontroll over prosjektet.

4.2 Sekundære interessenter

Under sekundære interessenter faller aktører som ikke direkte påvirkes av prosjektet men kan tape, pålastes eller tjener av prosjektets gjennomgang og produkt.

- **Servicepersonell:** Personell som skal håndtere og jobbe med produktet ute i feltet.
- **Andre kraftprodusenter:** Økt produksjon senker lasten på andre energiprodusenter og løsningen kan hjelpe de om de får samme problemet i sine kraftverk.
- **Netteier:** Energi brukt i nærområdet produseres i nærområdet og senker behovet for kraftig nettverk for å flytte inn energi fra andre deler av landet.
- **Miljøet:** Nærområdet til kraftverket kan bli påvirket av valgt løsning.

5 Risikovurderinger

En vurdering av alt som kan påvirke prosjektets framgang må vurderes og eventuelle løsninger planlegges for å minske faren for at prosjektet kan spore av. Under konseptfasen utfører vi ROS-analyse for hvert alternativ med hjelp av matriser som i Tabell 1 og 2.

Tabell 1: Risikomatrise

Konsekvens: Sannsynlighet	1. Ubetydelig	2. Mindre alvorlig	3. Betydelig	4. Alvorlig	5. Svært alvorlig
5. Svært sannsynlig	5	10	15	20	25
4. Meget sannsynlig	4	8	12	16	20
3. Sannsynlig	3	6	9	12	15
2. Mindre sannsynlig	2	4	6	8	10
1. Lite sannsynlig	1	2	3	4	5

Tabell 2: ROS-analyse

Situasjon	Hendelse	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko	Korrigerende tiltak
Prosjektarbeid	Gruppemedlem blir syk	1	4	4	Alt arbeid skal ligge tilgjengelig på nett. Være fleksibel i forhold til planlegging.
Prosjektarbeid	Tap av dokumenter	1	5	5	Tar backup av dokumenter hver dag til Dropbox
Prosjektarbeid	Dårlig oppmøte og motivasjon	3	2	6	Ingen tiltak nødvendig. Samtale med gruppeleder hvis nødvendig
Prosjektarbeid	Oppdragsgiver trekker seg	1	5	5	Sørge for at ekstern sensor fortsatt stiller og at man kan gjennomføre prosjektet uansett.
Ekskursjon	ulykke under ekskursjon. Skade på personell eller utstyr	1	5	5	Gruppemedlemmer tar nødvendige forholdsregler under besøk på kraftverket.
Ekskursjon	Værforhold tvinger fram utsetting av ekskursjon	2	2	4	Ha en fleksibel timeplan.

6 Prosjektplanlegging

En stor del av gruppearbeidet handler om å ha gjøre grundig, metodisk, gjennomgang av alle faser. Prosjektplanlegging pågår fra start til slutt, men med en overvekt i starten av prosjektet. Planleggingen beskriver fremgangsmåte, tidsbruk, timeplan, utviklingsmodell, finansplan, dokumenthåndtering og mer, i stort detalj.

6.1 Prosjektmodell

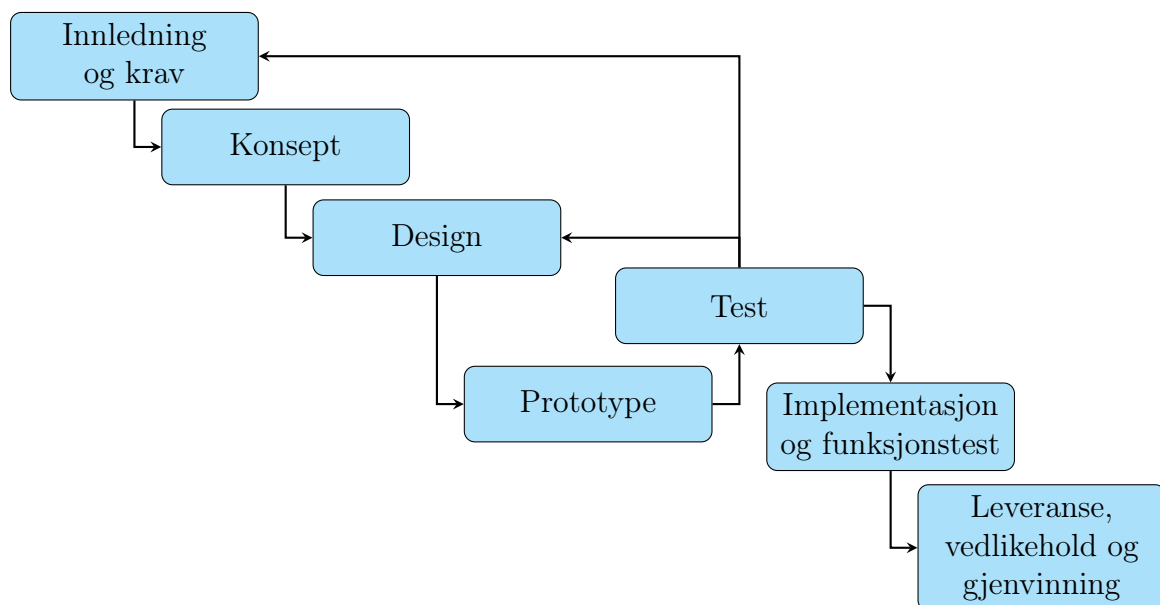
En utviklingsmodell blir valgt til å styre framgangsmåten til prosjektet. Den gir en overordnet plan, samt en konseptuell representasjon av de stegene gruppen må gjennom for å oppnå ønsket resultat, rekkefølgen disse skal gjøres i, samt hvilke faser som er

iterative, og hvilke gruppen under normale omstendigheter ser for seg å kun gjøre en gang.

Hvor mye systems engineering en skal bruke er et optimaliseringsspørsmål, og for små prosjekter er det ikke alltid hensiktsmessig å bruke alle tilgjengelige verktøy. En problemstilling vi har diskutert mye er hvordan man skalerer SE ned til gruppens behov. Gruppen ser for seg å ta i bruk enkelte SE verktøy fra forskjellige andre modeller utover i prosjektet, etter behov.

Etter mye diskusjon har gruppen valgt å bruke en egendefinert modell, som passer gruppens behov. Den følger de samme grunnleggende sekvensielle trinnene i en klassisk vannfallsmodell, men med en relativt stor iterativ utviklingsfase i midten, som gir mulighet for flere prototype-iterasjoner i løpet av utviklingsfasen. Ideen her er å designe, bygge og teste, for så å ta med tilegnet kunnskap fra en iterasjon inn i den neste. Denne fasen er tenkt å vare til enten alle krav er oppfylt, eller at gruppen går tom for tid. Mindre modeller av enkeltkomponenter og skalamodeller må bygges og testes, dras lærdom av, og enten bygges på (inkrement), eller forkastes til fordel for ny prototype (evolusjon). Gruppen ser for seg å dokumentere disse prosessene i iterasjonsdokumenter.

I Figur 4 ser vi en forenklet og overordnet grafisk representasjon av modellen og dens faser.

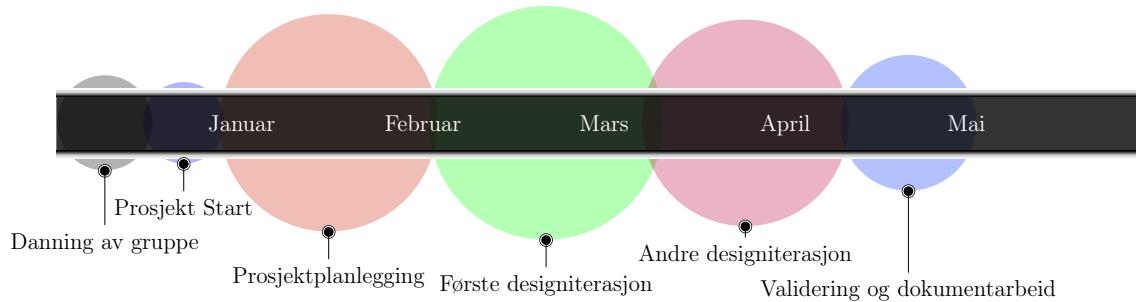


Figur 4: Prosjektmodell

Prosjektmodellen gruppen har valgt er forklart i større detalj i dokumentet "Prosjektmodell".

6.2 Prosjektplan

Med prosjektmodellen som en grunnleggende veileder i prosjektarbeidet utvikles det en prosjektplan. Prosjektplanen følger direksjonen prosjektmodellen legger opp og deler ned prosjektet ned i flere mindre oppgaver i henhold til prosjektmodellen.



Figur 5: Tidslinje med grov fordeling av prosjektfaser

6.3 Timeplan

Timeplanen er en gjennomgang av forventet arbeidsbruk i prosjektarbeidet. Timeplanen tar utgangspunkt i prosjektplanen og oppgavene satt opp der og tildeler timer etter det som gruppen forventer å bruke per oppgave. Med prosjektstyringsverktøyet Zoho Projects har gruppen mulighet til å føre inn tid brukt på prosjektet, og vil i slutten av prosjektet gi en godt oversikt over tid brukt på enkeltoppgaver i løpet av prosjektet. Med timeplanen og innføring av timer kan det dokumenteres og sammenlignes med forventet tidsbruk og utført arbeid samt avvik mellom dem to. En tett oppfølging av tidsbruk utføres i løpet av prosjektet for å holde styr på timebudsjettet og prøve å forutse om endringer i timeplanen må foretas.

Tabell 3: Prosjektets ressursplan

Prosjekt: Rensesystem til rørgate (gruppe 19)										Ressursplan					
Nr	Aktivitet	Total			Lars		Bjørn		Odinn		Truls		Status		
		est	reg	avvik	est	reg	est	reg	est	reg	est	reg			
1	Innledningsdokument	46			15		7		14		10		100 %		
2	Kravspesifikasjon *LB	40			27		4		0		9		100 %		
3	Testspesifikasjon *BG	28			2		16		2		8		100 %		
4	Prosjektplan	123			45		14		37		25		100 %		
5	Administrativt	192			48		48		48		48		100 %		
6	Ekskursjon	54			10		22		10		12		100 %		
7	1. presentasjon	88			15		23		20		40		100 %		
8	Konseptvalg	160			40		40		40		40		100 %		
9	Testplan	100			25		25		25		25		100 %		
10	Mekanisk design 1. iterasjon	100			50		0		0		50		100 %		
11	Elektrisk design 1. iterasjon	170			0		85		85		0		100 %		
12	Solidworks-modellering 1. fase	100			50		0		0		50		100 %		
13	2. Presentasjon	100			25		25		25		25		100 %		
14	Test 1. iterasjon	100			25		25		25		25		100 %		
15	Mekanisk design 2. iterasjon	100			50		0		0		50		100 %		
16	Elektrisk design 2. iterasjon	150			0		75		75		0		100 %		
17	Solidworks-modellering 2. iterasjon	50			25		0		0		25		100 %		
18	Test 2. fase	72			18		18		18		18		100 %		
19	Nettside	20			0		15		20		0		100 %		
20	Prototype 1	100			25		25		25		25		100 %		
21	Prototype 2	90			15		25		25		25		100 %		
22	Friksjonsberegninger	35			20						15		100 %		
23	El-prototype	62					37		25				100 %		
24	Mekanisk design 3. iterasjon	80			45						35		100 %		
25	Rettskriving av dokumentasjon	70			15		15		25		15		100 %		
26	3. Presentasjon	200			50		50		50		50		0 %		
		Total	est	reg	avvik	Lars		Bjørn		Odinn		Truls	Prosjekt		
							est	reg	est	reg	est	reg	total		
sum		2441				640		597		594		610			

* Timebruk blir oppgitt i sluttrapporten

6.4 TRL

TRL, eller Technology readiness level er en metode gruppen ser for seg å bruke; til å sette seg konkrete tidsavgrensede mål (milepæler), og for å bedre kunne anslå hvor i utviklingsprosessen gruppen står (reelt sett).

Flere standarder for denne type metodikk eksisterer, og EU, NASA, og DOE (U.S. Department of Energy) har egne definisjoner. Alle de nevnte variantene har mye til felles, foruten forskjellig antall trinn, og variasjon i kriterier som gjør disse bedre egnet innenfor relevant felt. Vi har valgt en noe mer generell tilnærming med med standarden API 17 N (American Petroleum Institute) (—cite wikipedia/annen ref—). Den er som følgende:

TRL:	Description:
0	Unproven idea/proposal paper concept. No analysis or testing has been performed
1	Concept demonstrated. Basic functionality demonstrated by analysis, reference to features shared with existing technology or through testing on individual subcomponents/subsystems. Shall show that the technology is likely to meet specified objectives with additional testing
2	Concept validated. Concept design or novel features of design validated through model or small scale testing in laboratory environment. Shall show that the technology can meet specified acceptance criteria with additional testing
3	New technology tested Prototype built and functionality demonstrated through testing over a limited range of operating conditions. These tests can be done on a scaled version if scalable
4	Technology qualified for first use Full-scale prototype built and technology qualified through testing in intended environment, simulated or actual. The new hardware is now ready for first use
5	Technology integration tested Full-scale prototype built and integrated into intended operating system with full interface and functionality tests
6	Technology installed Full-scale prototype built and integrated into intended operating system with full interface and functionality test program in intended environment. The technology has shown acceptable performance and reliability over a period of time
7	Proven technology integrated into intended operating system. The technology has successfully operated with acceptable performance and reliability within the predefined criteria

6.5 Gantt diagram

Ut fra timeplanen lages det et Gantt diagram, vist i figur 6 på neste side, som visualiserer hvordan oppgaver fordeler seg over tidslinjen og når de skal være ferdig. Et Gantt diagram egner seg godt for å få en kjapp oversikt over hva som burde ha blitt gjort, hva som er aktuelt nå, og framtidige oppgaver.

6.6 Økonomi

6.6.1 Direkte utgifter

Direkte utgifter defineres som kostnader knyttet til utvikling av prototyper, for eksempel materialkostnader, hvis aktuelt maskinleie og deler kjøpt inn fra tredjepart. Arbeidsgiver er ansvarlig for å dekke disse. Nedenfor finnes et budsjettoverslag over utgifter som kan tenkes å inntreffe i denne kategorien. Merk at det er knyttet stor usikkerhet til disse anslagene, som i svært stor grad avhenger av hvilken løsning som velges, mm.

6.6.2 Indirekte utgifter

Indirekte utgifter er alt gruppemedlemmene forbruker i løpet av prosjektet. Mat, drivstoff, kaffe, kopiering osv. Arbeidsgiver er ikke ansvarlig for å dekke disse kostnadene. Vi holder oss med et lite lager felles mat og drikke, som vi spleiser på.

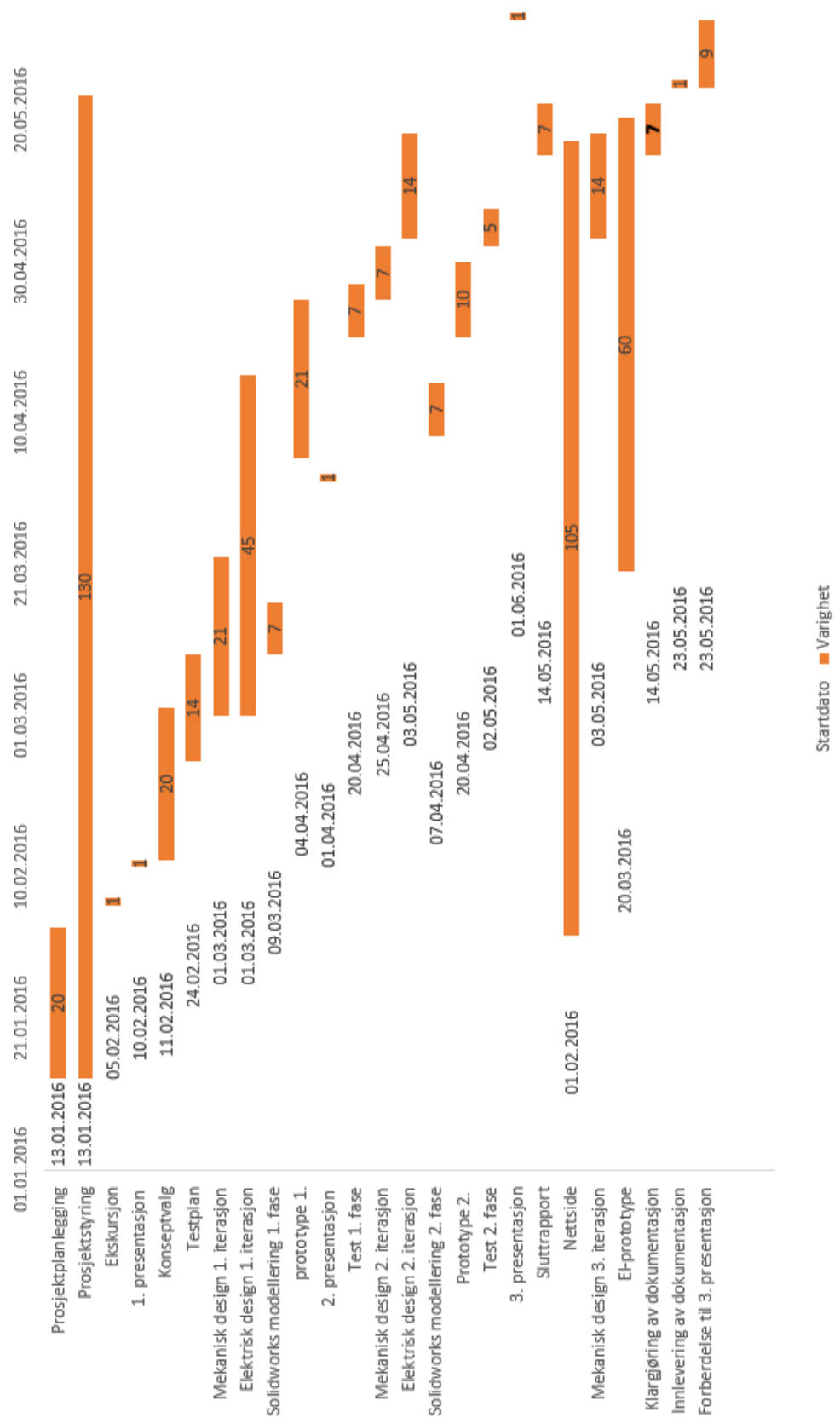
ShareLateX Pro, samt Zoho Projects ble kjøpt inn på et svært tidlig tidspunkt, hvor kontrakt med arbeidsgiver enda ikke var inngått. Vi har således bestemt oss for å spleise på disse tjenestene oss gruppemedlemmer i mellom, da det uansett ikke er snakk om store beløp. Oversikt over disse finnes i eget dokument.

7 Prosjektfaser

Under prosjektets gjennomføring skal det utføres mange forskjellige typer oppgaver. Oppgavene vil bli delt inn i faser etter det når de skal fullføres og avhengighet av utført arbeid.

7.1 Oppstartsfase

Under oppstarten av prosjektet går gruppen gjennom vurderinger om gruppens størrelse, evne og kapasitet til å utføre foreslått oppgave. Diskusjon med oppdragsgiver, høyskolens veiledere og gruppen bestemmer om gruppen og oppgaven blir godkjent. Gruppen foretar samtidig en uoffisiell gjennomgang av de ulike fasene i prosjektet og prøver å samle sammen opplysninger om mulige løsninger fra forskjellige aktører i forskjellige bransjer.



Figur 6: Gantt diagram

En del av oppstartsfasen ble utført i 2015 før offisiell start av prosjektarbeidet, prosjektets timeliste inneholder ikke timer brukt i 2015 og vil derfor ikke inneholde deler av arbeidet utført i oppstartsfasen. Vi fikk tidlig tilgang til en versjon av kraftverkets konsesjonssøknad, som inneholdt mye av den nødvendige informasjonen.

7.1.1 Gruppedannelse

Gruppen ble dannet uformelt høsten 2015, og bestod i starten av Tor Stangeland, Lars Berg, og Odin Gudmundsson. I november 2015 var prosjektet godkjent av relevant autoritet hos HSN, mens rekrutteringsarbeidet fortsatte. I starten av desember 2015 fikk gruppen to nye medlemmer, men rett før oppstarten av prosjektet viste det seg at et medlem måtte trekke seg ut av gruppen.

Gruppen består i dag av fire medlemmer, to elektroingeniører og to maskiningeniører.

7.1.2 Kontraktinggåelse

En samarbeidskontrakt er satt opp av HSN og undertegnet av oppdragsgiver, HSN og prosjektgruppen. Den beskriver ansvar, regler og hvem som eier rettighetene til arbeidet utført av gruppen, både intellektuelt og fysisk.

7.1.3 Oppgavesondering og valg

Gruppemedlemmer satt seg i kontakt med kjentfolk innenfor forskjellige bransjer før å prøve å utvide forståelsen for problemet og mulige løsninger. Ved å hente ut kunnskap fra ulike aktører i forskjellige bransjer vil gruppen en større mulighet for å tenke utenfor boksen og finne gode løsninger.

7.2 Etablering av krav

For at oppdragsgiver skal få best mulig produkt etableres det krav som produktet må passere. Dette er objektive krav fra oppdragsgiver/brukeren samt utvendige krav som kommer fra regelverk, teknologi, materiell og fysiske begrensninger. Kravene har forskjellig prioritet og er merket deretter. Prioriteringshierarkiet deles i tre kategorier, A, B og C hvor A er høyest. Produktets resultat er avhengig av at A prioritetsmerket krav er møtt, og A prioriterte krav representerer "må hader av produktet. C prioritet er da de lavest prioriterte kravene og systemet avhenger ikke av at kravene blir oppfylt. C prioritets krav kan være verdt innsatsen, men antas som godt å ha, og ikke absolutt nødvendige. B krav havner midt i mellom disse, og defineres som targets of opportunity".

7.2.1 Brukerkrav

Oppdragsgiver har en mulighet for å sette fram krav som produktet må oppfylle. Dette vil inneholde spesifikke krav om funksjonalitet eller avgrensninger som ikke er helt åpenbare for gruppen, som ikke kjenner til bruk av lignende produkter eller området som produktet skal brukes/flyttes/lagres i.

7.2.2 Systemkrav

Systemkrav er de overordnet kravene som produktet må holde seg til for at prosjektet skal bli akseptert som godkjent. Dersom produktet ikke møter en eller flere krav, kan dette føre til at oppdragsgiver ikke godkjenner produktet eller igjennom handlinger endrer krav eller omdefinerer produktets forventede funksjon. Sistnevnte er absolutt ikke en situasjon gruppen vil befinne seg i.

7.2.3 Kravspesifikasjon

Etter å ha gjennomgått brukerkrav og systemkrav lages det et dokument der kravene er listet sammen med opplysninger om prioritet, hvem som har utstedt kravet (for sporing) og eventuelle notater for forklaring eller endringer. Hvert krav skal være tydelig formulert slik at det er umulig å misforstå. Ved laging av kravspesifikasjon er det viktig at forskjellige krav er konsistente og ikke motsier hverandre, eller på andre måter skaper usikkerhet. Kravspesifikasjonen er et nøkkeldokument som forklarer og styrer prosjektets mål.

7.2.4 Testspesifikasjon

For å kunne godkjenne produktet mot kravene som er stilt i kravspesifikasjonen utvikles og lages et Testspesifikasjonsdokument som beskriver hvordan produktet skal testes. Testspesifikasjonen er også et nøkkeldokument, og utgjør et naturlig kompliment til kravspesifikasjonen, og samme regler for sporing (traceability) gjelder her. Endringer skal loggføres i versjonsoversikt / "changelog" for sporing.

7.2.5 Gjennomgang og godkjenning av krav

Dersom prosjektet handler om utvikling av et produkt for en oppdragsgiver så er det viktig at Kravspesifikasjonen og testspesifikasjonen blir godkjent av oppdragsgiver. Kravene er det offisielle dokumentet som kan bli brukt i eventuelle situasjoner hvor oppdragsgiver og prosjektgruppen blir uenige om prosjektets resultat. Som nevnt er testspesifikasjonen også viktig her, for å verifisere de testene som blir utført er hensiktsmessige. Overnevnte dokumenter utgjør sammen et bevis på at produktet leverer resultater forventet av oppdragsgiver.

7.3 Planleggingsfase

7.3.1 Forstudie

Dersom prosjektet handler om et problem som er lite dokumentert og det finnes lite teoretiske opplysninger burde en forstudie foretas. Dokumentasjon av problemet og tidligere tiltak som oppdragsgiver har gjennomført samles og gjennomgås av gruppen. Gruppen planlegger også en møte med ekstern veileder som har gjennomført tidligere tiltakene for mer opplysninger om problemet og dokumentering av opplysninger som muligens ikke enda er dokumentert. De tidligere erfaringene til oppdragsgiver samt et besøk til kraftverket skal gi gruppen nødvendig informasjonsgrunnlag til gjennomføring av første del av prosjektet.

7.4 Konseptutarbeiding

7.4.1 Utvikling av konsepter

Vurdering av alle mulige løsninger for problemstillingen. En undersøkelse for å finne ut flest mulige måter problemet kan løses uansett hvor rare eller vanskelige de kan være å få til.

7.4.2 Analyse av konsepter

Vurdering av de forskjellige konseptene gjennomføres. Det vil si en mer grundig gjennomgang av interne og eksterne krav hver av konseptene behøver å bestå. Provisoriske utregninger og vurderinger foretas for å få en bilde for hver og en av konseptene så gruppen kan se for seg gjennomførbarheten til hvert enkelt konsept samt mulig materiell og designkraver de kan ha.

7.4.3 Valg av konsept

Sammenligning av de forskjellige konseptene gjennomføres ved hjelp av verktøy som QFD (Quality-function-deployment) eller Pugh-matrix, og ved diskusjon om konseptenes fordeler og ulemper. Intensjonen er at dette skal legge et kvantitativt og kvalitativt grunnlag for den svært viktige beslutningen som er konseptvalg. Basert på dette skal det utarbeides en liste som rangerer konseptene etter en rekke kriterier, deriblant kravkompatibilitet, gjennomførbarhet, kostnad, funksjon, o.l. fra best, til dårligst. Denne fasen skal produsere dokumenter som beskriver og utleder konsepter helhetlig, dette blir derfor en fase vi ikke går tilbake til. Hvis gruppen uventet må bytte konsept i en senere fase, vil andre muligheter ligge klare som et resultat av denne fasen. På denne måten gjøres en ellers rigid og sekvensiell tilnærming mer fleksibel.

7.5 Utviklingsfase

7.5.1 Konseptanalyse

Med hensyn til listen laget i konseptutviklingsfasen blir et potensielt konsept satt under lupen og en grundig analyse av den løsningen blir gjennomført. Interne og eksterne faktorer vurderes. Så nøyaktige som mulig utregninger og vurderinger for krav stilt til den valgte løsningen utføres. Disse er da lokale krav som er stilt til løsningen i tillegg til de hovedkravene stilt opp i starten av prosjektet.

7.5.2 Produktkrav

De globale kravene i hovedkravene sammen med lokalkravene bestemmer parameterne løsningen må tåle eller oppfylle. Etter en analyse av valgt konsept går gruppen igjennom en vurdering av hva konseptet blir utsatt for og hva slags lokale krav designet må bestå i tillegg til de globale hovedkravene stilt i Kravspesifikasjonen. Disse lokale kravene kan bli endret i løpet av prototypefasen dersom behovet endres ved testing og designet må justeres.

7.5.3 Design

Når gruppen vet hvilke begrensninger designet må holde seg innenfor og er sikker på at konseptet har en mulighet til å fungere begynner gruppen med design av produktet. Under designet er det mulig å dele produktet i flere selvstendige deler som kan utvikles alene men fortsatt med tanke på hvordan den sitter inn i designet. Etter behov blir deler utdelt tyngde og volum kvoter om kravene krever det. Viktig er å finne ut hva deler må tåle og om en del av produktet vil påvirke en annen dels evne for å utføre sitt mål.

7.5.4 Godkjenning

Etter å en del eller produktet i sin helhet har kommet fram til en punkt hvor gruppen føler å utviklingen ferdig eller har behov for mer opplysninger med hjelp av en prototype godkjennes av gruppen.

7.6 Prototyping

En mulighet for å lage en skala modell av en del eller produktet i sin helet for å hente inn mer opplysninger. Produksjon og sammenligning av forskjellige design under forskjellige forhold vil hjelpe å produsere best mulig løsning. Å lage de forskjellige delene i skala først og ut av et billigere materiell en det endelige produktet muligens vil kreve vil spare tid og penger. Rapid prototyping vil bli brukt mest mulig med hjelp av 3d printere og eventuelt håndlagning av komponenter ut av rimelige og lett-bearbeidelige materialer som plast, tre og aluminium.

7.7 Test

På grunn av en prosjektmodell som har en prototypingfase er det lagt til en testfase som er knyttet sammen i en tilbakekobling med design for å ha muligheten for flere iterasjoner i løpet av produktets utviklingsperiode. Den test fasen brukes for testing av deler sendt i prototypefasen og enten sendt tilbake til designfasen med mer informasjon om hva som kan forbedres eller godkjennes som ferdig utviklet.

7.8 Implementasjon og funksjonstest

Når gruppen har gått igjennom utviklingsfasen og har kommet fram til et design som oppfyller kravene blir den sendt til implementasjon. Da blir produktet bygget etter tegningene produsert under designfasen av produktet. Når den er ferdig, eller klar nok, kan produktet testes i hendhold til testkravene og eventuelt funksjonstestes under reelle forhold. På dette tidspunktet skal produktet stå klart i sin endelig form klar for overlevering til oppdragsgiver.

7.9 Leveranse, vedlikehold og gjenvinning

7.9.1 Leveranse

Overleveranse av produktet til oppdragsgiver eller kjøper må planlegges. Behov og mulig design av pakkemateriell, bestilling av frakt og oppsett av produktet på stedet må vurderes og dokumenteres, spesielt om produktet er ekstremt stort, tungt eller komplisert. Dokumentasjon til den nye eier som bruksanvisning bør være klar og leveres sammen med produktet.

7.9.2 Vedlikehold

Under produktets levetid må det regnes med at produktet vil behøve vedlikehold. Designet må ta hensyn til det, og etter best mulig evne ha lage deler som lett kan vedlikeholdes. Dokumentasjon om vedlikeholdpraksis for eier burde medfølge. Dokumentasjonen kan også innholde informasjon om hvordan produktet er sammensatt hvis produktet antas å være reparerbar av eier eller vedlikeholdspersonell annet en fra produsent.

7.9.3 Gjenvinning

Dokumentasjon om materiellet som er brukt i produksjonen av produktet må finnes for best mulig gjenvinning av produktet når det eventuelt skal kasseres. Materialer som antas som farlig bør merkes tydelig både som en produsert del og i dokumentasjonen til produktet som leveres sammen med den til kjøper.

8 Dokumentasjon

8.1 Ukesrapporter

I løpet av prosjektarbeidet lages det ukentlige rapporter om hva gruppen har planlagt å gjøre i løpet av neste uke, hva som er gjort i siste uke og en status på prosjektet i sin helhet. Den skrives i tekst form samt en matrise som inneholder forventet tidsbruk for hvert gruppemedlem, brukte timer, avvik mellom forventet tidsbruk og brukte timer, forklaring for avviket og mulige tiltak for avviket.

8.2 Dokumentasjons og rapporter

Underveis må alle bestemmelser og valg dokumenteres og forklares. Dette er viktig for å kunne spore tilbake og ha mulighet for å henvise til krav eller valg utført tidligere i prosjektarbeidet, spesielt når litt tid har gått og forskjellige aktører husker ting ikke helt likt. Under dette faller uten å være utfyllende liste, e-post kommunikasjon, testrapporter, designdokumentasjon og spesifikasjoner. Det er viktig for gruppen å huske å muntlig bekreftelse ikke kan godtas som rettslig bindende og er da skriftlig dokumentasjon/kommunikasjon et krav.

8.3 Tegninger

Produkttegninger for alle designdeler må lages for eventuell produksjon. Tegninger må følge regler for god 2D-tegning og inneholde alle mål og parametere påkrevet ved produksjon. Alle tegninger legges i designdokumentet.

8.4 Designdokument

Et dokument som inneholder rapportering av arbeidet og løsningene utført under utviklingsfasen. Den skal forklare valgene gruppen kom fram til i løpet av prosjektet og resultatene for de valgene. Det blir omfattende og utfyllende representasjon av løsningen prosjektgruppen har laget.

8.5 Brukermanual

En brukermanual med retningslinjer for bruk av produktet må ligge vedlagt når produktet er ferdig. Brukermanualen blir et viktig dokument da brukeren ikke har samme forståelse for produktet som prosjektgruppen har. Brukermanualen må beskrive hvordan produktet skal opereres på en forsvarlig måte og eventuelle sikkerhetshensyn som må tas. Om produktet ikke behøver å bli satt opp av profesjonelle må brukermanualen inneholde informasjon om rett oppsett av produktet.

8.6 Sluttrapport

I slutten dannes det en rapport om sluttfasen i prosjektarbeidet. Den vil inneholde dokumentasjon om testing og validering av produktet samt gruppemedlemmenes refleksjon over utført arbeid. Sluttrapporten skal tydelig gjenspeile prosjektets gjennomføring og resultat.

9 Fremføring

I løpet av prosjektet har HSN stilt et krav om tre framføringer på tre tidspunkter i prosjektets tidsavgrensning. Den første er rundt tre uker etter oppstart når gruppen skal være ferdig med prosjektplanen sin og være klar for utvikling av produktet. Andre framføring er satt inn når rundt tre fjerdedeler av prosjektets tidsplan er gjennomført. Da vil gruppen presentere utviklingen av produktet som skal være klar for oppdragsgivers godkjenning for å bli produsert. Tredje og siste framføringen skjer i slutten av tidsplanen (slutten av semesteret ved HSN). Da skal gruppen vise fram produktet og gjennomføringen av prosjektet. Interne og eksterne sensurer skal sitte på disse fremføringene og 25% av karakteren ved faget Bachelorprosjekt ved HSN kommer fra fremføringen.

Kravspesifikasjon

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Bjørn Erik Gjøvland, Odinn Gudmundsson, Lars Berg, Truls Einen
22/05 2016
Version 3.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
0.1	16/01 2016	Lars Berg	Dokument opprettet
1.0	04/02 2016	Lars Berg	Publisert
2.0	29/03 2016	Odinn	Publisert
3.0	22/05 2016	Odinn	Publisert

Sammendrag

Dette dokumentet inneholder en oversikt over kravene som setter rammen for vårt prosjekt, hvilke typer krav en kan sette, og hvordan gruppens krav er definert.

Endringslogg:

Tabell 1: Endringslogg

Ver.	Dato	Bruker	Kommentar
0.1	16/01 2016	Lars Berg	Dokument opprettet
0.2	26/01 2016	Lars	Godkjent av OG, se møterapport
0.3	03/02 2016	Odinn	Formatering
0.4	04/02 2016	Lars	Kravkategorier
1.0	04/02 2016	Lars	Ikke-funksjonellt krav feilkategorisert og flyttet til funksjonellt krav 007
1.1	08/03 2016	Lars	Funksjonelle krav har blitt endret til systemkrav (samme tallkode, ny prefiks (S), og ikke-funksjonelle krav 002c og 002b har blitt endret til S-007 (og slått sammen, jf 1.0) og S-008 respektivt. Resten av IF-krav har blitt forkastet fordi de enten er dekket av systemkrav, eller ikke lenger er relevante. IF-krav som kategori forkastet. Lagt til nye kategorier med tilhørende krav: renseenhet (RE), vaier (VA), vinsj (VI), matesystem (MA), og forkastet (opprinnelige kravkoder bevart), endret forside.
1.2	29/03 2016	Truls	Designkrav MT-003 er forkastet. MT-005 dekker samme problem.
2.1	11/05 2016	Truls	Godkjent RE-004, RE-007, VA-003, VI-004, VI-005, VI-007 og VI-009
2.2	18/05 2016	Lars	Godkjent krav RE-006, VA-004, VA-007
3.0	22/05 2016	Odinn	Publisert

Innhold

Sammendrag	1
Endringslogg:	2
Tabeller	3
1 Generelt	5
2 Innledning	5
3 Definisjoner	5

4	Kravprioritet	6
5	Typer krav	6
6	Systemkrav:	7
7	Renseenhet	10
8	Vaier	13
9	Vinsj	16
10	Mater	19
11	Prosjekt	21
12	Forkastede krav	21

Tabeller

1	Endringslogg	2
2	Definisjoner og forkortelser	5
3	Systemkrav S-001	7
4	Systemkrav S-002	7
5	Systemkrav S-003	7
6	Systemkrav S-004	8
7	Systemkrav S-005	8
8	Systemkrav S-006	8
9	Systemkrav S-007	9
10	Systemkrav S-008	9
11	Designkrav RE-001	10
12	Designkrav RE-002	10
13	Designkrav RE-003	10
14	Designkrav RE-004	11
15	Designkrav RE-005	11
16	Designkrav RE-006	11
17	Designkrav RE-007	12
18	Designkrav RE-008	12
19	Designkrav RE-009	12
20	Designkrav RE-010	13
21	Designkrav RE-011	13
22	Designkrav VA-001	13
23	Designkrav VA-002	14
24	Designkrav VA-003	14
25	Designkrav VA-004	14
26	Designkrav VA-005	15

27	Designkrav VA-006	15
28	Designkrav VA-007	15
29	Designkrav VA-008	16
30	Designkrav VI-001	16
31	Designkrav VI-002	16
32	Designkrav VI-003	17
33	Designkrav VI-004	17
34	Designkrav VI-005	17
35	Designkrav VI-006	18
36	Designkrav VI-007	18
37	Designkrav VI-008	18
38	Designkrav VI-009	19
39	Designkrav VI-010	19
40	Designkrav MT-001	19
41	Designkrav MT-002	20
42	Designkrav MT-004	20
43	Designkrav MT-005	20
44	Prosjektkrav PJ-001	21
45	ikke-funksjonelt krav 001a	21
46	Ikke-funksjonelt krav 001b	22
47	Ikke-funksjonelt krav 001c	22
48	Ikke-funksjonelt krav 002a	22
49	Ikke-funksjonelt krav 003a	23
50	Ikke-funksjonelt krav 004a	23
51	Ikke-funksjonelt krav 005a	23
52	Ikke-funksjonelt krav 006a	24
53	Designkrav MT-003	24

1 Generelt

Prosjektnavn	Rensesystem for rørgate
Prosjektgruppe	19
Oppdragsgiver	Fønhus Kraft AS
Institusjon	Høgskolen i Sørøst-Norge

2 Innledning

Kravspesifikasjonen er utarbeidet av prosjektgruppe i samarbeid med arbeidsgiver. Dokumentet beskriver hvilke krav det stilles til prosjektet, både fysisk og dokumentasjonsmessig. Alle krav i dette dokumentet skal være etterprøvbare, dvs. at de kan testes og verifiseres enten kvantitativt eller kvalitativt jf. prosjektmodellen. Ethvert krav er gitt en prioriteringskarakter som beskriver hvor relevant kravet er ift. prosjektet. Hensikten med denne noe omstendelige prosedyren er at den bidrar til ryddighet og sporbarhet, samt et godt sluttdokument. Et annet dokument, testspesifikasjonen korresponderer til kravspesifikasjonen, og beskriver hvordan hvert enkelt krav skal testes og verifiseres.

3 Definisjoner

Tabell 2: Definisjoner og forkortelser

HSN	Høgskolen i Sør-Norge
FK	Fønhus Kraft
OG	Oppdragsgiver
GR	Prosjektgruppe
SE	Systems Engineering
PE	Polyetylen
IF	ikke-funksjonell
RE	Renseenhet
VA	Vaier
VI	Vinsj
MA	Matesystem
PJ	Prosjekt

4 Kravprioritet

- A Prosjektkritisk krav:** Høyeste prioritet, krav som virker direkte inn på systemets funksjon og sikkerhet.
- B Prosjektgagnlig krav:** Middels prioritet, ikke kritisk for gjennomføringen av prosjektet, men et krav som bør møtes.
- C Tærtiære krav:** Krav som med fordel kan møtes, men som ikke påvirker prosjektet funksjon eller resultater.

5 Typer krav

Krav kan kategoriseres på mange måter, eksempelvis:

- Funksjonelle: beskriver en funksjon et produkt må tilby, eller en egenskap det må inneha. Er gjerne kvalitative udiskrete krav.
- Ikke-funksjonelle: beskriver en bestemt, diskret/kvantitativ egenskap et produkt må ha, for eksempel produktet må passe i en boks på størrelsen $x*y*z$.
- Primære: Gitt av oppdragsgiver, danner ofte grunnlaget for problemstillingen.
- Sekundære: Krav utledet av de primære kravene. Et primærkrav kan feks. resultere i fem mer detaljerte sekundærkrav
- Bruker: ligner mye på funksjonelle krav, beskriver gjerne hvilke funksjoner bruker trenger i produktet
- System: ligner mye på ikke-funksjonelle krav, altså krav gitt til spesifikke ofte tallgitte kvaliteter.
- High level: Ligner mye på tidligere nevnte systemkrav. Overordnede, funksjonelle krav. Tenk "zoom ut". High level krav er uavhengig av løsning.
- Low level: Motsatt, kan for eksempel være en tallfestet og enhetsdefinert egenskap til et undersystem.
- Ramme: Lover og regler som gjelder for settingen produktet skal fungere i.

Nevnte definisjoner overlapper i varierende grad hverandre. For vår kravspesifikasjon velger vi å definere de overordnede løsningsuavhengige kravene som **Systemkrav** for så å sette designkrav for undersystemer og prosjektkrav i egne kategorier, disse er mer spesifikke ift. valgt konsept.

6 Systemkrav:

Tabell 3: Systemkrav S-001

Kode:	S-001
Prioritet:	A
Utsteder:	OG
Beskrivelse:	Løsningen skal ivareta integriteten til eksisterende infrastruktur
Dato:	19.01.2016
Status:	Prosessen på-startet
Kommentar:	Les: ikke påføre slitasje

Tabell 4: Systemkrav S-002

Kode	S-002
Prioritet	A
Utsteder	OG
Beskrivelse	Løsningen må rense røret i større grad enn eksisterende løsninger
Dato	19.01.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

Tabell 5: Systemkrav S-003

Kode	S-003
Prioritet	A
Utsteder	OG
Beskrivelse	Løsningen skal ivareta sikkerheten til personell og materiell under operasjon
Dato	19.01.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

Tabell 6: Systemkrav S-004

Kode	S-004
Prioritet	A
Utsteder	OG
Beskrivelse	Løsningen må være økonomisk lønnsom for kunden.
Dato	19.01.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	Budsjettutregning og spesifisering kommer.

Tabell 7: Systemkrav S-005

Kode	S-005
Prioritet	B
Utsteder	OG
Beskrivelse	Løsningen skal fungere i henhold til gjeldende regelverk mtp. miljø
Dato	19.01.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

Tabell 8: Systemkrav S-006

Kode	S-006
Prioritet	C
Utsteder	OG
Beskrivelse	Løsningen skal gi brukeren et innblikk i anleggets tilstand.
Dato	19.01.2016
Status	Godtkjent
Kommentar	Henvises til dokumentet Funksjonstest elektro for konsept 2.

Tabell 9: Systemkrav S-007

Kode	S-007
Prioritet	B
Utsteder	GR
Beskrivelse	Systemet må være enkelt nok til å kunne brukes av nåværende vedlikeholdspersonell.
Dato	04.02.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	
Endringslogg:	Endret fra ikke-funksjonelt krav 002c til systemkrav S-007 (LB 8/3-16).

Tabell 10: Systemkrav S-008

Kode	S-008
Prioritet	B
Utsteder	GR
Beskrivelse	Arbeidsmengden forbundet med bruk av løsning skal være tilsvarende eller mindre enn ved eksisterende metoder.
Dato	19.01.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	
Endringslogg:	Endret "mindre" til "tilsvarende eller mindre". Flyttet fra ikke-funksjonelt krav 002b til systemkrav S-008 (LB 8/3-16).

7 Renseenhet

Tabell 11: Designkrav RE-001

Kode	RE-001
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Renseenhet skal være utformet slik at alle komponenter er sikret mot å kunne løsne og falle av under bruk.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

Tabell 12: Designkrav RE-002

Kode	RE-002
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Renseenhet skal ha avrundede kanter, evt. beslag av mykt materiale, på kanter og overflater som kan komme i kontakt med rørgate.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

Tabell 13: Designkrav RE-003

Kode	RE-003
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Renseenhet skal være utformet på en måte som forhindrer mulighetene for fastsettelse i rørgate.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

Tabell 14: Designkrav RE-004

Kode	RE-004
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Renseenhet skal nyttegjøre vannstrømmen i rørgaten for å rotere.
Dato	08.03.2016
Status	Godkjent
Kommentar	Verifisert ved fysisk testing 04.05.2016

Tabell 15: Designkrav RE-005

Kode	RE-005
Prioritet	C
Utsteder	GR
Beskrivelse	Renseenhet skal være modulbasert for å kunne tilpasses endrede prosessparametre.
Dato	08.03.2016
Status	Godkjent
Kommentar	Valgt konsept består av flere selvstendige deler som kan byttes ut for en som er mer passende for en ny prosessparametere.

Tabell 16: Designkrav RE-006

Kode	RE-006
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Renseenhet skal være utstyrt med opplager i grensesnittet mot vaier.
Dato	08.03.2016
Status	Godkjent
Kommentar	Prototype Mk2 bruker et enkelt opplager uten kulelager. Verifisert ved fysisk testing 04.05.2016.

Tabell 17: Designkrav RE-007

Kode	RE-007
Prioritet	B
Utsteder	GR
Beskrivelse	Renseenhet skal maksimalt veie 15 kg (inkl. børster, eks vaier).
Dato	08.03.2016
Status	Godkjent
Kommentar	RE Mk2 veier 7.25kg

Tabell 18: Designkrav RE-008

Kode	RE-008
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Renseenhet skal kunne rense rør i med indre diameter i intervallet Ø280-340mm.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

Tabell 19: Designkrav RE-009

Kode	RE-009
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Renseenhet skal kunne fjerne kontante innsnevringar i rørgatens diameter på inntil 2 cm.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

Tabell 20: Designkrav RE-010

Kode	RE-010
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Renseenhet skal kunne forsere rørbender i rørgate på inntil 11 grader (ved $r=0$) i begge retninger.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

Tabell 21: Designkrav RE-011

Kode	RE-011
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Renseenhet skal kunne påføre børster tilstrekkelig trykk uavhengig av rørdiameter.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

8 Vaier

Tabell 22: Designkrav VA-001

Kode	VA-001
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Vaierens overflate skal ha en friksjonskoeffisient (våt) mot PE-rør på $<0,2$
Dato	08.03.2016
Status	Ikke godkjent
Kommentar	Testet men ikke oppnådd

Tabell 23: Designkrav VA-002

Kode	VA-002
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Vaieren må ha en minimal bruddstyrke på minst 150 % av maks teoretisk oppnåelig last fra underliggende systemer.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

Tabell 24: Designkrav VA-003

Kode	VA-003
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Vaier bør ha en egenvekt inntil 200 kg (for 1700 meter kveil).
Dato	08.03.2016
Status	Godkjent
Kommentar	Valgt vaier veier 63kg over 1700 meter

Tabell 25: Designkrav VA-004

Kode	VA-004
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Vaieren må være korrosjonsbestandig.
Dato	08.03.2016
Status	Godkjent
Kommentar	Bekreftet av importør (Haug AS, 15.04)

Tabell 26: Designkrav VA-005

Kode	VA-005
Prioritet	B
Utsteder	GR
Beskrivelse	Vaieren må ha en utmattingsbestandighet som tillater minst 20 rense-sykluser.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

Tabell 27: Designkrav VA-006

Kode	VA-006
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Vaieren må kunne kveiles på vinsjtrommel.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

Tabell 28: Designkrav VA-007

Kode	VA-007
Prioritet	B
Utsteder	GR
Beskrivelse	Vaieren skal bestå av en ubrutt lengde.
Dato	08.03.2016
Status	Godtkjent
Kommentar	Bekreftet av Erling Haug AS i Trondheim over tlf. 14. april.

Tabell 29: Designkrav VA-008

Kode	VA-008
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Vaier skal kunne festes tilstrekkelig til både trommel og renseenhet.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

9 Vinsj

Tabell 30: Designkrav VI-001

Kode	VI-001
Prioritet	B
Utsteder	GR
Beskrivelse	Vinsj skal sitte i en modul med fotavtrykk som en standard europall, og høyde under 1,5 meter.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

Tabell 31: Designkrav VI-002

Kode	VI-002
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Vinsj skal ha åpninger i underkant som muliggjør løfting vha. gaffel-truck/traktor.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

Tabell 32: Designkrav VI-003

Kode	VI-003
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Vinsj skal kunne operere på en 10 ampere kurs.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet.
Kommentar	

Tabell 33: Designkrav VI-004

Kode	VI-004
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Vinsj skal ha et system som kveiler vaieren på trommel.
Dato	08.03.2016
Status	Godkjent
Kommentar	Implementert i elektrisk design sin småskala prototype.

Tabell 34: Designkrav VI-005

Kode	VI-005
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Vinsj skal ha en nødstop-funksjon.
Dato	08.03.2016
Status	Godkjent
Kommentar	Implementert i elektrisk design sin småskala prototype.

Tabell 35: Designkrav VI-006

Kode	Vi VI-006
Prioritet	B
Utsteder	GR
Beskrivelse	Vinsj skal ha et system for måling av påført last.
Dato	08.03.2016
Status	Under utvikling
Kommentar	Implementert men ikke godtkjent resultat.

Tabell 36: Designkrav VI-007

Kode	VI-007
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Vinsj skal ha et system for måling av lengden på utsluppet vaier
Dato	08.03.2016
Status	Godkjent
Kommentar	Implementert i elektrisk design sin småskala prototype.

Tabell 37: Designkrav VI-008

Kode	VI-008
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Vinsj skal ha festeører som fasiliterer forankring.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

Tabell 38: Designkrav VI-009

Kode	VI-009
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Vinsj skal ha relevante el-sikringer.
Dato	08.03.2016
Status	Godkjent
Kommentar	Implementert i elektrisk design.

Tabell 39: Designkrav VI-010

Kode	VI-010
Prioritet	A
Utsteder	GR
	Vinsjen skal ha tilstrekkelig kraftig motor
Dato	10.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	Utgangspunkt utført men motor ikke valgt.

10 Mater

Tabell 40: Designkrav MT-001

Kode	MT-001
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Matesystemet skal fasilitere retningsendringen mellom rørgaten og vinsj.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

Tabell 41: Designkrav MT-002

Kode	MT-002
Prioritet	B
Utsteder	GR
Beskrivelse	Matesystemet skal hindre større vannlekasje i ventilhus.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

Tabell 42: Designkrav MT-004

Kode	MT-004
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Matesystemets friksjonsegenskaper mot vaier skal være bedre eller tilsvarende den til rørgaten.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

Tabell 43: Designkrav MT-005

Kode	MT-005
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Matesystemet må kunne installeres på Fønhus uten omfattende endringer i eksisterende infrastruktur.
Dato	08.03.2016
Status	Ikke testet
Kommentar	

11 Prosjekt

Tabell 44: Prosjektkrav PJ-001

Kode	PJ-001
Prioritet	A
Utsteder	HSN
Beskrivelse	Prosjektarbeidet skal gjennomføres og dokumenteres iht. retningslinjer gitt av HSN og Fønhus Kraft AS.
Dato	08.03.2016
Status	Under kontinuerlig vurdering
Kommentar	

12 Forkastede krav

Tabell 45: ikke-funksjonelt krav 001a

Kode	001a
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Eventuelt kjemisk medium skal ikke ha kjemiske egenskaper som kan forårsake overflateruhet i PE-rør.
Dato	19.01.2016
Status	Forkastet/irrelevant
Kommentar	Krav bortfaller pga. ren fysisk løsning / dekket av S-001. (LB 8/3-16).

Tabell 46: Ikke-funksjonelt krav 001b

Kode	001b
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Eventuelt fysisk medium skal ikke ha friksjons eller korrosjonsegenskaper som kan forårsake overflateruhet i PE-rør.
Dato	19.01.2016
Status	Forkastet
Kommentar	fysisk medium: slipe, børste, skrape. Fjernet pga. overflødighet, se S-001 (LB 8/3-16).

Tabell 47: Ikke-funksjonelt krav 001c

Kode	001c
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Avfall fra renseprosess må ikke skade turbin.
Dato	19.01.2016
Status	Forkastet/irrelevant
Kommentar	OG har bekreftet at dette er et ikke-problem, og at kravet derfor er pro-forma oppfylt.

Tabell 48: Ikke-funksjonelt krav 002a

Kode	002a
Prioritet	B
Utsteder	GR
Beskrivelse	Løsning må kunne rense røret i slik grad at virkningsgraden i anlegget blir betydelig forbedret (>90 % av installert effekt).
Dato	19.01.2016
Status	Forkastet
Kommentar	Dekket av av S-002, overflødig (LB 8/3-16).

Tabell 49: Ikke-funksjonelt krav 003a

Kode	003a
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Løsning må ikke påvirke sikkerheten negativt for personell under drift.
Dato	19.01.2016
Status	Forkastet
Kommentar	Dekket av S-003, overflødig (LB 8/3-16).

Tabell 50: Ikke-funksjonelt krav 004a

Kode	004a
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Løsningen må ha en kostnadsramme som gjør den hensiktsmessig. I.e. investering i løsning kontra tapt fortjeneste som følge av mangel på løsning.
Dato	19.01.2016
Status	Forkastet
Kommentar	Dekket av S-004, overflødig (LB 8/3-16).

Tabell 51: Ikke-funksjonelt krav 005a

Kode	005b
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Løsningen skal ikke føre til utslipp av skadelige stoffer i vannstrømmen.
Dato	19.01.2016
Status	ikke godkjent
Kommentar	Dekket av S-005, overflødig (LB 8/3-16).

Tabell 52: Ikke-funksjonelt krav 006a

Kode	006a
Prioritet	B
Utsteder	GR
Beskrivelse	Løsningen skal kunne verifisere at jobben er gjort og at røret er rent
Dato	19.01.2016
Status	Forkastet
Kommentar	Dekket av S-006, overflødig (LB 8/3-16).

Tabell 53: Designkrav MT-003

Kode	MT 003
Prioritet	A
Utsteder	GR
Beskrivelse	Matesystemet skal kunne kobles til eksisterende Y-stuss.
Dato	08.03.2016
Status	ikke godkjent
Kommentar	Dekkes av MT-005

Testspesifikasjon

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Bjørn Erik Gjøvland
22/05 2016
Version 3.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
0.1	16/01 2016	Bjørn	Oppretting av dokument
1.0	04/02 2016	Lars	Publisert
2.0	29/03 2016	Odinn	Publisert
3.0	22/05 2016	Odinn	Oppdatert og publisert

Sammendrag

Dette dokumentet beskriver hvordan kravene definert i kravspesifikasjonen skal testes, etter hvilket verifiseringskriterium, og testmetode.

Endringslogg:

Tabell 1: Endringslogg

Ver.	Dato	Bruker	Kommentar
0.1	16/01 2016	Bjørn	Oppretting av dokument
0.2	03/02 2016	Odinn	Formatering
0.3	03/02 2016	Lars	Ikke-funksjonellt krav flyttet til funksjonellt krav 007
1.0	04/02 2016	Lars	Første versjon
1.1	09/03/2016	Truls	Tilpasset ny versjon av kravspesifikasjon.
1.2	29/03/2016	Truls	MT-003 farkastet. Se kravspesifikasjon.
2.0	29/03 2016	Odinn	Andre versjon
2.1	11/05 2016	Truls	Godkjent RE-004,RE-007,VA-003,VI-004,VI-005,VI-007 og VI-009
3.0	22/05 2016	Odinn	Oppdatert status og publisert

Innhold

Sammendrag	1
Endringslogg:	2
Tabeller	3
1 Generelt	5
2 Typer tester	5
3 Systemkrav	6
4 Renseenhet	8
5 Vaier	11
6 Vinsj	13
7 Mater	16
8 Prosjekt	17
9 Forkastede krav	18

Tabeller

1	Endringslogg	2
2	Systemkrav S-001	6
3	Systemkrav S-002	6
4	Systemkrav S-003	6
5	Systemkrav S-004	7
6	Systemkrav S-005	7
7	Systemkrav S-006	7
8	Systemkrav S-007	7
9	Systemkrav S-008	8
10	Designkrav RE-001	8
11	Designkrav RE-002	8
12	Designkrav RE-003	9
13	Designkrav RE-004	9
14	Designkrav RE-005	9
15	Designkrav RE-006	9
16	Designkrav RE-007	10
17	Designkrav RE-008	10
18	Designkrav RE-009	10
19	Designkrav RE-010	10
20	Designkrav RE-011	11

21	Designkrav VA-001	11
22	Designkrav VA-002	11
23	Designkrav VA-003	12
24	Designkrav VA-004	12
25	Designkrav VA-005	12
26	Designkrav VA-006	12
27	Designkrav VA-007	13
28	Designkrav VA-008	13
29	Designkrav VI-001	13
30	Designkrav VI-002	14
31	Designkrav VI-003	14
32	Designkrav VI-004	14
33	Designkrav VI-005	14
34	Designkrav VI-006	15
35	Designkrav VI-007	15
36	Designkrav VI-008	15
37	Designkrav VI-009	15
38	Designkrav VI-010	16
39	Designkrav MT-001	16
40	Designkrav MT-002	16
41	Designkrav MT-004	16
42	Designkrav MT-005	17
43	Prosjektkrav PJ-001	17
44	ikke-funksjonelt krav 001a	18
45	ikke-funksjonelt krav 001b	18
46	ikke-funksjonelt krav 001c	18
47	ikke-funksjonelt krav 002a	19
48	Ikke-funksjonelt krav 003a	19
49	Ikke-funksjonelt krav 004a	19
50	Ikke-funksjonelt krav 005a	19
51	Ikke-funksjonelt krav 006a	20
52	Designkrav MT-003	20

1 Generelt

Testspesifikasjonen angir hvilke parametre som må møtes for at et krav er oppfylt, samt hvilken metode vi skal bruke for å teste disse parameterne. Godkjenningskriterium blir presentert som en test til hvert enkelt krav. Kravene er satt opp i samme format som i kravspesifikasjon.

2 Typer tester

- **Praktisk test/Teoretisk test**

- **Praktisk test:** Praktiske tester skal skje med den første prototypen eller i småskala- modeller. Med andre ord er det noe som skjer fysisk.
- **Teoretisk test:** Teoretisk tester er se på resultater som vi får og sammenligne med det opprinnelige resultatene som har eller har tatt fra før.

- **Black-/White box**

- **White box:** White box er en testmetode hvor personen som tester systemet vet hvordan systemet fungerer, og derfor designteste den interne strukturen. man tester spesifikke ting i et system som krets/noder for å bestemme om kretsen oppfører seg ordentlig eller ikke.
- **Black box:** Black box testing består av å teste utgangen respons i systemene for gitt inngangs uten kunnskap om den indre strukturen. Testene er bare nødvendig for å få kunnskap til systemet for å vite hva den skal gjøre og ikke gjøre.

- **Simulering**

- **CAD:** "Computer assisted design", formgivning, tegning og konstruksjon.
- **FEM:** "Finite element method", dynamisk og mekanisk simulering av komponenter og systemer.
- **CFD:** "Computational fluid dynamics", dynamisk og mekanisk testing av komponenter og systemer i fluider, fortrinnsvis vann.

- **Numerisk simulering**

- **Numerisk analyse:** Analyse av innhentet data i et program som for eksempel Matlab/Python.

3 Systemkrav

Tabell 2: Systemkrav S-001

S-001	Løsningen skal ivareta integriteten til eksisterende infrastruktur.
Status	Ikke testet
Test	Verifiseres ved teoretisk og fysisk test av medium mot rørgate. Passform testes først mot CAD, så fysisk.
Kommentar	
Dato	19.01.2016

Tabell 3: Systemkrav S-002

S-002	Løsningen må rense røret i større grad enn eksisterende løsninger
Status	Ikke testet
Test	Verifiseres ved avlesing av produsert strøm og inspeksjon av rør
Kommentar	
Dato	19.01.2016

Tabell 4: Systemkrav S-003

S-003	Løsningen skal ivareta sikkerheten til personell og materiell under operasjon.
Status	Ikke testet
Test	For systemet blir det laget retningslinjer for trygg operasjon. Blir testet mot ROS.
Kommentar	
Dato	19.01.2016

Tabell 5: Systemkrav S-004

S-004	Løsningen må være økonomisk lønnsom for kunden.
Status	Ikke testet
Test	Verifiseres ved budsjettering av løsning, skal sammenlignes med kostnaden av redusert effekt.
Kommentar	
Dato	19.01.2016

Tabell 6: Systemkrav S-005

S-005	løsningen skal fungere i henhold til gjeldende regelverk mtp. miljø
Status	Ikke testet
Test	Datablad for materialer og evt. kjemiske rensemidler testes mot gjeldende lovgivning.
Kommentar	
Dato	19.01.2016

Tabell 7: Systemkrav S-006

S-006	Løsningen skal kunne gi brukeren et innblikk i systemets tilstand.
Status	Godtkjent
Test	Verifisere ved fysisk test av løsning, Evt prototype for løsning.
Kommentar	Funksjon viset fram under småskala test. Retning, posisjon, hastighet, datalogging og i et selvstående test lastmåling.
Dato	19.01.2016

Tabell 8: Systemkrav S-007

S-007	Systemet må være enkelt nok til å kunne brukes av nåværende vedlikeholdspersonell
Status	Ikke testet
Test	Lage en enkel brukerveiledning og få godkjenning hos oppdragsgiver.
Kommentar	
Dato	19.01.2016

Tabell 9: Systemkrav S-008

S-008	Arbeidsmengden forbundet med bruk av løsning skal være tilsvarende eller mindre enn ved eksisterende metoder.
Status	Ikke testet
Test	Verifiseres ved vinsjberegninger
Kommentar	
Dato	19.01.2016

4 Renseenhet

Tabell 10: Designkrav RE-001

RE-001	Renseenhet skal være utformet slik at alle komponenter er sikret mot å kunne løsne og falle av under bruk.
Status	Ikke testet
Test	
Kommentar	Prototypetest samt FEM-analyse
Dato	09.03.2016

Tabell 11: Designkrav RE-002

RE-002	Renseenhet skal ha avrundede/mye kanter, evt. beslag av mykt materiale, på kanter og overflater som kan komme i kontakt med rørgate.
Status	Ikke testet
Test	Utfører ved fysisk test av materialer og evt. prototype.
Kommentar	
Dato	09.03.2016

Tabell 12: Designkrav RE-003

RE-003	Renseenhet skal være utformet på en måte som minimerer mulighetene for fastsetting i rørgate.
Status	Ikke testet
Test	Snag test med prototype
Kommentar	
Dato	09.03.2016

Tabell 13: Designkrav RE-004

RE-004	Renseenhet skal nyttegjøre vannstrømmen i rørgaten til å rotere.
Status	Godkjent
Test	Datasimulering og prototypetest
Kommentar	Funksjonalitet viset fram ved hjelp av prototypetest og CFD strømsimulering.
Dato	09.03.2016

Tabell 14: Designkrav RE-005

RE-005	Renseenhet skal være modulbasert for å kunne tilpasses endrede prosessparametre.
Status	Godtkjent
Test	CAD
Kommentar	Valgt konsept består av flere moduler som kan byttes ut for en annen.
Dato	09.03.2016

Tabell 15: Designkrav RE-006

RE-006	Renseenhet skal være utstyrt med opplager i grensesnittet mot vaier.
Status	Godtkjent
Test	CAD-verifisering
Kommentar	Brukt og verifisert under prototype test for renseenhet.
Dato	09.03.2016

Tabell 16: Designkrav RE-007

RE-007	Renseenhet skal maksimalt veie 15 kg (inkl. børster, eks vaier).
Status	Godkjent
Test	CAD-verifisering og måling av prototype.
Kommentar	Veiet med vekt, 7.25kg.
Dato	09.03.2016

Tabell 17: Designkrav RE-008

RE-008	Renseenhet skal kunne rense rør i med indre diameter i intervallet Ø280-340mm.
Status	Ikke testet
Test	CAD og prototype
Kommentar	
Dato	09.03.2016

Tabell 18: Designkrav RE-009

RE-009	Renseenhet skal kunne forsere kontante innsnevringar i rørgatens diameter på inntil 2 cm.
Status	Ikke testet
Test	renseenhet skal kunne rense rør i med indre diameter i intervallet Ø280-340mm.
Kommentar	Solidworks og numerisk beregning
Dato	09.03.2016

Tabell 19: Designkrav RE-010

RE-010	Renseenhet skal kunne forsere rørbender i rørgate på inntil 11 grader (ved r=0) i begge retninger.
Status	Ikke testet
Test	Snag test
Kommentar	
Dato	09.03.2016

Tabell 20: Designkrav RE-011

RE-011	Renseenhet skal kunne påføre børster tilstrekkelig trykk uavhengig av rørdiameter.
Status	Ikke testet
Test	Numerisk beregning og prototypetest
Kommentar	Utrekning gjennomført men sammenligning mot praktisk test mangler.
Dato	09.03.2016

5 Vaier

Tabell 21: Designkrav VA-001

VA-001	vaier skal ha en friksjonskoeffisient (våt) mot PE-rør på $<0,2$
Status	Ikke godkjent
Test	Fysisk test
Kommentar	Testet men krav ikke oppnådd.
Dato	09.03.2016

Tabell 22: Designkrav VA-002

VA-002	Vaieren må ha en minimal bruddlast på minst 150 % av maks teoretisk oppnåelig last fra underliggende systemer.
Status	Ikke testet
Test	Numerisk beregning
Kommentar	
Dato	09.03.2016

Tabell 23: Designkrav VA-003

VA-003	Vaieren bør ha en egenvekt inntil 200 kg (for 1700 meter kveil).
Status	Godkjent
Test	Numerisk beregning
Kommentar	Beregning med tall fra spesifikasjoner gir en egenvekt på 63kg.
Dato	09.03.2016

Tabell 24: Designkrav VA-004

VA-004	Vaieren må være korrosjonsbestandig.
Status	Godtkjent
Test	Verifiseres gjennom informasjon fra leverandør
Kommentar	Verifisert med informasjon fra leverandør.
Dato	09.03.2016

Tabell 25: Designkrav VA-005

VA-005	Vaieren må ha en utmattingsbestandighet som tillater minst 20 rensesykluser.
Status	Ikke testet
Test	Numerisk beregning
Kommentar	
Dato	09.03.2016

Tabell 26: Designkrav VA-006

VA-006	Vaieren må kunne kveiles i en vinsjtrommel.
Status	Ikke testet
Test	CAD
Kommentar	
Dato	09.03.2016

Tabell 27: Designkrav VA-007

VA-007	Vaieren skal bestå av en ubrutt lengde.
Status	Godtkjent
Test	Bestille vaier uten skjøt
Kommentar	Med godt varsel kan leverandør bestille ubrutte lengder.
Dato	09.03.2016

Tabell 28: Designkrav VA-008

VA-008	Vaier skal kunne festes tilstrekkelig til både trommel og renseenhet.
Status	Ikke testet
Test	Fysisk test
Kommentar	
Dato	09.03.2016

6 Vinsj

Tabell 29: Designkrav VI-001

VI-001	Vinsj skal sitte i en modul med fotavtrykk som en standard europall, og høyde under 1,5 meter.
Status	Ikke testet
Test	Verifiseres med CAD
Kommentar	
Dato	09.03.2016

Tabell 30: Designkrav VI-002

VI-002	Vinsj skal ha åpninger i underkant som muliggjør løfting vha. gaffel-truck/traktor.
Status	Ikke testet
Test	Verifiseres med CAD
Kommentar	
Dato	09.03.2016

Tabell 31: Designkrav VI-003

VI-003	Vinsj skal kunne operere på en 10 ampere kurs.
Status	Ikke testet
Test	Beregning av komponent forbruk og fysisk test under last
Kommentar	
Dato	09.03.2016

Tabell 32: Designkrav VI-004

VI-004	Vinsj skal ha et system som kveiler vaieren på trommel.
Status	Godkjent
Test	Beregning og fysisk test
Kommentar	Funksjon bekreftet igjennom småskala prototype.
Dato	09.03.2016

Tabell 33: Designkrav VI-005

VI-005	Vinsj skal ha en nødstop-funksjon.
Status	Godkjent
Test	Test med Arduino
Kommentar	Funksjon bekreftet igjennom småskala prototype.
Dato	09.03.2016

Tabell 34: Designkrav VI-006

VI-006	Vinsj skal ha et system for måling av påført last.
Status	Under utvikling
Test	Test med Arduino
Kommentar	Funksjon implementert sjølvstendig men ikke i småskala prototype.
Dato	09.03.2016

Tabell 35: Designkrav VI-007

VI-007	Vinsj skal ha et system for måling av lengden på utsluppet vaier
Status	Godkjent
Test	Test med Arduino
Kommentar	Funksjon bekreftet igjennom småskala prototype.
Dato	09.03.2016

Tabell 36: Designkrav VI-008

VI-008	Vinsj skal ha festeører som fasiliterer forankring.
tatus	Ikke testet
Test	CAD
Kommentar	
Dato	09.03.2016

Tabell 37: Designkrav VI-009

VI-009	Vinsj skal ha relevante el-sikringer.
Status	Godkjent
Test	Beregninger og komponenter stillet relevant regelverk
Kommentar	Implementert i elektrisk design.
Dato	09.03.2016

Tabell 38: Designkrav VI-010

VI-010	Vinsjen skal ha tilstrekkelig kraftig motor
Status	Ikke testet
Test	Numerisk beregning
Kommentar	Beregning utført men motor ikke valgt.
Dato	09.03.2016

7 Mater

Tabell 39: Designkrav MT-001

MT-001	Matesystemet skal fasilitere retningsendringen mellom rørgaten og vinsj.
Status	Ikke testet
Test	CAD
Kommentar	
Dato	09.03.2016

Tabell 40: Designkrav MT-002

MT-002	Matesystemet skal hindre større vannlekkasje i ventilhus.
Status	Ikke testet
Test	Fysisk test
Kommentar	
Dato	09.03.2016

Tabell 41: Designkrav MT-004

MT-004	Matesystemets friksjonsegenskaper mot vaier skal være bedre eller tilsvarende den til rørgaten.
Status	Ikke testet
Test	Fysisk test
Kommentar	
Dato	09.03.2016

Tabell 42: Designkrav MT-005

MT-005	Matesystemet må kunne installeres på Fønhus uten omfattende endringer i eksisterende infrastruktur.
Status	Under kontinuerlig vurdering
Test	Verifiseres med CAD
Kommentar	
Dato	09.03.2016

8 Prosjekt

Tabell 43: Prosjektkrav PJ-001

PJ-001	Prosjektarbeidet skal gjennomføres iht. retningslinjer gitt av HSN og Fønhus Kraft AS.
Status	ikke godkjent
Test	
Kommentar	
Dato	09.03.2016

9 Forkastede krav

Tabell 44: ikke-funksjonelt krav 001a

001a	Eventuelt kjemisk medium skal ikke ha kjemiske egenskaper som kan forårsake overflateruhet i PE-rør.
Status	ikke godkjent
Test	Utgår
Kommentar	Krav bortfaller pga. ren fysisk løsning / dekket av S-001. (LB 8/3-16).
Dato	19.01.2016

Tabell 45: ikke-funksjonelt krav 001b

001b	Eventuelt fysisk medium skal ikke ha friksjons eller korrosjonsegenskaper som kan forårsake overflateruhet i PE-rør
Status	ikke godkjent
Test	Utgår
Kommentar	Fjernet pga. overflødighet, se S-001 (LB 8/3-16).
Dato	19.01.2016

Tabell 46: ikke-funksjonelt krav 001c

001c	Avfall fra renseprosess må ikke skade turbin.
Status	ikke godkjent
Test	Utgår
Kommentar	OG har bekreftet at dette er et ikke-problem, og at kravet derfor er pro-forma oppfylt.
Dato	19.01.2016

Tabell 47: ikke-funksjonelt krav 002a

002a	Løsning må kunne rense røret i slik grad at virkningsgraden i anlegget blir betydelig forbedret (>90 % av installert effekt).
Status	ikke godkjent
Test	Utgår
Kommentar	Dekket av av S-002, overflødig (LB 8/3-16)
Dato	19.01.2016

Tabell 48: Ikke-funksjonelt krav 003a

003a	Løsning må ikke påvirke sikkerheten negativt for personell under drift.
Status	ikke godkjent
Test	Utgår
Kommentar	
Dato	19.01.2016

Tabell 49: Ikke-funksjonelt krav 004a

004a	Løsningen må ha en kostnadsramme som gjør den hensiktsmessig. I.e. investering i løsning kontra tapt fortjeneste som følge av mangel på løsning.
Status	ikke godkjent
Test	Utgår
Kommentar	Dekket av S-004, overflødig (LB 8/3-16).
Dato	19.01.2016

Tabell 50: Ikke-funksjonelt krav 005a

005a	PLøsningen skal ikke føre til utslipp av skadelige stoffer i vannstrømmen
Status	ikke godkjent
Test	
Kommentar	Dekket av S-005, overflødig (LB 8/3-16).
Dato	19.01.2016

Tabell 51: Ikke-funksjonelt krav 006a

006a	Løsningen skal kunne verifisere at jobben er gjort og at røret er rent
Status	ikke godkjent
Test	Utgår
Kommentar	Dekket av S-006, overflødig (LB 8/3-16).
Dato	09.03.2016

Tabell 52: Designkrav MT-003

MT-003	Matesystemet skal kunne kobles til eksisterende Y-stuss.
Status	ikke godkjent
Test	Verifiseres med CAD
Kommentar	Dekkes av MT-005
Dato	09.03.2016

Testplan

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Truls Einen
22/05 2016
Version 1.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
0.1	29/02 2016	Truls	Dokument opprettet
1.0	22/05 2016	Truls	Publisert

Innhold

Figurer	1
1 Sammendrag	2
2 Teststrategi	2
2.1 Designtest	2
2.2 Simulering	2
2.2.1 Solidworks-flowanalyse	2
2.2.2 FEM-analyse	2
2.3 Prototypetesting	2
2.3.1 Tauing fra Båt	3
2.4 Systemtest	3
3 Testdokumenter	4
4 Tidsplan	4
5 Kilder	4

Figurer

1 Prinsippskisse av fysisk test	3
---	---

1 Sammendrag

Hensikten med dette dokumentet er å effektivisere testingen ved å ha en konkret plan. Tester blir utført for å avdekke svakheter og forbedringspotensial i systemet.

De største hindringene i testfasene er tid og ressurser. Gruppen vil dermed ikke ha anledning til å teste alle krav, men skal gjennomføre noen av de viktigste.

2 Teststrategi

2.1 Designtest

Designtesting pågår samtidig som designfasene. Designtesting skjer ved hjelp av data-verktøy som CAD og FEM. Designtester skal hjelpe gruppemedlemmene med å verifisere at riktig produkt blir konstruert, og at det riktige produktet blir konstruert riktig. På grunn av naturen til designtestene og tidsrammen, vil gruppen ikke stille krav til testdokumenter av enkle tester gjennomført i designfasen.

2.2 Simulering

2.2.1 Solidworks-flowanalyse

Flow-analyse vil pågå samtidig som designfasen for å undersøke strømningsdynamikken i røret til valgte løsning. Simulering skal gi gruppen best mulig innblikk i hvordan ulike variabler påvirker dreiemoment og motstandskraft. Datasimulering er et veldig bra verktøy på problemer der man ikke kan bruke numerisk beregning eller mangler variabler.

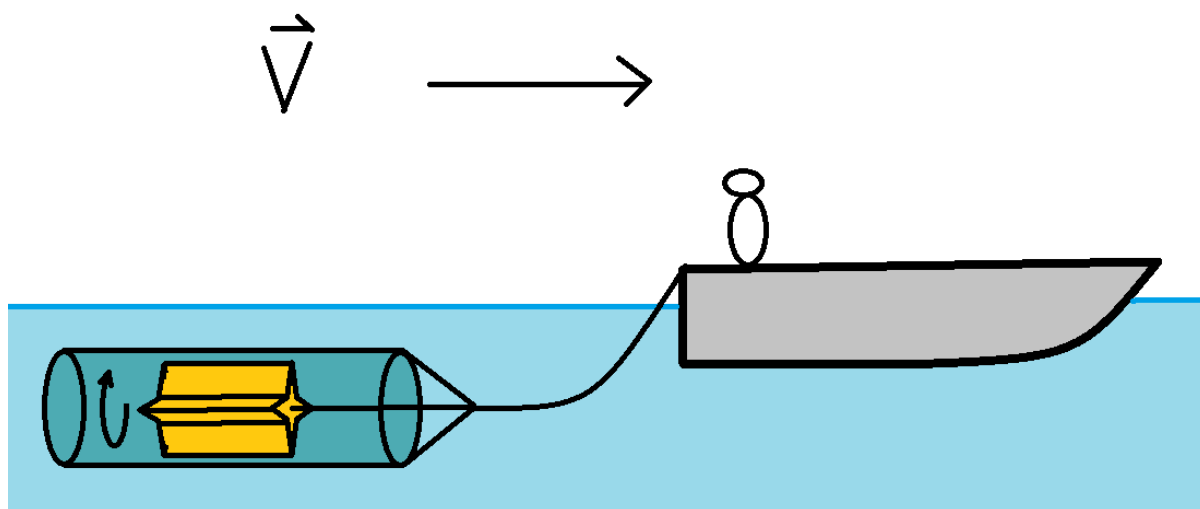
2.2.2 FEM-analyse

FEM-analyse skal være et verktøy for optimalisering av komponenter og verifisering av tåleevne. Ved optimaliseringsstudier skal komplette testrapporter skrives og tas med i betraktningen til videre design.

2.3 Prototypetesting

Prototypetesting er en vesentlig del av prosjektet på grunn av prosjektmodellen som gruppen følger. Prototypetestene blir viktige for å dokumentere hva som fungerer og hva som ikke fungerer som tiltenkt. Det blir derfor stilt krav om testrapporter til prototypetestene. Testrapportene skal fungere som hjelpemidler til neste designiterasjon. Prototypetestene er i første omgang tenkt for å teste funksjonaliteten til valgt konsept, og ikke nødvendigvis holdbarhet eller sikkerhet.

2.3.1 Tauing fra Båt



Figur 1: Princippskisse av fysisk test

Gruppen planlegger å lage en forenklet fullskala prototype (se eget dokument), for så å taue denne i vann etter en båt. Gruppen ønsker å validere teoretiske tilnærminger, og få en følelse av hvordan maskinen virker i et realistisk miljø. Rent praktisk betyr dette at renseenheten plasseres inne i en rørstuss av av relevant dimensjon og materiale, for så å taue alt dette under vann mens vi måler. Gruppen har GPS utstyr tilgjengelig som muliggjør nøyaktig måling av posisjon og tid, og dermed hastighet.

Under testen ønsker gruppen å måle følgende parametre:

- **Rotasjon av renseenhet:** Ved å montere et kamera (GoPro) forann eller etter renseenheten vil gruppen kunne måle turtallet renseenheten roterer ved under tauing (rotasjon vs. relativ strømningshastighet i rør).
- **Last fra renseenhet:** Gruppen ønsker å måle reaksjonskraften fra renseenhet under last. Dette ser vi for oss å gjøre ved å feste en vekt på vaieren.
- **Trykk foran og bak renseenhet:** I teorien skal det opptre en trykkforskjell før og etter renseenhet. Denne ønsker gruppen å måle, dersom vi kan skaffe nødvendig utstyr. Dette vil også kunne brukes til å regne ut den reelle strømningshastigheten inne i røret, som nødvendigvis vil være lavere enn utenfor røret.
- **Andre faktorer:** Statisk friksjon som følge av børster, i.e. når børsten begynner å rotere når en begynner å dra. Dersom øvrige parametre kan måles vil gruppen kunne regne seg frem til realistiske friksjonsverdier ift. børstene.

2.4 Systemtest

Systemtesten er den endelige testen av hele systemet. Systemtesten skal verifisere om riktig system er laget, og om det er laget riktig. Systemtestene er de siste testene som blir

gjennomført før produktet blir levert til kunden. Det er derfor viktig med nøye planlagte testkriterier og en fylldig testrapport.

3 Testdokumenter

Testrapporter skal komme som egne dokumenter som kan bli henvist til i designdokumentene. Testansvarlig har ansvaret for at testrapporten blir skrevet og godkjent av gruppen. Hver testrapport skal inneholde dokumentasjon på hva som har blitt gjort, når og hvor det har blitt gjort, og hva resultatet og konklusjonen til testen ble.

4 Tidsplan

Her kommer tidskjema for planlagte tester

Tidspunkt	Test	Testansvarlig	Gjennomført
29.03.2016	Funksjonstest av elektroprototype	Bjørn	JA
06.04.2016	FEM-analyse av renseenhet	Truls	JA
08.04.2016	Taue renseenhet etter båt	Lars Berg	JA
10.05.2016	Friksjonstest	Lars Berg	JA
12.05.2016	CFD	Lars Berg	JA

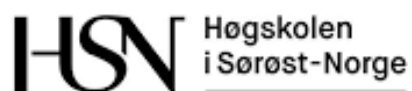
5 Kilder

Konseptdokument

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Lars Berg
29/02 2016
Version 1.0



Version	Utgitt	Bruker	
0.1	25/2 2016	Lars Berg	Dokument opprettet
0.2	26/2 2016	Truls Einen	Formatert Pugh-matrise
1.0	29/2 2016	Lars Berg	Publisert

Sammendrag

Dette dokumentet inneholder en kort oversikt over resultatet prosjektgruppens konseptutredning, grunnlaget for endelig valg av konsept (se "konsept 2"), Pugh-matrise, og en beskrivelse av parametre brukt i denne.

Innhold

Innledning	3
Generelt om konseptvalg	3
Rørgatas karakteristikk	3
Konsepter 1-4:	3
Forhåndsforkastede konsepter	3
Kriterier i Pugh-matrise:	4
Interessenter i Pugh-matrise:	4
Pugh-Matrise	5
Valgt konsept	5

Innledning

Hensikten med å føre en formalisert konseptutredning er å avdekke så mange mulige løsninger til problemstillingen som mulig. Selv i tilfellet der den første og mest åpenbare løsningen til slutt blir valgt, så har prosessen generelt en tendens til å påføre denne små endringer i form eller funksjon. I noen tilfeller kommer en over nye og helt uventede løsninger.

Generelt om konseptvalg

Gruppen begynte denne fasen ved å først liste opp mulige metoder for fjerning av belegg, og utledet deretter hvilke tekniske løsninger disse fordret. Deretter ble det satt sammen fire konsepter (et konsept skiller seg fra generell metode i det at den er komplett), som gruppen har vurdert opp mot en rekke kriterier basert på kravspesifikasjonen og noen andre mer generelle hensyn. Disse står beskrevet i seksjonen "Kriterier for Pugh-matrix". Deretter ble disse satt opp i en Pugh-matrise, i den hensikt å kvantitativ sammenligne av konseptene. Resultatet fra Pugh-matrisen danner mye av grunnlaget for endelig konseptvalg.

Rørgatas karakteristikk

Konsepter 1-4:

Se egne konseptdokumenter.

1. Drivende løsning (populært kalt plugg, løsning som bruker i dag).
2. Børster med mothold.
3. Autonom renserobot.
4. Kjemiske løsninger, og i bruk med plugg.

Forhåndsforkastede konsepter

- **UV-stråling:** UV stråling blir brukt i mange renseprosesser, men da for å drepe eller sterilisere levende biologisk materiale. Belegget på Fønhus har blitt analysert på laboratorium (en analyse gruppen fortsatt venter på), hvor det ble bekreftet at det består av død humus, og siden det som er dødt vanskelig kan drepes om igjen, forkastes konseptet kategorisk.
- **Tørking:** Som nevnt tidligere i bla. innledningsdokument har oppdragsgiver forsøkt å tørke ut belegget i rørgate for så å skylle det ut (maks drift over et tidsintervall).

Denne metoden ga tilnærmet original effekt, men tok 6 uker å gjennomføre, og kan kun gjøres om sommeren. Tørkingen kan akselereres vha. kokoverk eller en stor industriell luftavfukter, men dette blir betraktet som ugunstig av oppdragsgiver med henvisning til begrensninger ift. sesong og kostnad av utstyr.

Kriterier i Pugh-matrise:

1. **Tidsbruk per rensesyklus:** Tiden det tar å gjennomføre en komplett rensing av rørgate vha. respektive metode.
2. **Maks. rensegrad:** Maksimal oppnåelig rensningsgrad for konseptet.
3. **Byggekost:** Direkte utgifter til produksjon av konsept.
4. **Brukskost:** Utgifter i forbindelse med bruk, kan være forbruksvarer som konsumeres i rensesprosessen, eller slitedeler.
5. **Vanskelighetsgrad:** Hvor vanskelig konseptet er å realisere for prosjektgruppen.
6. **Slitasje på infrastruktur:** Graden av belastning på anlegget slik det eksisterer i dag.
7. **Brukervennlighet:** Hvor lett og sikkert konseptet kan opereres av vedlikeholdspersonell
8. **Sikkerhet (menneskelig):** Evt. risikofaktorer for vedlikeholdspersonell som skal bruke konseptet.
9. **Sikkerhet (infrastruktur):** Risiko forbundet med svikt av et eller flere systemer på Fønhus. Det verst tenkelige scenariet er en såkalt vannhammer.
10. **Potensial ved andre kraftverk:** I hvilken grad konseptet kan generaliseres og brukes til å løse lignende problemstillinger
11. **Miljø:** I hvilken grad konseptet påvirker miljøet negativt, mest aktuelt i forbindelse med utslipp av kjemi i vannstrøm, og graden av gjennbrukbarhet.

Interessenter i Pugh-matrise:

Oppdragsgivers interesser er ikke nødvendigvis samsvarende med prosjektgruppens, dette feks. ifb. med vanskelighetsgraden av utviklingen av et konsept. Likeledes påvirkes ikke prosjektgruppen direkte av brukskostnadene forbundet med valgt konsept. Interessentene er derfor delt opp i to kolonner med forskjellig vekting

Pugh-Matrise

Tabell 1: Pugh matrix

Konsept Egenskap	Viktighet Fønhus	Viktighet gruppe	Fysisk drivende	Fysisk vaier	Fysisk Drone	Lut	Propp / m kjemi
Tidsbruk per rensesyklus	2	1	-	0	0	+	0
Grad av rensing	3	2	-	+	-	-	+
Utvikling/byggekost	3	1	+	-	-	+	-
Brukskostnad	3	1	-	+	0	-	-
Vanskelighetsgrad av utvikling	1	3	0	0	-	0	-
Slitasje	2	1	-	0	0	+	-
Brukervennlighet	2	1	-	+	+	-	-
Sikkerhet menneske	3	2	0	+	0	-	-
Sikkerhet infrastruktur	3	2	0	0	+	+	0
Miljø	1	1	+	+	0	-	-
Potensial ved andre kraftverk	1	1	-	+	+	+	-
Sum Fønhus			-9	+7	-1	-2	-8
Sum Gruppe			-4	+6	-2	-1	-9
Ranking			3	1	2	2	4
Behold			NEI	JA	NEI	NEI	NEI

Valgt konsept

Prosjektgruppen har i samråd med oppdragsgiver valgt konsept 2, Børstesystem i vaier", for videreutvikling. Dette valget ble gjort på bakgrunn av resultat av alle faktorer beskrevet og satt opp Pugh-matrise.

Konsept 1

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Bjørn Erik Gjøvland
29/02 2016
Version 1.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
1.0	29/02 2016	Bjørn Erik Gjøvland	Publisert

Sammendrag

Konsept 1 er pluggløsningen som blir brukt til dags dato. Dokumentet skal vise hvordan proppen fungerer i systemet, dens fordeler og ulemper, samt å se på kostnadene ved å utføre rensesprosessen for et mini kraftverk.

Innhold

Figurer	2
Innledning	3
Konsept 1	3
Virkemåte	4
Børsting og skraping	5
plugg med plast	6
Positivt	6
Negativt	6
Annet/konsekvenser	7
Økonomi	7
Konklusjon	7
Kilder	7

Figurer

1	innføring av proppen i rørgaten	3
2	Proppen har kommet ut av rørgaten	4
3	'Pig' med børste, levert av Sriram Ltd.	5
4	plugg med plast.	6

Innledning

Denne løsning blir beskrevet fordi den blir brukt nå på Fønhus kraftverk. Under utfukten den 5.02.2016 fikk gruppen en innføring i hvordan proppen fungerer for anlegget, og gruppen vil se om det går det an å gjøre proppen mer effektiv enn den er nå til dags dato.

Konsept 1



Figur 1: innføring av proppen i rørgaten



Figur 2: Proppen har kommet ut av rørgaten

Virkemåte

Virkemåten til proppløsninger generelt ligner på den gruppen brukte på Fønhus og kan beskrives slik: Den har en konsistens som skumgummi i en sengemadrass, veier ca 500 g stk, er ca 1m lang og 35cm i diameter. Den blir fraktet opp til demningen toppen av anlegget hvor det er en y-kobling hvor den blir dyttet ned, etter vi har lette på vannmengden som ligger i røret når den er nedi rørgaten så blir hovedventilen åpnet og da vil proppen sakte men sikkert gli nedover med trykket fra reservoaret fra demningen. Etter at denne har sunket i 30 min så blir det kjørt ned en ny propp med den samme måten som den første, etter 30 min til kan man gjenta prosessen hvis ønskelig, for tre propper samlet sett.

Det som skjer i røret er at proppen har en større diameter en rørgaten til kraftverket så funksjonen er at den skal dra med seg den døde humusen som er fester i vegen inni rørgaten. Det som er problem er at rørgaten er så lang at proppen fyller seg opp tidlig for så å polere resten. Så alt, Proppen som kommer etter før med seg litt mer men heller ikke alt den heller fyller seg opp som den første proppen. For full rensing kan det tenkes at det trengs opp mot 5-6 propper.

Når proppen begynner å nærme seg bunnen ser man at utslagsvannet blir mørkere, etter proppen har kommet seg forbi hovedventilen så må endestykket som leder vannet skrus av, og en må bruke en bypassventil for dytte den ut, så må alt skru sammen trykksette på

andre siden for matche trykket som ligger i rørgaten for å få åpnet hovedventilen igjen.

Den 30 min forsprang som 1 proppen hadde har minsket til 15 min på grunn av den første proppen har polert innsiden av rørgaten, det er med andre ord litt mindre motstand for den andre proppen. Etter den er ute så må anlegget skrus sammen og test kjøre for se om det ikke er noen lekkasjer og se åssen anlegget går på full drift. Etter to kjøringer gikk effekten fra 510kW til 560KW, som er vesentlig. Men det mangler fortsatt ca. 60KW fra original installert effekt.

Børsting og skraping

Skraping og børsting har blitt brukt av oljebransjen i en årrekke for å løse problemet med avsetninger og hydratdannelse i rørledninger, både på land, offshore og subsea. En lignende løsning kunne fungert for vårt bruk. En kunne bygget en spesialisert propp tilpasset Fønhus, men dette ville fordret en løsning i bunnen av kraftverket for å ta ut proppen etter rensing. Dette er vanskelig pga. det høye trykket i bunnen av rørgaten.



Figur 3: 'Pig' med børste, levert av Sriram Ltd.

plugg med plast

denne er samme strøelsen som den vanlige skum pluggen som blir brukt, denne er mye stivere så den går ikke i oppløsning like lett som nåværende løsning. Stivheten til pluggen kan være et problem da den ikke vil komme seg like lett rundt alle svinger, og man kan få derfor risikoen med fastsettelse. pluggen har en skumkjerne og er dekket med 0.2 til 0.5 cm plastlag.



Figur 4: plugg med plast.

Positivt

- Løsningen fungerer og er godt innarbeidet for de som gjør denne jobben.
- Enkelt å få takk i propper.
- Er i bruk per dags dato, og fungerer i en viss grad.
- Skader ikke systemet på noen måte, og er mer miljøvennlig enn kjemisk.

Negativt

- Løsningen for en liten virkings grad i forhold til arbeide som må til.
- Må gjøres minst en gang i året.
- ikke full effektivitet i forhold til maks kapasitet.
- Må demontere og montere ringledning for hver propp, relativt dyrt å kjøre 2-3 propper.

- Grisete og tidkrevende.

Annet/konsekvenser

Død hummus er et naturlig biprodukt fra myrvannet fra reservoaret, så avfallet fra rensingen er ikke skadelig for miljøet rundt kraftverket. Proppen kommer hel og er bare i engangsbruk sånn at den blir kastet riktig etter at den har vært igjennom rørgaten.

Økonomi

Komponent	anslått pris	enhet	US %	Kommentar	sum
Propp	1300	NOK/stk		Engangsbruk	
arbeidstimer	12	Timer	0	350Kr/timen	4200
kilometer	168,7	Km	0	3Kr/Km	506

Konklusjon

Med en proppløsning så vet at man får; en økning i effekten. Men på grunn av at ikke er så mye penger i mini kraftverk i Norge så er denne metoden ikke lønsom etter hvor mye det koster og hvor mye effekt den før ut av å gjøre den renseprosessen.

Kilder

- http://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/id/339787/Solli_Maria.pdf
- Oppgavebeskrivelsen fra oppdragsgiveren

Konsept 2

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Lars Berg
29/02 2016
Version 1.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
0.1	15/02 2016	Lars Berg	Dokument opprettet
0.2	22/02 2016	Lars Berg	Lagt til økonomi
0.3	28/02 2016	Lars Berg	Lagt til illustrasjoner
1.0	29/02 2016	Lars Berg	Publisert

Sammendrag

Dette dokumentet beskriver konsept 2; en roterende børsteløsning suspendert i vaier. Det beskriver hvordan gruppen ser for seg at konseptet kan implementeres ved Fønhus kraftverk, og under hvilke betingelser.

Innhold

Figurer	2
Innledning	3
Konsept 2	3
Virkemåte	4
Utforming	5
Rense-enhet	5
Vinsj	6
Matesystem	7
Vaier	8
Risiko	9
Infrastruktur:	9
Prosjekt:	9
Personell:	9
Miljø:	9
Økonomi	10
Overslag byggekostnad	10
Vedlikehold og brukskost	11
Tillegsfunksjoner:	11
Konklusjon	11
Kilder	11

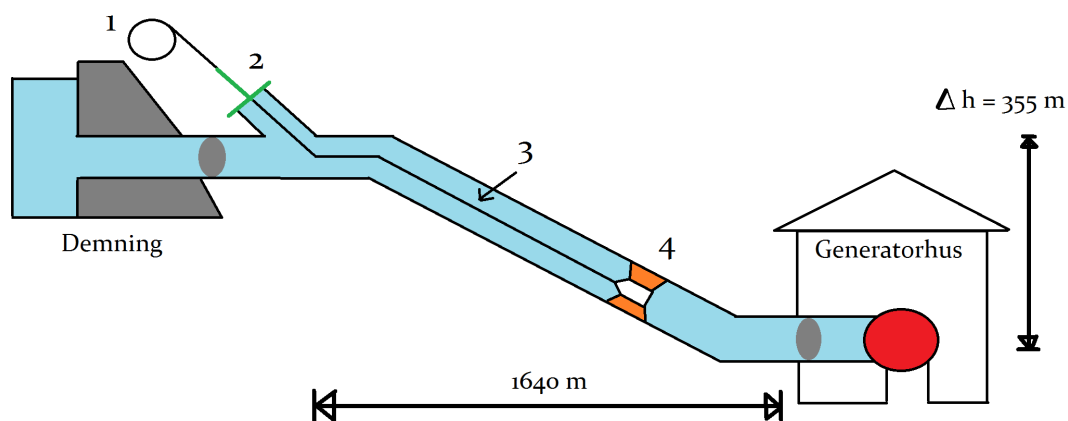
Figurer

1	Prinsippskisse av konseptet	3
2	Systemoversikt	4
3	Utkast til utforming av rensenhet	5
4	Illustrasjonsfoto	6
5	Skisse av demningshuset på Fønhus.	7
6	PVC-kledd ståltau med kjerne i fiber	8

Innledning

Felttest under ekskursjonen (5/2) ga gruppen en indikasjon på at børsting effektivt fjerner belegget, i samsvar med oppdragsgivers tidligere anbefalinger. Dette konseptet representerer en metode for å utføre dette arbeidet i hele rørgatens lengde.

Konsept 2



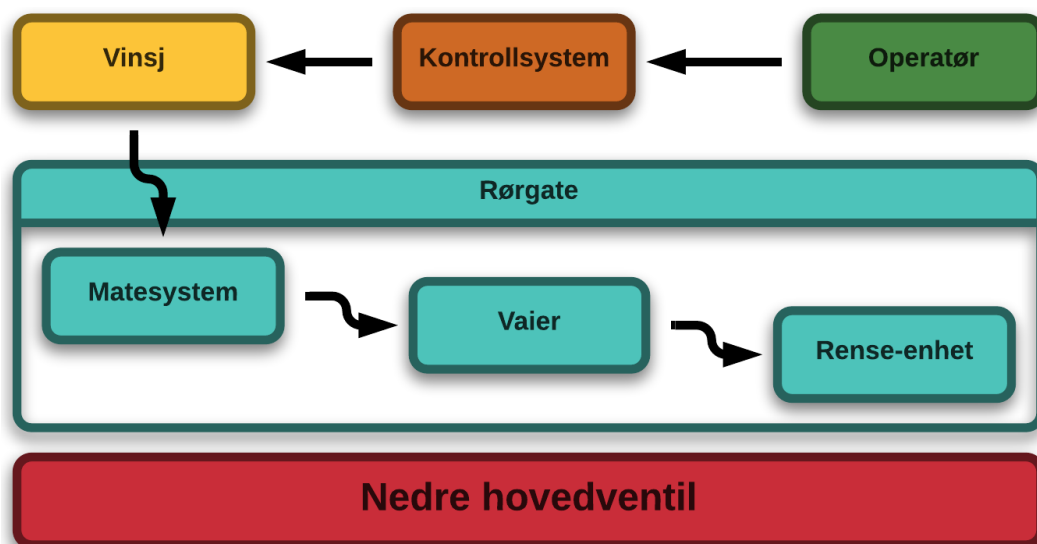
Figur 1: Prinsippskisse av konseptet

Som illustrert i fig 1, bruker dette konseptet en roterende børsteløsning for å rense rørgaten. Fysisk består systemet av følgende undersystemer:

1. Vinsj
2. Mate-enhet
3. Vaier
4. Rense-enhet

Virkemåte

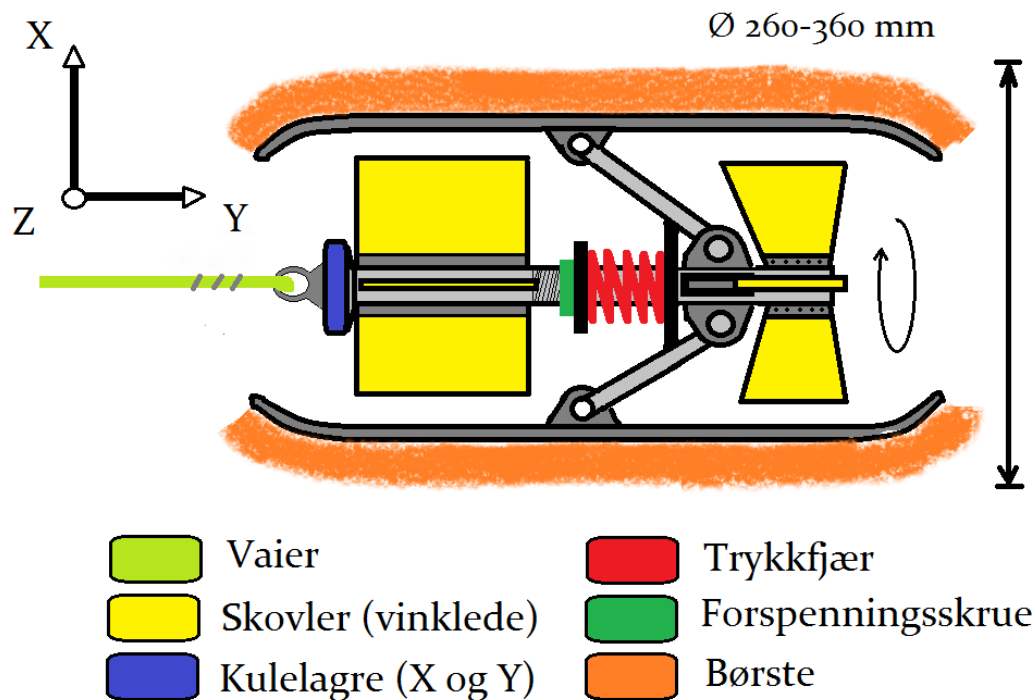
- Konseptet tar utgangspunkt i en relativ hastighetsforskjell mellom vannstrømmen og rense-enhet, hvor sistnevnte bruker denne for å produsere et dreiemoment om lengdeaksen, som fører til at enheten roterer inne i rørgaten. Rotasjonshastigheten styres av strømningshastigheten i røret, og kan derfor reguleres av operatør.
- Børstene er montert på enheten, og blir vha. en forspent fjær påført nødvendig trykkraft mot rørveggen.
- Vaieren forbinder vinsjen og enhet, og sørger for mobilitet i rørets lengderetning, samt tilstrekkelig mothold for å produsere rotasjonen nevnt i første avsnitt i denne seksjonen.
- Vinsjen befinner seg over demningen, og holder en lengde vaier minimum tilsvarende rørgatens lengde. Vinsjen er montert i en ramme og er motorisert for enkel operasjon.
- Vaier føres fra vinsj gjennom matesystem ned i rørgaten via eksisterende Y-stuss.
- Rense-enhet kan føres ned til nedre hovedventil (inne i generatorhuset), men ikke forbi denne.



Figur 2: Systemoversikt

Utforming

Rense-enhet

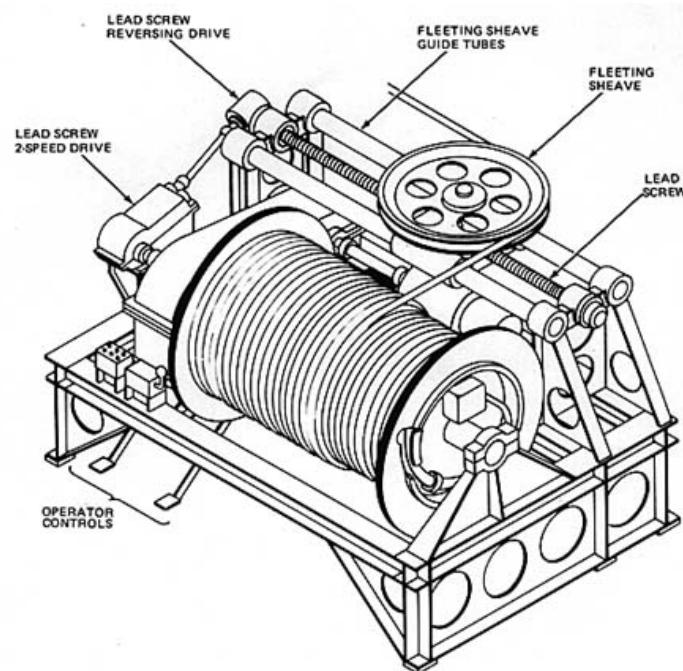


NB! Kostearmer og koster i $\pm Z$ -retning, er utelatt.

Figur 3: Utkast til utforming av rense-enhet

- Rense-enheten består av et antall børster (minst tre), hengslet som i en boggi. Disse er festet i kroppen via armer som blir utsatt for trykk fra fjæren montert om senterstaget. Dette gjør at børstene kan forsere sveisefuger og evt. andre ting like effektivt begge veier, og gir sammen med selve busten tilstrekkelig fleksibilitet til å takle rørbender og Y-stuss.
- Trykkfjæren er justerbar vha. en forspenningsskrue som sitter i gjenger på senterstaget.
- Om senterstaget er det montert et antall vinklede blader, som virker som propeller i vannstrømmen slik at enheten roterer om Y-aksen (se Fig 3).
- I den ene enden av senterstaget er det montert to lagre, for opplagring aksielt og radielt (se Fig. 3), for å begrense vridning av vaieren, som festes i et øye utenfor.

Vinsj



Figur 4: Illustrasjonsfoto

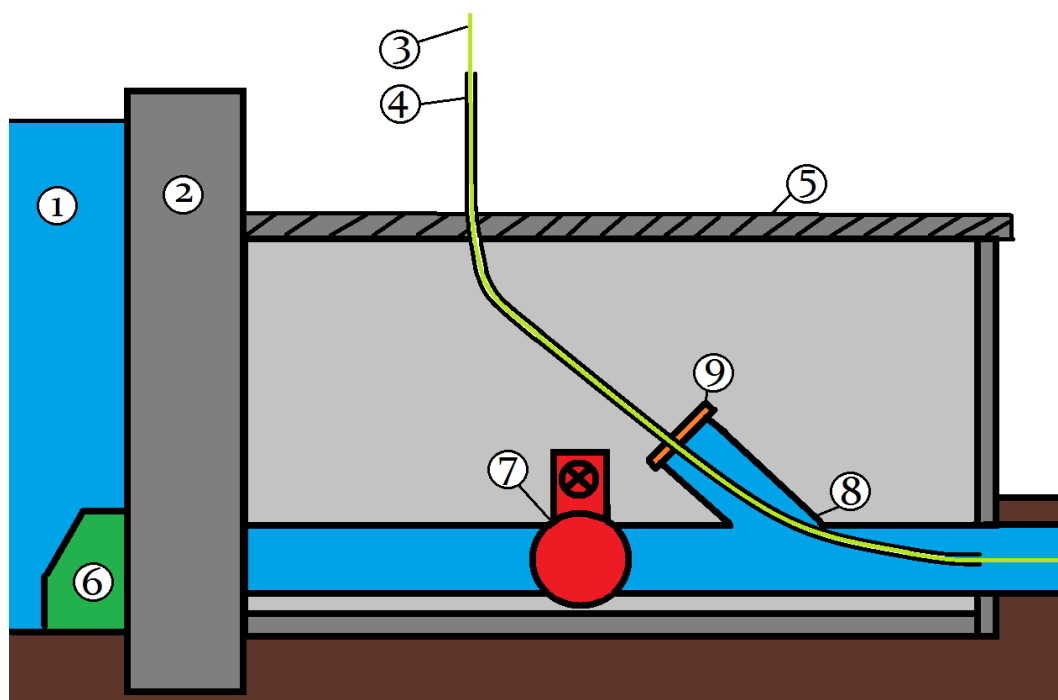
Vinsjsystemet kan med fordel behandles som en black box, og må ha følgende egenskaper:

- Dimensjonert for å håndtere last fra vaier.
- Kunne dra denne lasten i en hensiktsmessig hastighet.
- Kunne operere på en hensiktsmessig strømkilde.
- Være flyttbart.
- Kveilefunksjon som sørger for jevn oppkveiling

Og bør ha et brukergrensesnitt med følgende egenskaper:

- Kunne måle og angi lengde vaier som er sluppet ut.
- Kunne måle og angi lasten på vinsjen.
- La seg fjernstyre så langt det er hensiktsmessig.
- Varsle dersom viktige operasjonsparametre overskrides.

Matesystem



Figur 5: Skisse av demningshuset på Fønhus.

Forklaring: (1):Reservoar, (2):Demning, (3):Vaier, (4):Føringsrør, (5): Betongtak, (6): Inntaksrist, (7): Øvre hovedventil, (8): Y-stuss, (9): Lokk med gjennomføring.

Det tiltenkte matesystemet består hovedsaklig av et enkelt rør, og sørger for følgende:

1. **Innføring og uttagning av renseenhet:** Matesystemet skal bygge på eksisterende Y-stuss, som per dags dato tillater nedføring av skumpropp i dimensjon Ø350xL800 (mm).
2. **Opptak av krefter fra vaier:** Vaieren må endre retning fra rørgaten til vinsjen, noe som fører til kraftkomponenter i andre retninger enn langs vaieren.
3. **Forhindre større vannlekkasje i ventilhus:** Vannivået i reservoaret varierer, men ligger i snitt ca. 3-4 meter over senterlinjen til rørseksjonen inne i huset. Det er derfor ønskelig at vaier føres i rør til over vannlinjen for å unngå lekkasje av store mengder vann inne i huset.

Vaier

Vaier må ha overflateegenskaper som forhindrer slitasje i rørgate. Fordi rørgate er i relativt myk polyetylen, er ubekledt metallvaier utelukket. Fibertau er en mulighet, men disse er ofte av polymer som generelt er mindre motstandsdyktig mot skjæring, og kan forringes av vannabsorpsjon. Snordraget vil resultere i friksjon i rørbender nedover i rørgaten. Dette vil medføre økt last, og økt slitasje i rørgate (Fig 7).

Ståltau PVC belagt



Eksempel på bruksområde: Låsestropper, signalanordninger, kapell. **NB! Ikke godkjent for løft**

Trådentall: 42.

Konstruksjon: 6x7 FC, 6x19 FC

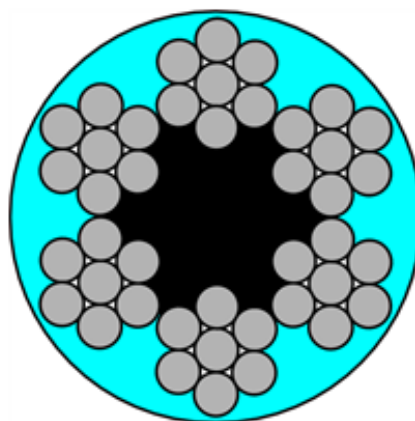
Utførelse: Krysslått.

Ytterbehandling: Galvanisert .

Fyllfaktor: se tabell.

Standard: NS-EN 12385.

Smeltepunkt PVC: ca. 100 grader.



Art.nr	Diameter Ø Wire / Utv. mm	Stål areal mm ²	PVC farge	Min bruddlast		Vekt kg/ 100m
				1770 N/mm ² kN	180 kp/mm ² kp	
99.NO2620460500	2 / 3	1,48	transp	2,35	240	1,6
99.NO2620461000	3 / 5	3,76	transp	5,29	539	3,7

Figur 6: PVC-kledd ståltau med kjerne i fiber

Risiko

Infrastruktur:

Løsningen er utsatt mtp. følgende faktorer:

- **Fastsettelse:** Rense-enhet kan sette seg fast i rørgate, fortrinnsvis i rørbender.
- **Vaierbrudd:** Vaieren kan svikte som følge av skade påført av evt. rue skjøter eller sveisesømmer i rørbend.
- **Tap av individuelle deler:** Deler av rense-enhet eller vaiertilbehør kan løsne og entre dyser eller turbinhus.
- **Tap av rense-enhet:** De tre foregående scenariene kan medføre at rense-enhet enten blir sittende fast et sted i rørgate, eller kommer seg igjennom nedre hovedventil og blokkere denne, eller entre ringledning. Dette kan medføre at oppdragsgiver i verste fall må demontere deler av rørgaten.
- **Slitasje på rørgate:** Slitasje fra vaier kan forårsake overflateruhet i rørgaten.

Overnevnte risikomomenter må føre til designkrav som må møtes dersom løsningen skal være holdbar.

Prosjekt:

- **Teknologi:** Lavteknologisk løsning, hvis teknologiske utfordringer per dags dato virker overkommelige. Ergo prosjektrisikomessig gunstig.
- **Arbeidsmengde:** jf. forrige punkt: overkommelig ift. fremdriftsplan

Personell:

- **SJA:** Instruks for bruk av system må utarbeides. Så langt har ikke gruppen klart å identifisere scenarier som innebærer alvorlig kroppslig fare for bruker.

Miljø:

- Løsningen karakteriseres som miljøvennlig da den ikke nyttegjør skadelige kjemiske stoffer.

Økonomi

Overslag byggekostnad

Komponent	anslått pris	enhet	US %	Kommentar	sum
Vaier PVC 6x7+FC	velg en			1700 m	
Ø 2/3 mm	2,25,-	NOK/m	0	mva?	3825,-
Ø 3/5 mm	4,25,-	NOK/m	0	mva?	7225,-
Koster	400,-	NOK/stk	50		1600,-
Kropp	1500,-	NOK	50		
Forspenningsfjær	300,-	NOK	100		
Div. Lagre	800,-	NOK	50		
Tilbehør vaier	800,-	NOK	50		
Trommel	1500,-	NOK	50		
Vinsj kontroll	1000,-	NOK	50		
Vinsj motor/gir	2000,-	NOK	50		
Vinsj ramme	1500,-	NOK	50		
Elektro	1000,-	NOK	50		
Festeartikler	1000,-	NOK	50		
Fabrikasjon (non-ex)	2000,-	NOK	50		
Mateordning	1000,-	NOK	50		
Prototype (non-ex)	2000,-	NOK	50		
Test (non-ex)	1000,-	NOK	50		
Sum (Høyalternativ)	35 875,-				
Sum (Lavalternativ)	13 325,-				

Kommentar: Priser for kabler tilbudt av Erling Haug AS.
Lavalternativ bruker minste vaiervariant.

Vedlikehold og brukskost

Levetid og vedlikeholdsintervaller er funksjoner av materialvalg, og er vanskelig å anslå på dette tidspunkt. Slitedeler antas å omfatte i det minste børster.

PVC kledningen på vaieren er også en sannsynlig kandidat, dessverre er dette vanskelig å beregne teoretisk.

Tilleggsfunksjoner:

Gruppen har vurdert mulighetene konseptet gir for inspeksjon av rørgaten. Dette kan gjøres ved at det monteres et kamera med belysning i en trykkbestandig beholder på vaieren like over rense-enhet.

Konklusjon

Gruppen konkluderer med at konseptet representerer en god løsning i forhold til gjennomførbarhet, kostnad og prosjektrisiko.

Kilder

- Fig. 6 hentet fra www.haug.no/no/staltau-pvc-belagt
- Fig. 4 hentet fra www.frankemge.com/pages/Winch
- Fig 7 hentet fra kilden under (s. 28).
- Solli, Maria, "Inspeksjon av ikke-piggbare rørledninger", Universitetet i stanvanger, 2015. brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/id/339787/Solli_Maria.pdf

Konsept 3

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Odinn Gudmundsson
29/02 2016
Version 1.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
1.0	29/02 2016	Odinn	Publisert

Sammendrag

Dette dokumentet går igjennom provisorisk vurdering av et konsept for en selvdreven løsning. Den vil inneholde en forklaring av løsningens virkemåte, en illustrasjon samt en funksjondigram. Vurdering av konseptets fordeler og ulemper blir vurdert sammen med anslått kostnader tilknyttet til produksjon av løsningen.

Innhold

Figurer	2
Innledning	3
Konsept 3	3
Virkemåte	3
Fordringer	4
Annet/konsekvenser	4
Økonomi	5
Konklusjon	5

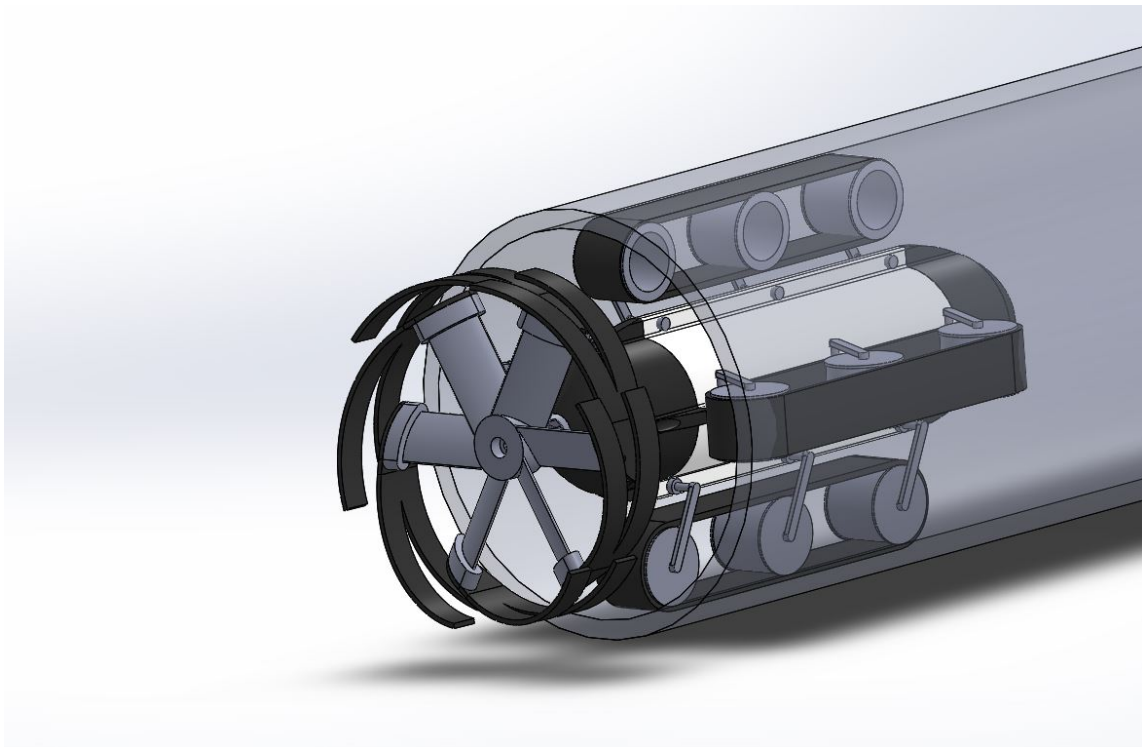
Figurer

1	Konsept satt opp i SolidWorks	3
---	---	---

Innledning

En helt selvstendig og selvdreven løsning kan være foretrukket fram over andre løsninger dersom den trenger lite støtte infrastruktur og trenger designet kun å ta hensyn til hvordan enheten påvirker omgivelsene der som den er og er ikke avhengig av andre deler i et større system. Dette derimot vil føre til et mer høyteknologisk og komplisert system en kunne blitt designet med hjelp av andre type konsepter. Dette gjør løsningen også lettere flyttbar dersom den består av få deler som lett er å holde kontroll på og åpner for muligheten for å bruke løsningen flere steder.

Konsept 3



Figur 1: Konsept satt opp i SolidWorks

Virkemåte

For å forenkle designet mest mulig består dette konseptet kun av av en selvkjørenede drevverk og en aktiv børste som drives av vannstrømmen i rørgata. Enheten blir plassert i toppen av røret på samme måte som nåværende plugg rense system gjør i dag. Justering av ventiler i turbinen nederst i rørgata justerer inn en bestemt strømhastighet som dytter enheten frem og nedover røret samt å drive en propeller på enheten som børstene er montert på. For å holde rett fart i røret fungerer drevverket som en bremse på vei

nedeover, dette er gjort med å enten bestemme enhets og strøm hastigheten i forkant som vil gi en brukbar børste hastighet eller med en sensor på propellen som justerer enhets hastigheten for å holde seg innen et bestemt børste hastighets område. Dette vil ikke kreve noe energi fra enheten på vei nedover og krever enheten derfor kun energi for å komme seg opp tilbake for å bli fjernet ut av røret. Drevverket består av flere beltdrev som drives av børsteløse DC motorer og en batteripakke. Kompleksiteten i designet av denne delen av konseptet kan variere stort fra en "dum" maskin som kjører igjennom forhåndsprogrammert

Fordringer

- **Høyt trykk/vann:** Elektriske systemet må tåle vanntrykket nederst i røret. Elektronikken sammen med batteriet må bygges inn i en trykkbeholder og koblinger føres igjennom den til eksterne sensorer og motorer. Det er ikke alle sensorer som tåler å være under vann og enda færre som tåler undervannstrykket på 355m men en vanlig børsteløs DC motor bør tåle det.
- **Drevfriksjon:** For å enheten klarer å skal ha en sjanse for å komme seg opp til bake til toppen av røret må drivverket ha godt nok grep mot røret. Rørgata er laget av PE plastikk som er veldig glatt materiell, spesielt når det i tillegg er vann i rørgata som gjør det enda glattere.
- **Når er den ferdig:** For å sikre at hele rørgata blir renseset er enheten nødt til å merke eller finne ut selv når den er i bunnen. Letteste løsningene har en fare for å ha en avviksfeil som kan føre til at en del av røret ikke blir renseset eller enheten aldri tror den er ferdig og kjører aldri "hjem".
- **Stenge av vannstrøm:** For å spare mest mulig energi begge på vei opp og ned bruker løsningen vannstrømmen for å drive rensesbørstene på vei ned mens ønsker ingen strøm på vei oppover for mindre motstand. Det å stoppe strømmen må utføres av en person per dagens dato og utfordringen er for personen å vite når det er rett tid til å skru av strømmen. Det er mulighet for å styre strømmen elektronisk men oppdragsgiver har indikert lite interesse for elektronisk styring av strømmen på grunn av høy fare for rørbrudd om ventiler blir feilstyrt.
- **Driftfeil:** Om enheten bryter sammen enten på vei nedover eller oppover kan det være vanskelig å få den ut. Vannstrømmen antas til å være nok for å føre enheten ned til turbinhuset der som muligheten for en veldig tidskrevende demontering av røret rundt turbinen for å få ut enheten.

Annet/konsekvenser

Ved å bruke mykere plastikk en brukt i rørgaten og gummi i alle ytere delene av enheten antas det som umulig at enheten skader rørgaten. Ene materiellet som brukes i designet som muligens kan være skadelig om det blir mistet ut i naturen er ut av batteripakken.

Batteriet er montert i en trykkbeholder inni enheten så det regnes om svært lite sannsynlig at batteriet forsvinner delvis eller i sin helhet ut i naturen der som den vil ikke hentet igjen.

Økonomi

Komponent	anslått pris	enhet
Plast matriell	1000,-	NOK
Gummi	500,-	NOK
Aluminium	1000,-	NOK
Skruer/bolter	400,-	NOK
Børster	800,-	NOK
Forspenningsfjær	500,-	NOK
Lagrer	2000,-	NOK
Motorer	2000,-	NOK
Motorkontrollerer	2000,-	NOK
Batteri	5000,-	NOK
Kontroller	500,-	NOK
Kontakter	2500,-	NOK
Lader	1000,-	NOK
Belter	1000,-	NOK
Sum	22.200,-	NOK

Priser antas som så lav som mulig og komponenter mulig er i grenseland med å utføre jobben.

Konklusjon

Konseptet antas som godt gjennomførbar men krever en del design og testing for å sikre drift i sensitivt bruksområde. Relativt lite informasjon finnes om par nøkkelpunkter i konseptet som seeses som veldig tidskrevende og mulig dyrt å undersøke, bekrefte eller unngå. Konseptet blir derfor dratt ned på grunn av uforsiktighet og prosjektrisiko. Det veies opp med den høyteknologiske delen av designet som kan med nok utvikling føre til et helt selvkjørende system som må bare være signalert og den vil håndtere alle parametere. Kamera inspeksjonsenhet er en mulig utvidelse av konseptets egenskaper.

Konsept 4

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Truls Einen
29/02 2016
Version 1.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
1.0	29/02 2016	Truls E	Publisert

Sammendrag

Dette dokumentet handler om mulige kjemiske løsninger til Fønhus kraftverk. Dokumentet tar for seg virkemåten til forskjellige kjemiske konsepter samt fordeler og ulemper ved kjemiske konsepter. Hovedløsningene i dette dokumentet er å tilføre kjemikalier rett i rørgaten, og kjemikalier mellom pigger.

Innhold

Figurer	2
Innledning	3
Konsept 4	3
Virkemåte	3
Lut	3
kjemisk assistert pigging	4
Fordringer	4
Fordringer ved bruk av Lut	4
Fordringer ved bruk av kjemisk assistert pigging	4
Annet/konsekvenser	5
Økonomi	6
Konklusjon	7
Fordeler	7
Ulemper	7
Kilder	7

Figurer

1	Kaustisk soda i toppen av vannstrengen	3
2	Tre pigger med kjemisk løsning i midten	4
3	Etseskade av kaustisk soda https://no.wikipedia.org/wiki/Natriumhydroksid 20.02.2016	6

Innledning

Kjemisk løsning ved Kaustisk Soda (Natriumhydroksid) sirkulerende i lukkede systemer blir brukt av BKK i bergen og fungerer. Oppdragsgiver har sagt vært i kontakt med BKK og har blitt fortalt at kaustisk soda fungerer bra på humus, men stiller seg tvilende med tanke på effektiviteten i et åpent system.

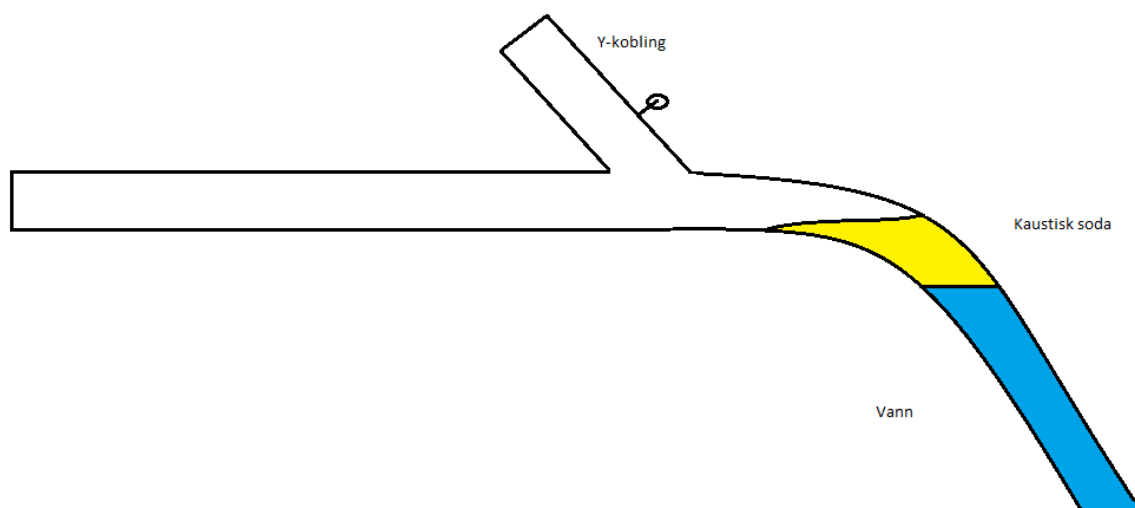
Konsept 4

Virkemåte

Løsemidler virker ved at de fukter eller emulgerer fett, eller smuss slik at det skyller bort.

Lut

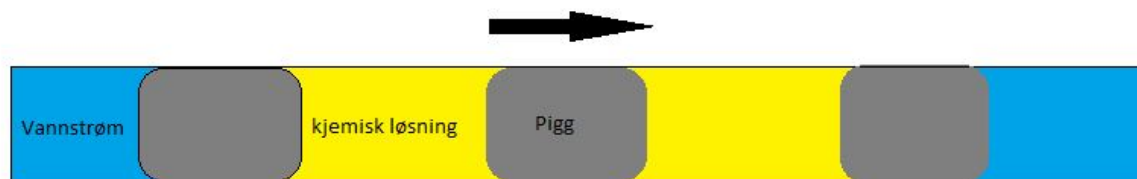
Helle store mengder lut i y-koblingen ved toppen av rørgaten. En løsning for å beholde god konsentrasjon av lut gjennom anlegget kan være å helle lut i anlegget når rørgata er full, og tappe den sakte. Dermed kan det tenkes at luten holder ok konsentrasjon og får relativt god tid til å virke nedover rørgata. Det er også diskutert muligheten om å skumme løsemiddelet på toppen for å øke overflaten og virketiden. Da må i så fall en inertgass bli blandet inn ved inntaket. Eventuelt kan tensider med gode skummeegenskaper tilsettes løsemiddelet.



Figur 1: Kaustisk soda i toppen av vannstrengen

kjemisk assistert pigging

Såkalt chemical assisted pigging blir mye brukt i oljerør. I oljebransjen brukes gjerne 3 eller flere propper sammen med kjemikalier i mellom proppene. Proppene som brukes til chemical assisted pigging har forseglinger som hindrer væske å flyte forbi dem.



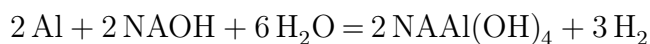
Figur 2: Tre pigger med kjemisk løsning i midten

Fordringer

Fordringer ved bruk av Lut

Bruken av kjemikalier på Fønhus kraft er utfordrende da man trenger en god ordning for oppsamling av kjemikalier på bunnen av kraftverket. Håndtering av eventuell kjemisk avfall må planlegges sammen med lokale myndigheter.

Ekstra forsiktighet kreves hvis lut skal brukes, lut er etsende og reagerer blant annet med aluminium. Hvis lut og vann kommer i kontakt med aluminium blir det produsert hydrogengass, noe som er høyeksplosivt.



Fordringer ved bruk av kjemisk assistert pigging

Ved tradisjonell kjemisk pigging bruker man propper med tetninger for å holde væsken mellom proppene, dette er utfordrende ved Fønhus kraft da man har en rørgate med varierende diameter, og de vil dermed få problemer med å komme seg gjennom hele rørgaten. Et annet problem er håndtering av proppene på bunnen. For å sikre forsvarlig innhenting av propper trenger man et rigid system for innhenting av propper og kjemikalier for å unngå at brukeren får kjemikaliene over seg. Oppdragsgiver har gitt uttrykk for at en rigid ordning for propper ikke er realistisk på kraftverket da det ikke vil være

lønnsomt med tanke på effektiviteten av proppkjøring.

- Løsemiddelet må som et minimum ikke reagere med polyetylen eller støpejern.
- Løsemiddelet må løse opp hummus .
- Løsemiddelet må være lovlig å bruke til formålet.
- Løsningen må inneholde et system for avfallshåndtering (se lovlighet).
- Vedlikeholdspersonell må bruke tilstrekkelig sikkerhetsutstyr.
- Løsemiddelet burde få tilstrekkelig virketid.
- Løsemiddelet burde ikke produsere farlige gasser.
- Eventuelle pigger burde ikke slippe gjennom mye væske
- Eventuelle pigger må komme seg gjennom rørgata

Annet/konsekvenser

Prosjektgruppen har veldig begrensede kjemikunnskaper, en kjemisk løsning kan føre til uforutsette konsekvenser. Må ta hensyn til alle mulige kjemiske reaksjoner med tanke på kjemisk virkemidler og eksisterende infrastruktur.
De aller fleste vaskemidler beregnet på industri er skadelig for både miljø og personer.



Figur 3: Etseskade av kaustisk soda
<https://no.wikipedia.org/wiki/Natriumhydroksid> 20.02.2016

Økonomi

Middel	Pris	Kommentar
Pigg *3	1300kr *3	Pris på nåværende pigger. pigger til kjemisk assistert pigging er sannsynligvis dyrere.
2.5kg Kaustisk soda *x	155kr*x	Trenger mest sannsynlig mye mer. Må kontakte leverandør for pris på store mengder.
Fatoppbevaring 1250 kg	4040kr	
pumpe	12000kr	
Oppsamlingstank	?	Sammenstilling for oppsamling av propper
Avfallshåndtering	?	Transport og deponering av avfall

Konklusjon

Fordeler

- Kan være mer effektivt en plugger
- Mulighet for å unngå mekaniske inngrep

Ulemper

- Kjemisk assistert pigging er mer arbeidskrevende enn plugger alene
- Helsefarlig
- Investering av kjemikalier for hver renseprosess
- Miljøfarlig
- Usikkerhet rundt kjemiske prosesser
- Ikke plass eller vilje til å opprette rigid løsning for pigger og kjemisk avfall

Konklusjonen er at kjemiske løsninger kan være effektive, men det vil kreve mye kunnskap som prosjektgruppen ikke innehar. Store kjemiske inngrep krever dessuten store tiltak for avfallshåndtering og planlegging, dette er tiltak som blir for store for at en løsning skal være lønnsom.

Kilder

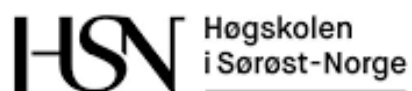
- Pris, kautisk soda, Verktøy.no 19/02/2016
- Helsenorge 20/02/2016
- Fatoppbevaring
- <https://snl.no/vaskemidler> 19/02/2016
- Oil and Gas Journal, Chemically Assisted Pipeline Cleaning For Pigging Operations, August 2011, Vol. 238 No. 8

Elektrodesign

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Bjørn Erik Gjøvland og Odinn Gudmundsson
22/05 2016
Version 2.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
0.1	01/03 2016	Bjørn Erik og Odinn	Opprettet
1.0	29/03 2016	Odinn og Bjørn Erik	Publisert
2.0	22/05 2016	Odinn	Publisert

Sammendrag

Dette dokumentet følger det elektriske designet av vinsjsystemet som skal brukes for Konsept 2 sin løsning. Løsningen består av en vannstrømsdrevet børste der posisjonsstyringen er en ekstern elektrisk vinsj. Den største delen av dette designet består av det elektriske drivverket sammen med styring og overvåking.

Innhold

Sammendrag	1
Figurer	3
Innledning	5
Definisjoner	5
Iterasjon 1	6
Designparameterer	6
Størrelse	6
Driftskrefter	7
Driftsmåte	7
Systemet	7
Rammeverk	8
Veiertrommelen	8
Motordrev	8
Giring	9
Programbar mikrokontroller	10
Motorkontroller	10
Omformer	11
Sikkerhet	11
Funksjonsoversikt	11
Systemoversikt	12
Elektriske design	13
Proof of concept/småskala prototype	13
Komponenter	13
Funksjon 1	14
Funksjon 2	15
Funksjon 3	15
Ledningsnett liste for 1 Iterasjon	17
Maskinvarekomponenter liste for 1 Iterasjon	19
Programvare	19
Oppsett	19
Funksjonstest	19
Økonomi	20
Iterasjon 1 videreutvikling	20
Neste iterasjon	20
Senere iterasjoner	20

Iterasjon 2	21
Utviding av miniprototype	21
Funksjon 4	21
Funksjon 5	23
Funksjon 6	24
Funksjon 7	24
Systemoversikt 2	25
Utvidet prototype	25
Lednings liste for 2. iterasjon	26
Maskinvare komponentliste for 2. iterasjon	28
Økonomi	28
Samling av elektronikk	29
Omformer	29
Styring og sensorer	31
Motordriver	32
Kretskort design	33
Forbedring	33
Tegning	33
Kretskort produksjon	38
Komponent liste og montering	39
Økonomi kretskort	41
Iterasjon 2 videreutvikling	42
Neste iterasjon	42
Senere iterasjoner	42
Vedlegg	43
Komponentliste	43
Referanser	46
 Figurer	
1 Europal dimisjoner	6
2 Illustrasjon av en BLDC motor	8
3 Illustrasjon av Ormgir girkasse	10
4 Illustrasjon av vinsjkontrollerens funksjonalitet	12
5 Illustrasjon av el-designets systemoversikt	12
6 Illustrasjon av Arduino Mega fra Fritzing	13
7 Illustrasjon Arduino motor Shield fra Fritzing	14
8 TCS3200 farge sensor	14

9	Illustrasjon av Hitachi HD44780 LCD fra Fritzing	15
10	Illustrasjon av Knapp fra Fritzing	15
11	System tegning fra Fritzing	16
12	Last sensor	21
13	Last sensor funksjon	22
14	"HX 711 Load Cell Weighing Sensor circuit"	22
15	Illustrering av lastsensor design	22
16	SD Shield for Arduino Mega 2560 V3	23
17	Mikro bryter	24
18	Illustrasjon av el-design Systemoversikt 2	25
19	Udvidet system tegning fra Fritzing	26
20	Simulert utgang fra diodebru	30
21	Simulert utgang fra diodebru med kondensator	30
22	Koblingskjema av samlet komponenter	34
23	Koblingsskjema av den ene motorkontrolleren men deler er delt over flere sider	34
24	Fotspor for en 64 pins mikroprosessor	35
25	Kretskortet under den fysiske design fasen	36
26	Tverrsnitt tegning av et 4 lags kretskort	37
27	VIA, en kobling igjennom kretskortet og til de to interne kopperlagene	37
28	Kretskorts spor polstrert med lodd	38
29	3D modell av kretskort	40
30	3D modell av kretskort bakside	40
31	Komponentliste side 1	43
32	Komponentliste side 2	44
33	Komponentliste side 3	45

Innledning

Designet av vinsjen er svært viktig for prosjektets mål. Vinsjen er en nøkkelkomponent for drift av rensesystemet utformet i Konsept 2. I løpet av designet skal det bestemmes størrelse og vekt av løsningen sammen med komponentvalg for å oppnå ønsket funksjon i Konsept 2 og kravspesifikasjonen.

Hensyn må tas til eksterne begrensinger som tilgang til driftspenning og oppsetning/plassering av løsning. Et av målene for designet er en intuitiv løsning som kan lett styres av en person, gjerne eksternt.

Definisjoner

HSN	Høgskolen i Sørøst-Norge
IP	"Ingress protection", en standard for støv- og vanntetthet
rpm	Rotasjoner per minutt
kW	kiloWatt, en SI enhet for arbeid
A	Amper, en enhet for strøm
Nm	Newton meter, en SI enhet for dreimoment
PWM	Pulse Width Modulation, en type elektrisk signal
BLDC	Brushless Direct Current, en type elmotor
RGB	Rød/Grønn/Blå
ICSP	er tilkoblings punkt på arduino
NO	Normal åpen
STM	En mikroprosessor som håndterer signalreguleringen av motorene.
DRV	3 fas mosfet driver

Iterasjon 1

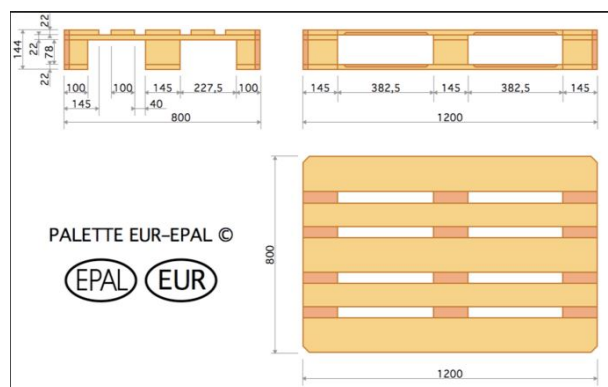
Designparameterer

Størrelse

Vinsjen er ikke tenkt som en fastmontert løsning på grunn av oppdragsgiver sitt ønske om et system som kan fraktes mellom forskjellige steder som har behov for rensing. Derfor må designet holde seg til en størrelse som lar seg fraktes.

Med hensyn til dette velges den ytre dimensjonsgrensen på 120cm lengde og 80cm bredde som er størrelsen på en EURO pallet som antas å være den mest brukte fraktstandarden i dag.

Denne størrelsen sikrer at den posser godt inn i de fleste fraktbiler samt lasteparket til pickuper. I tillegg fordrer denne størrelsen montering av festeanordninger til gaffelutstyrt maskineri.



Figur 1: Europal dimensjoner

Ut fra den valgte pakkestørrelsen kan størrelsen på kabeltrommelen bestemmes. Den beste løsningen for vaieren er en trommel med stor omkrets for slank sving av kabelen sammen med lang trommel som hjelper for å unngå for mange lag med vaier som kveiles over hverandre.

Trommelen må være litt mindre enn en EURO-pall som valgt tidligere der den må plasseres i et rammeverk som skal passe på en EURO-pall og har trommelstørrelse på 1m bredde og diameter på 64cm, som gir omkrets på 2m, bli valgt for videre utregning av dreimoment og plassering av kabel på trommelen.

Med tanke på at valgt veier har en diameter på 5mm, lengde på over 1650m og vekt på 3.7kg/100m fører det til at det er i et lag av vaier plass til 200 runder rundt trommelen og etter litt over 4 lag har trommelen fått plass til hele veierens lengde.

Driftskrefter

For å sikre at vinsjen kan håndtere kreftene den kan bli utsatt for, er det viktig å gå igjennom utregninger av dreimoment og statisk last for å finne ut hva strukturen og andre deler av driftsverket må tåle. Veieren har en tyngde på 3.7kg/100m som gir et statisk last på 61kg på trommelen når hele veierens lengde er lagret på trommelen.

Med tanke på dreimoment krevd av drivverket til trommelen tar utregningene utgangspunkt i å klare drive vaieren helt opp til veierbrudd, men bruddstyrken til veieren er 540kg. Omregnet til dreiemoment med litt sikkerhetsmargin på trommelens radius (35cm), vil trommelens dreimoment komme på 1854Nm. Denne verdien blir senere brukt ved utregning av giring og å sikre at valgt motor sammen med giring er etter behov.

Likevel kan man anta maksimal lasten/trekkeretningen til veieren sikkert aldri blir den samme som lasten/trekkeretningen til statiske lasten fra lagret veier, regnes det sånn at strukturen må tåle dem begge samtidig. Den lasten fra trommelens aksling mot strukturen vil da være rundt 600kg eller 5900N.

Driftsmåte

For å avlaste personell for fysisk arbeid og automatisering av driften vil elektrisitet brukes for å drive løsningen. For å sikre at løsningen kan brukes på flest mulige steder begrenses driften for bruk av 10A, 230V matspenning.

Denne matspenningen bør være tilgjengelig hvor som helst der strøm er ellers tilgjengelig og kan erstattes med et lite aggregat eller en omformer i en bil etter behov.

Systemet

For å drive vinsjen skal det benyttes elektronsike deler og programmerbar selvstyring. En elektrisk motor vil da drive et gir som vil snu trommelen, giret er viktig fordi dreimomentsforskjellen mellom motor som kan brukes på et sånt sted og maks last på trommelen er veldig stor. Motoren mates med strøm fra en motorkontroller som er styrt av en programmerbar mikrokontroller.

Mikrokontrolleren vil håndtere signaler fra flere sensorer og sammen med valgte innstillinger styre utmating/innhenting av veier. Vinsjen må også utstyres med et kveilesystem som vil styre kabelen inn på trommelen for å sikre jevn og feilfri lagring av vaier.

Systemet skal overvåkes av de forskjellige sensorene og må ha en måte å vise fram verdier til personell for å gi dem bedre oversikt og om nødvendig, gi mulighet til å avbryte renseprosessen om verdier overskrider programmerte sikkerhetsverdier.

Rammeverk

Rammeverket og bærende struktur må tåle lasten systemet kan bli utsatt for. Som utregnet før er den samlede kraften fra maksimalt snordrag sammen med tyngdekraften fra hele veierens lengde kveilet på trommelen rundt 5900N.

Designet av rammeverket må designes rundt veiertrommelen og drivverket. Den jobben utføres i mekanikkdesign og blir ikke gjennomgått i dette dokumentet.

Veiertrommelen

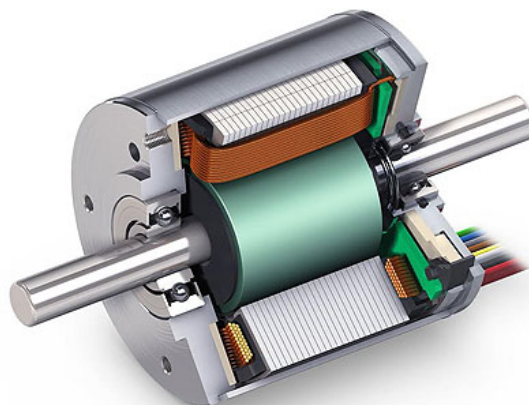
Tidligere i dokumentet er trommelens størrelse anslått til å bli 1m brei med radius på 32cm. Disse størrelsene kan bli endret, om trommelens lengde blir mindre en 1m må veieren lagres i flere lag og om radiusen endres må giringen endres der som utregninger for motor og gir dreimomenter går ut fra radius 32cm.

Fordelen med en så stor trommel er en myk sving på veieren når den er lagret, sammen med få lag av kveilet vaier, vil det minske sjansen for at vaier i en av de øvre lagene blir dyttet ned gjennom flere lag, setter seg fast og skape ustabil utmating av veier sammen med mulig skade på vaieren.

Det fysiske designet av trommelen blir utført i mekanikkdesign og blir ikke gjennomgått i dette dokumentet.

Motordrev

Elektrisk motor brukes for å drive vinsjsystemet. Det antas at børsteløs DC motor (BLDC) vil være den beste valget i dette tilfellet.



Figur 2: Illustrasjon av en BLDC motor

BLDC motorer har mange fordeler over vanlige AC motorer der den viktigste fordel for dette prosjektet er enklere hastighetsregulering av motoren og godt holdemoment. BLDC motorer har også høyt dreimoment og kapasitet for flere omdreininger per minutt enn samsvarende AC motor. En fordel som ikke er så viktig for dette prosjektet er motorens vekt men BLDC motorer har en høy kraft/vekt ratio [1]. Ytelsen forventet av motoren kan regnes ut som et forhold mellom omdreininger og dreimoment. Følgende utregningen viser forholdet krevet av et system ut fra gitte parametere i tillegg til 15cm/s vaierhastighet:

$$F = 540 * 9.81 = 5297.4N \quad (1)$$

$$F_d = 5297.4 * 0.35 \approx 1854Nm \quad (2)$$

$$O = 2 * \pi * 35 \approx 220cm \quad (3)$$

$$f = 15 * 60 = 900cm/min \quad (4)$$

$$t = \frac{900}{220} = 4.09rpm \quad (5)$$

$$X = 1854 * 4.09 \approx 7585Nm/rpm \rightarrow 7585rpm/Nm \quad (6)$$

Dvs. at med økt maks motor turtall senker kravet for dreimoment ut av motoren men det krever en girboks med høyere giring. Ønsket dreimoment og vaierhastighet styrer valget av rett gir og motor.

Giring

Det er nødvendig med giring mellom motor og trommel for at en liten elektrisk motor skal klare å dra med den kraften som systemet krever. Girutvekslingen må velges i henhold til den valgte motor sitt dreimoment og maks turtall mot den utledete verdiene til vinsjen. De verdiene kommer fra eksterne faktorer og bestemmelser gruppen har utført.

Vinsjen skal klare å oppnå en trekkekraft på trekkeveieren som er lik bruddstyrken til veieren. Det er tatt utgangspunkt i en vaier som har en bruddstyrke på 540kg som utsetter en veiertrommel på radius 35cm for dreimoment på 1854Nm. Gruppen har også bestemt at veierhastighet på 15cm/s er en godt utgangspunkt for videreføring av designet. Ut fra dette kan sammenhenget mellom motorens turtall og dreimoment regnes ut, utført tidligere i dette dokumentet, og resultatet brukes så til å finne motor og gir som sammen oppnår kravene.

Der det statiske dreimomentet på vaiertrommelen blir overført til motoren når den skal stå stille antar gruppen at bruk av ormegir girkasse (worm gearbox) kan være nyttig fordi den kan ha høy giring, kompakt design og har en egenskap der dreimoment påført baklengs igjennom systemet, trommel til motor, blir overført til maskindelen istenden for dreimoment på motoren.



Figur 3: Illustrasjon av Ormgir girkasse

Programbar mikrokontroller

For valg av mikrokontroller er det mange muligheter og det er et stort utvalg på markedet av løsninger som har forskjellige priser/antall inn-utganger/kommunikasjonsevne/innbygde egenskaper. Kravene gruppen stiller til kontrolleren er som følgende:

- Utgang for et styresignal signal
- Utgang for skjerm løsning
- Inngang for sensorer (minimum 3 sensorer)
- Inngang for knapper (minimum 6 knapper)
- Kommunikasjonsevne igjennom standarder som SPI/I²C/UART for kommunikasjon med opsjonelle moduler

Motorkontroller

For å håndtere strømmen matet til motoren og hastighetsregulere den må det brukes en motorkontroller. Motorkontrolleren håndterer svakstrømsinstruksjonene gitt av den programmerbare mikrokontrolleren og sikrer at en svakstrømsenhet som mikrokontrolleren er, kan påvirke en høyenergi motor i henhold til instruksjonen gitt.

Kontrolleren må styres med et styresignal, som for eksempel PWM signal, fra mikrokontroller og omforme en 1 fas matespenning over til 3 fas drivspenning, fordi de fleste BLDC motorer på markedet er 3 fas.

Omformer

På grunn av matspenningen til systemet er 230V vekselstrøm har systemet et behov for en omformer for å drive de forskjellige delene som alle drives med likestrøm. Tidligere i dokumentet beskrives systemet til å være kjørbart på en 10A 230V kurs og omformeren bør kunne bygges ut til tilsvarende kapasitet.

De forskjellige komponentene i systemet har også forskjellig behov for matespenning og omformeren må klare å sublimere flere forskjellige likestrøms spenninger som 3.3V, 5V og matespenningen til motoren.

Sikkerhet

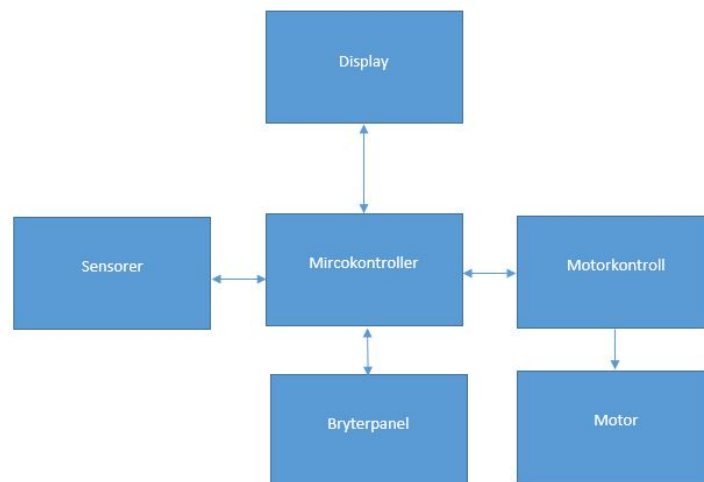
For å sikre driften av løsningen og helsen til brukspersonell må løsningen inneholde en måte for å stoppe løsningen om en nødsituasjon oppstår. Implementasjon av 2 forskjellige nødstoppbrytere antas som minnste krav, en myk nødstopp som implementeres i programkoden og en hard nødstopp som kutter all strøm til løsningen.

Knyttet sammen med hard nødstopp kan det være nødvendig med implementasjon av nødbrems til vaiertrommelen for å sikre at trommelen ikke slipper ut vaier under høy last når vinsjmotoren mister driftspenningen som fungerer som brems når den er spenningsatt.

For å oppfylle krav i FEL-forskriften (Forskrift om elektrisk lavspenning), stillet av det Norske regelverket innenfor elektroinstallasjon, følges NEK-400 retningslinjer. Enheten jordes med en fellesforbindelse til underfordelingens fellesjording og utstyres med en 2-pol, 10A, D-merket automatsikking. D-merket sikring velges på grunn av motorens høye startstrøm som krever en tregere sikring en normalt.

Funksjonsoversikt

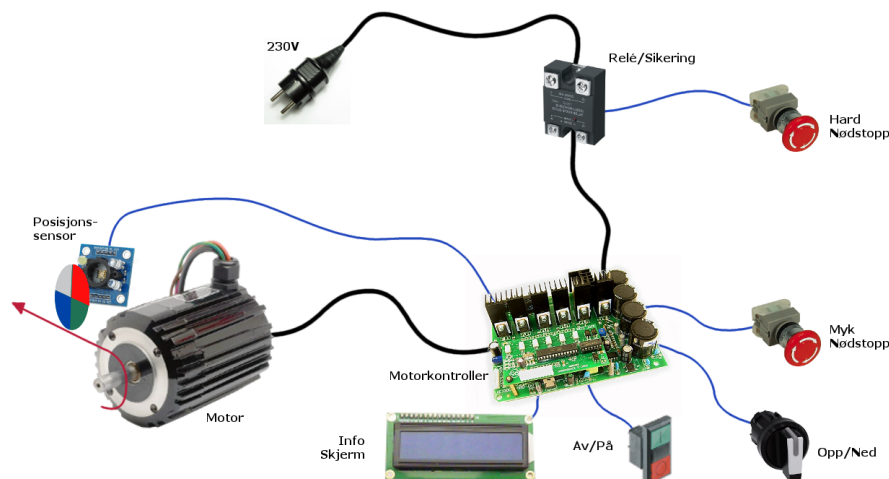
Figure 4 viser på en enkel måte oppsettet gruppen har sett for seg av den elektriske styring til vinsjen i Konsept 2. Figure 4 viser hvordan forskjellige enheter og moduler kommer til med å henge sammen for å oppnå ønsket funksjon for løsningen.



Figur 4: Illustrasjon av vinsjkontrollerens funksjonalitet

Systemoversikt

Ut fra valgene har gruppen utledet en grov systemoversikt for det elektriske systemet. Den inneholder det som antas til å være den absolutt minimalt systemet kan være for å oppnå funksjonaliteten prosjektet krever.



Figur 5: Illustrasjon av el-designets systemoversikt

Elektriske design

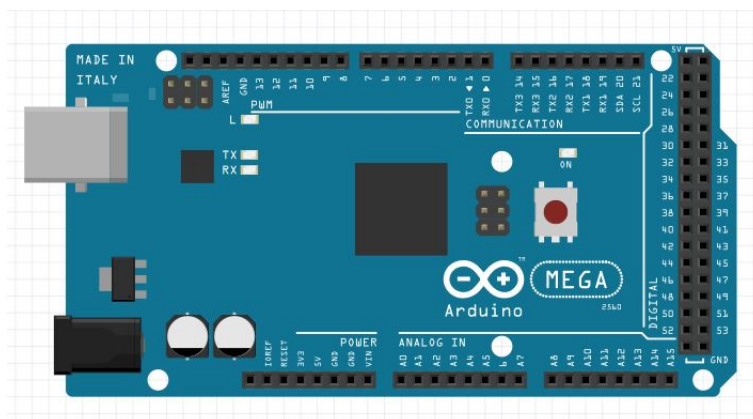
Proof of concept/småskala prototype

Gruppen starter med å lage en elektrisk småskala prototype som skal fungere som konsepttest og vurdering av designbehov for endelig produkt. Vurdering av mengde og type sensorer designet krever og hva slags utstyr som skal styres foregår i denne fasen. Det gjøres for å unngå uforventet utvidelse av systemets innganger/utganger som kan da kreve redesign og nytt valg av komponenter.

For første prototype har gruppen valgt å bruke Arduino mikrokontroller som styreenhet. Gruppen bruker Arduino på grunn av kjennskap til programmeringsspråket og tidsbegrensinger. I fremtiden kan programmet bli skrevet i et annet språk tilpasset for eksempel RaspberryPi for å kunne få en fin grafisk framvising på en pad/skjerm løsning.

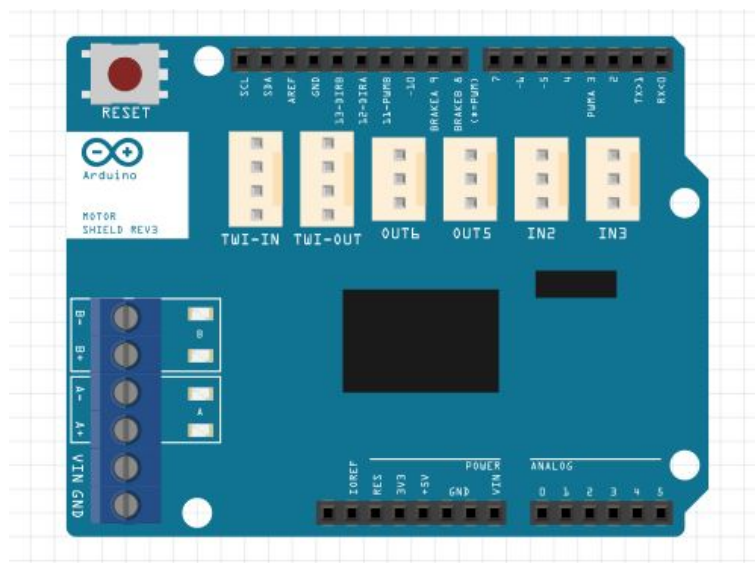
Komponenter

Gruppen velger å bruke Arduino Mega 6 i første omgang der som den har mange digitale pinner som kan brukes for sensorer, knapper og andre moduler. Mye støtte og hjelp finnes på nettet for Arduino samt uendelig mengde med moduler og sensorer som kan brukes for rask prototyping. Arduino-en antas til å ha nok prosessor kapasitet samt utgang/inngangs pinner for å kunne håndtere systemets full funksjonalitet.



Figur 6: Illustrasjon av Arduino Mega fra Fritzing

Et motorkort fra Arduino, vist fram i Figure 7, brukes som motorstyring av DC motorer. Med den kan det kobles opp til 2 motorer og styre hastigheten til dem, samt å drive og styre et par servomotorer. Kortet har også mulighet for å bli matet fra en egen strømforsyning om elmotorene krever mer strøm enn Arduino Mega hovedkortet kan mate.

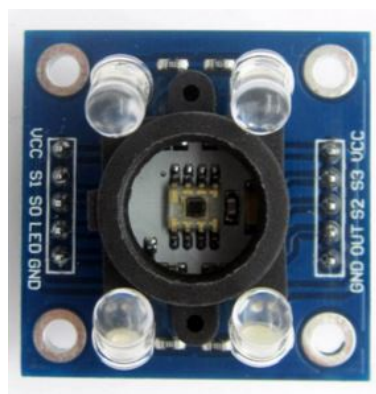


Figur 7: Illustrasjon Arduino motor Shield fra Fritzing

Funksjon 1

TCS3200 er en RGB fargesensor som kan måle fargen til en objekt som plassert er foran sensoren. Hensikten med å bruke TCS3200, som er vist i Figure 8, er å bruke den til måle antall meter vaier som er slept av tommelen eller trekket tilbake. En optisk sensor har den fordelen over mekaniske at den ikke utsetter materialet som måles for mekanisk kontakt og vil derfor ikke påføre slitasje. Farging av seksjoner av veieren eller et fritt roterende fargehjul montert på veieren brukes sammen med sensoren.

Modulen fungerer på den måten at den lyser opp en overflate og måler refleksjonens fargen på overflaten, refleksjonene blir fanget opp av sensoren som sitter midt på kretskortet som man ser i Figure 8. TCS3200 fargesensoren er kompatibel med mikrokontrollersystemet som blir brukt under denne fasen av prosjektet.

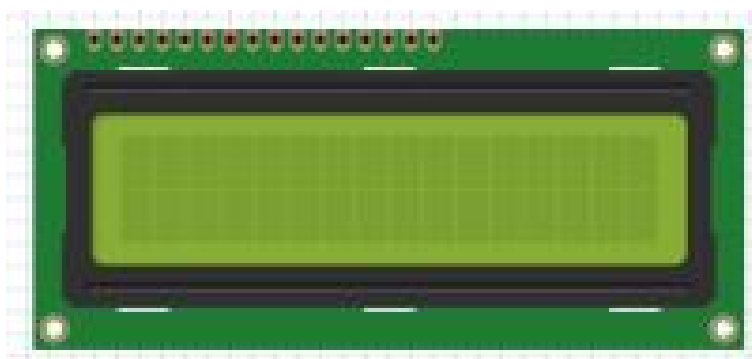


Figur 8: TCS3200 farge sensor

Funksjon 2

LCD skjermen som er vist i Figuren 9 er en 16x2 karakter LCD skjerm som styres med 4 til 8 bit instruksjoner fra mikrokontrolleren. Det ligger et bibliotek i programmeringsprogrammet til Arduino som hjelper ved å omforme kode til brukbar kommunikasjonssignal som LCD skjermens driver kan forstå og brukes den i gruppens kode.

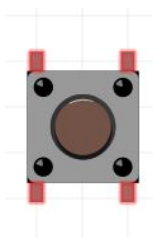
Skjermen passer godt for gruppens formål fordi den er enkel å programmere inn på Arduino-ens system, har plass til informasjonen gruppen trenger ut av systemet og at flere gruppemedlemmer har denne modulen allerede fra et tidligere fag ved HSN.



Figur 9: Illustrasjon av Hitachi HD44780 LCD fra Fritzing

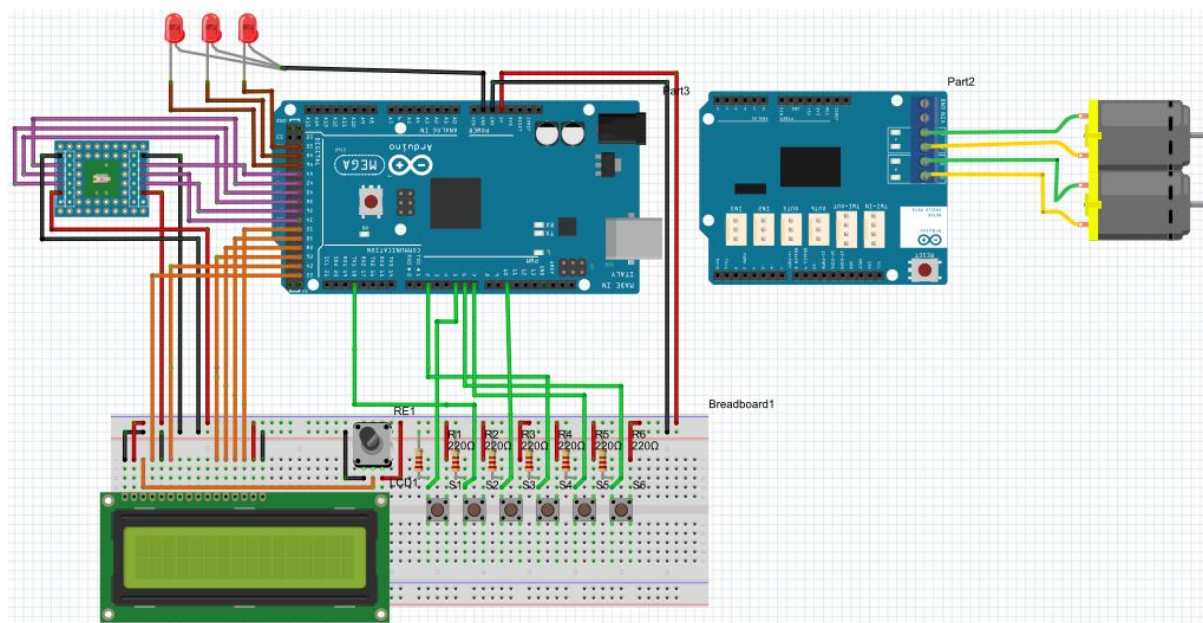
Funksjon 3

For å kunne påvirke systemet må brukeren ha en måte til å sende et "input" til mikrokontrolleren og enkleste måten er ved å bruke knapper. Knappen som er vist i Figure 10 er en momentar trykkknapp som brukes for å signaliserer en inngangspinne på Arduino-en med å slippe igjennom en spenning når brukeren vil påvirke systemet. Systemet har foreløpig 6 av disse og styrer verdier inne i mikrokontrollerens system som hastighet, vaierretning, start og nødstop (ikke momentar knapp).



Figur 10: Illustrasjon av Knapp fra Fritzing

Systemets oppsett er illustrert i Figure 11. Motor kortet (merket "Part2") skal sitte oppå hovedkortet (i midten) men på grunn av tegneprogrammet så illustreres den ved siden av hovedkortet som vist i Figure 11.



Figur 11: System tegning fra Fritzing

Tegningen som er vist i Figure 11 er laget i et gratis program som heter Fritzing. Det er et veldig enkelt tegneprogram som gir et godt og oversiktlig bilde av hvordan alt henger sammen. Tegningen viser delene krevet for funksjonene gruppen vil ha på vinsjen. Det er lagt til noen sensorer, men dette er første utkast av tegningen og samsvarer med hva som har blitt programert til mikrokontrolleren.

Øverst til venstre er det RGB fargesensor modulen som skal måle posisjonen til rensehuet. I dette systemet skal denne bli brukt til å måle endringer av farger på et hjul som skal ligge oppå vaieren ved utgangen av trommelen, hjulet har forskjellige farger på seg slik at sensoren reagere på de forskjellige fargene. Ved hjelp av det signalet så kan man sette opp en funksjon som registrerer hver gang fargen endres og dermed vite at hjulet har blitt rotert og ved bruk av 3 eller flere farger kan retningen også bestemmes. Ved å vite hjulets omkrets kan man måle hvor mye vaier som er sluppet ut eller innhentet hver gang en farge passerer.

I midten er Arduino Mega hovedkortet som inneholder mikrokontrolleren og alle de andre komponentene kobles imot. Veierene brukt for å koble i sammen de forskjellige delene sorteres som følgende:

- Kablene som er orange er signal kablene til LCD skjermen som gruppen bruker
- Kablene som er grønne er signal kablene til knappen/bryteren
- Kablene som er svarte er jord kablene
- Kablene som er røde er +5 V fra Arduinoen
- Kablene som er lilla er signal kablene til TCS3200 farge sensor
- Kablene som er brune gå til led som får signalesere fra farage TCS3200 farge sensor (viser farge som er registert)

På høyre siden av hovedkortet er motorkortet sammen med to motorer. Motorkortet håndterer styringen av motorene i henhold til et PWM signal fra hovedkortet.

Nederst er det et koblingsbrett som holder LCD skjermen og knappene. Skjermen vil vise systemets parameterer og status. Fra høyre til venstre på bildet er de 6 knappene som følger:

- Knapp 1, Start/Stop
- Knapp 2, Nødstop
- Knapp 3, Senket motorhastighet
- Knapp 4, Økt motorhastighet
- Knapp 5, Veierretning ned/ut
- Knapp 6, Veierretning opp/inn

Ledningsnett liste for 1 Iterasjon

Ledningsliste for Arduinoprogrammet som har blitt laget for dette systemet viset i Figure 11.

Denne listen er et oppsett som følger med tegningen for vise hvor kablene er koblet og hva slags signal den transporterer. Tilkoblingpunkt kolumnen inneholder informasjon om fra hvilken pinne på hovedkortet (første tallet i hver celle) kobles mot hvilken punkt på andre komponenter (det andre tallet i sellen).

Komponent navn	Signal type	Tilkoblingpunkter	Kommentar
PWM_A	Output signal	3	Ligger i Motor Shield
PWM_B	Output signal	11	Ligger i Motor Shield
DIR_A	Output signal	12	Ligger i Motor Shield
DIR_B	Output signal	13	Ligger i Motor Shield
BRAKE_A	Output signal	9	Ligger i Motor Shield
BRAKE_B	Output signal	8	Ligger i Motor Shield
SNS_A	Output signal	A0	Ligger i Motor Shield
Start	Input signal	5 til brytter 1	
Estopp	Output signal	18(TX1) til brytter 2	
Pluss	Input signal	10 til brytter 3	
Minus	Input signal	2 til brytter 4	
Opp	Input signal	7 til brytter 5	
Ned	Input signal	6 til brytter 6	

Komponent navn	Signal type	Tilkobling punkt	Kommentar
5V	Fast spenning	5V	
GND	Fast jording	GND	
Hitachi LCD	Output signal	22 til RS	
Hitachi LCD	Output signal	24 til E	
Hitachi LCD	Output signal	26 til D4	
Hitachi LCD	Output signal	28 til D5	
Hitachi LCD	Output signal	30 til D6	
Hitachi LCD	Output signal	32 til D7	
Hitachi LCD	Portmeter	VO	
Hitachi LCD	Jord	VSS	
Hitachi LCD	+5V	VDD	
Hitachi LCD	Jord	RW	
TCS3200 sensor	+5V	VCC	På kretskortet
TCS3200 sensor	Jord	GND	På kretskortet
TCS3200 sensor	Output signal	34 til S0	Egent kretskort
TCS3200 sensor	Output signal	36 til S1	Egent kretskort
TCS3200 sensor	Output signal	38 til S2	Egent kretskort
TCS3200 farge sensor	Output signal	40 til S3	Egent kretskort
TCS3200 farge sensor	Input signal	42 til OUT	Egent kretskort
TCS3200 farge sensor	Output singal	44 til LED	Egent kretskort
Led grøn	Output singal	46 til LED	
Led rød	Output singal	48 til LED	
Led gul	Output singal	50 til LED	

Maskinvarekomponenter liste for 1 Iterasjon

Liste over komponenter som systemet trenger for å funke som vist i Figure 11:

Komponent navn	Type	Antall	Kommentar
Arduino Mega	kretskort modul	1 stk	
Arduino motor kort	kretskort modul	1 stk	
TCS3200 farge sensor	kretskort modul	1 stk	Lånt av HSN
Hitachi HD44780 LCD	LCD modul	1 stk	
Knapp/brytter	signal giver	6 stk	
10K ohm motsatand		6 stk	pull down resistor
Led grøn	lys diode	1 stk	
Led rød	lys diode	1 stk	
Led gul	lys diode	1 stk	
DC-motorer		2 stk	

Programvare

Arduinio-ens programkode blir plassert i sin helhet i medfølgende vedlegg nevnt Elektro design kode for Konsept 2.

Oppsett

Designet blir satt opp midlertidlig på et koblingsbrett for evaluering av systemets funksjonalitet og samkjøring av de forskjellige komponentene som blir brukt i dette systemet.

Funksjonstest

Etter hver design iterasjon må systemet testes. Etter 1. iterasjon utføres det en funksjonstest der som systemets funksjonalitet testes mot forventet oppførsel. Dokumentering av disse testene rapporteres i dokumentet Funksjonstest elektro for konsept 2.

Økonomi

Et estimat av hvor mye komponentene og modulene brukt i første design iterasjon koster. Disse delene vises på koblingstegningen på Figure 11 og listes her med innkjøpspris:

Komponent	Pris	Enhet	Leverandør	Sum
Motor shield	359 NOK	1 stk	kjell.com	359 NOK
Arduino mega	499 NOK	1 stk	kjell.com	499 NOK
Fargesensor	150,48 NOK	1 stk	arduino-elektronika.eu	150,48 NOK
LCD skjerm	112,2NOK	1 stk	store.arduino.cc/product	112,2 NOK
DC motor	27,34 NOK	2 stk	store.arduino.cc/product	54,86 NOK
Motstander	0,84 NOK	6 stk	store.arduino.cc/product	5,04 NOK
Knapper	2,98 NOK	6 stk	store.arduino.cc/product	17,91 NOK
Dioder	1,79 NOK	3 stk	store.arduino.cc/product	5,37 NOK
Portmeter	8,49 NOK	1 stk	store.arduino.cc/product	8,49 NOK
Ledninger	2,54 NOK	45 stk	store.arduino.cc/product	114,3 NOK

Iterasjon 1 videreutvikling

Neste iterasjon

Det som er tenkt videre med Arduino systemet er å legge til en datalogger som bruker SD kort for lagring av sensorverdier, sånn at man kan gå inn i etterkant og se åsen systemet har oppført seg under drift.

Det er også tenkt på er å sette inn en sensor som kan måle kreftene som påvirker systemet under drift.

Senere iterasjoner

Etter å systemet opererer feilfritt og med full funksjonalitet blir fokus satt på forenkling av systemet med tanke på samling av komponenter på et kretskort, mer intuitivt brukergrensesnitt og fjernstyring.

Iterasjon 2

Utviding av miniprototype

Flere funksjoner som gir brukeren bedre innblik inn i produktets virksomhet og tilstand er alltid nyttig for brukeren. Overvåking og registrering av viktige parameterer hjelper med å drive en pålitelig og unngå overkjøring av diverse deler.

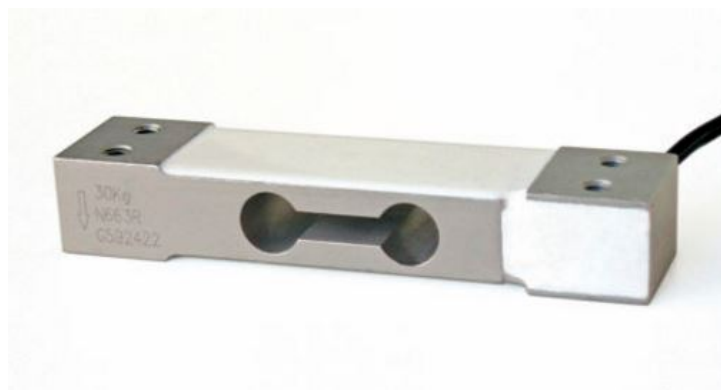
Funksjon 4

I Figure 13 ser man hvordan en last sensor fungerer, den blir montert fast på en brakett eller en anordning som holder den fast i den ene enden. Deretter festes en plate eller hjul, i hendehold til hva skal måles, på den andre enden av last sensoren. Ut i fra hvor mye press/bevegelse sensoren blir utsatt for, kan det utledes ut hvor mange kilogram trykk som ligger på sensoren som er vist i Figure 13.

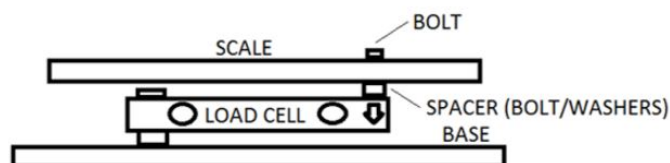
En last sensor er en sensor eller en transduser som omdanner en belastning eller kraft som virker på den til en endring i elektronisk signal. Denne elektroniske signalet kan være en spenningsendring, strømendringer eller frekvensendring avhengig av hvilken type av belastningscellen og krets som brukes.

Vanlig last sensor har strekkklapper i seg som gjør som når det blir bevegelse i enheten så endrer den ohmske motstanden seg i strekkklappen. Dette gjør at spenningen som blir sendt inn i sensoren endrer seg, den endringen er proporsjonal til vekten sensoren er utsatt for og er derfor mulig å finne ut vekten fra tidligere kalibrering.

Last sensoren som er vist i Figure 12 har 4 små sterkkklapper som ligger på hver sin side av hullet som er i midten og måler/senser referanse forskjellen i mellom strekkklappene. Som et resultat, to av strekkmålerne er i kompresjon, mens de to andre er i strekk.



Figur 12: Last sensor



Figur 13: Last sensor funksjon

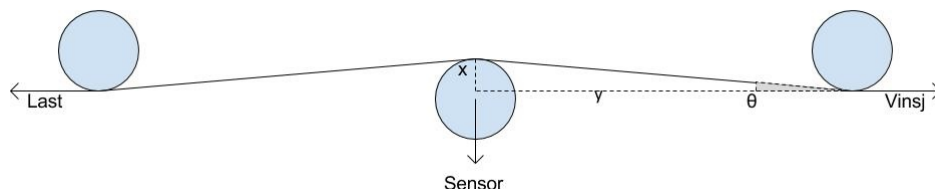
Spenningen fra utgangen av last sensoren er meget lav, slik at man trenger å forsterke opp signalet som gjør at man får et større fase margin som Arduino-en greier å takle/lese.

Den beste løsningen til dette problemet var å bruke HX 711 som er vist i Figure 14 som består av en følsom analog til digital konverter.



Figur 14: "HX 711 Load Cell Weighing Sensor circuit"

Der som trekklasten på vaieren er opp til 540Kg/5300N (bruddstyrken til vaieren) så foretrekkes en måledesign som trenger bare å måle en del av lasten. Det gir muligheten for å bruke en sensor med mindre kapasitet og det blir samtidig billigere.



Figur 15: Illustrering av lastsensor design

På Figure 15 vises det hvordan med hjelp av tre hjul vaieren bøyes og gir en ny lastvektor i retning som er tangent ut fra vaieren. Dette fører til en "ekstern" måling av lasten der

som måleren ikke er montert inne i systemet, dvs. ikke montert i vaieren eller vinsjens aksling der som den må tåle høy last og bevegelighet.

Lasten fra vaieren til hjulet er proporsjonalt til vaierlasten og kan utledes slikt:

$$\theta = \arctan\left(\frac{x}{y}\right) \quad (7)$$

$$Sensorlast = \sin \theta * Last \quad (8)$$

$$Last = \frac{Sensorlast}{\sin \theta} \quad (9)$$

Der som denne designen bruker hjul som ruller på samme fart som vaieren kan posisjonssensoren, innført i Iterasjon 1, bygges i samme enhet som lastsensoren. Det er en fordel der som det forenkler system designet og reduserer antall enestående enheter i designet.

Lastmåler designen finnes også ferdiglaget og kan kjøpes som en module.

Funksjon 5

SD shield-en som er vist i Figure 16 er et ferdig kretskort som inneholder SD holder og trådløs kommunikasjon system og kan monteres direkte opp på Arduino Mega 2560 V3 som gruppen har valgt å bruke i denne delen.

Den trådløse enheten kan tenkes for innføring av en trådløs styremåte i tillegg til de fastmonterte knappene. Dette er en løsning som antas til å være ikke viktig i en samtale med oppdragsgiver og vurderes implementasjon ved senere anledning.

De fleste Arduino kretskort er modulbasert som skal være enkelt å koble sammen, det fins flere typer av et samme type kort, gruppen valgte dette på grunn av lett få tak i og kan få lånt fra HSN, den andre fordelen med å bruke dette korte gjør som at vi ikke blir begrenset hvis gruppen vil ha flere funksjoner til systemet.

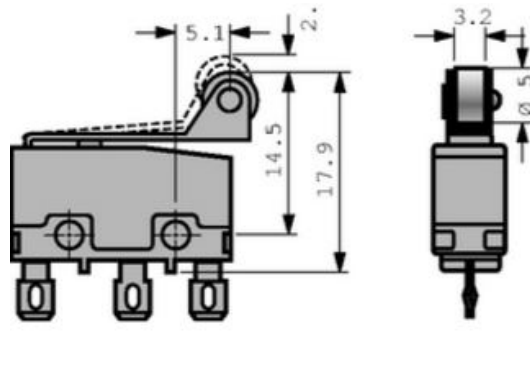


Figur 16: SD Shield for Arduino Mega 2560 V3

Funksjon 6

En mikrobryter fungerer på den måten at den er NO (normalt åpen), når det er noen som trykker på en av bryterne så lokker den seg å sender signal igjennom bryteren.

Dette signalet kan gruppen bruke til styre motor retningen på kveileren. I dette systemet blir det brukt to mikrobrytere. En på hver side når en av dem er satt høy skal motoren snu.



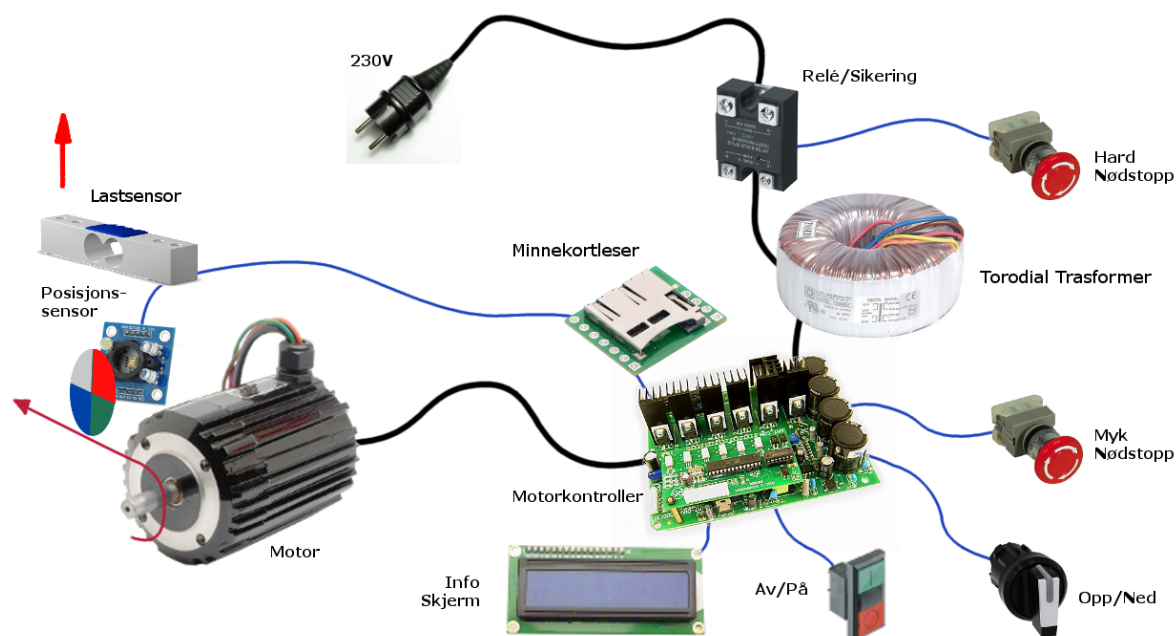
Figur 17: Mikro bryter

Funksjon 7

På grunn av at vaieren er så lang så skal det komme en funksjon som stopper vinsjen automatisk og begynner å kjøre vinsjen opp igjen. Dette gjør at man ikke må passe konstant på hvor mange meter har vært sluppet ut, kontrolleren teller til en bestemt lengde og vender om. Denne funksjonen implementeres i software og bør kunne overtreddes manuelt. Tellefunksjonen innført i iterasjon 1 brukes for posisjonering av rensehode for denne funksjonen.

Systemoversikt 2

Her er den utvidede systemoversikt i fra Figure 5 etter de nye funksjonen er lagt til som kan ses i Figure 18.



Figur 18: Illustrasjon av el-design Systemoversikt 2

Utvidet prototype

I Figure 19 så ser man hva som er nytt i dette systemet for andre iterasjon. Her er det tatt med en last sensor som skal måle hvor mye kraft det er i mellom vinsjen og rense hode under drift/produksjon.

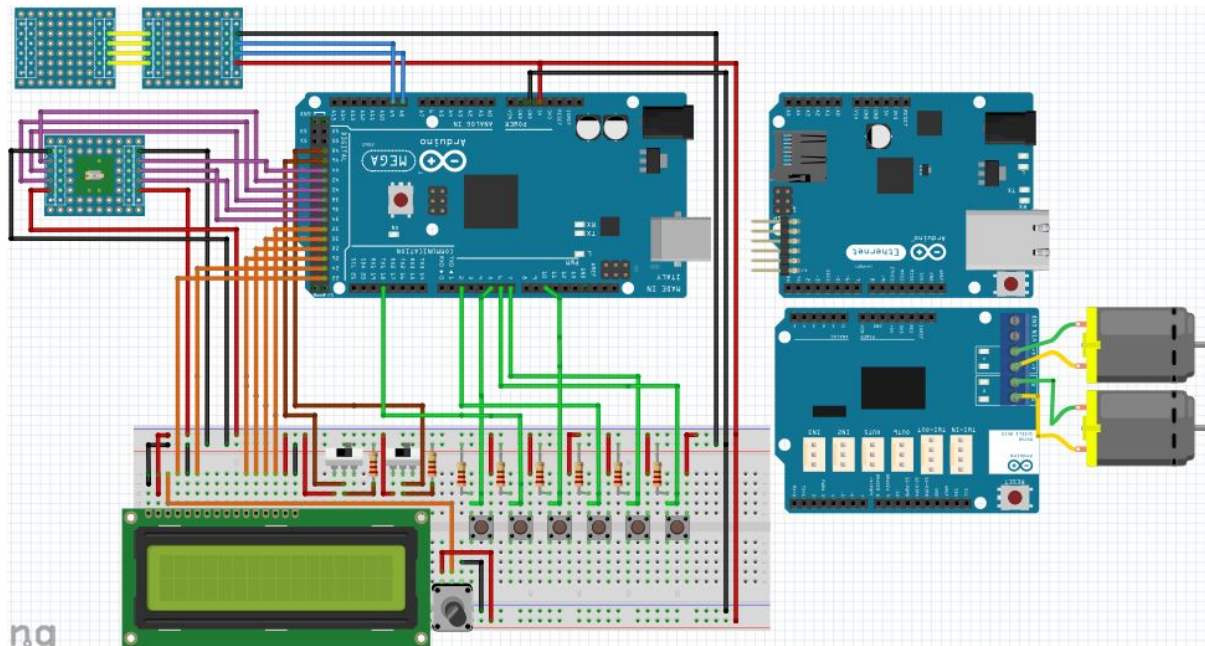
Last sensoren implementeres for å registrere at det er last på vaieren hele tiden når renseprosessen er i gang. Den har også muligheten for å utløse en intern overlast sperre som i software stopper vinsjen for å kjøre under overbelastning.

Primære bruket for last sensoren er å kunne se/måle at rense huet går nedover eller oppover rørgaten, dvs. at vis den setter seg fast når rensehuet kjører nedover eller oppover så kan det ses på måleverdiene som er hentet fra last sensoren.

Systemet har også fått en datalogger som skal logge viktige parametere under drift. Da er det mulig gå inn se på disse parameterene i etterkant og se om noe uønsket har skjedd.

På grund av implementering av SD Shield-en så måtte ledninger til bryterer flyttes dersom dem hadde vært plassert på pinner SD Shield-en krevde for å fungere. Den bruker ICSP koblingspinnene, men de er en AVRtiny programmering hode for Arduino bestående

av MOSI, MISO, SCK (CLK), CS, VCC, GND. Det blir ofte referert til som en SPI (Serial Peripheral Interface) som kan anses som en "utvidelse" av Arduinoen systemet.



Figur 19: Udvitet system tegning fra Fritzing

- Kablene som er blå er analog signal til HX 711 Last sensor
- Kablene som er gule er signal fra Last sensoren
- Kablene som er brune er signal fra Mikro bryterne

Lednings liste for 2. iterasjon

Denne listen er tatt ut i fra Arduino programmet for 2. iterasjonen og kun inneholder de nye delene som er lagt til i iterasjon 2. Arduino programmet som har blitt laget for dette systemet viset i Figure 19.

Komponent navn	Signal type	Tilkobling punkt	Kommentar
HX 711 Load sensor	+5V	VCC	Egnt kretskort
HX 711 Load sensor	Jord	GND	Egnt kretskort
HX 711 Load Sensor	Input signal	A8 til SCK	Egnt kretskort
HX 711 Load Sensor	Input signal	A9 til DT	Egnt kretskort
Loade sensor	Input signal	Rød til E+	Elektromekanisk sensor
Loade sensor	Input signal	svart til E-	Elektromekanisk sensor
Loade sensor	Input signal	hvit til A-	Elektromekanisk sensor
Loade sensor	Input signal	grøn til A+	Elektromekanisk sensor
SD Shield	Output signal	ICSP til MISO	SD shield
SD Shield	Output signal	ICSP til MOSI	SD shield
SD Shield	Output signal	ICSP til CLK (SCK)	SD shield
SD Shield	Output signal	ICSP til CS	SD shield
SD Shield	+5V	VCC	SD shield
SD Shield	Jord	GND	SD shield
Micro bryter	+5V	VCC	
Micro bryter	Jord	GND	
Micro bryter	Input signal	46 til pinne 2	
Micro bryter	Jord	GND	
Micro bryter	+5V	VCC	
Micro bryter	Input signal	48 til pinne 2	

Maskinvare komponentliste for 2. iterasjon

Maskinvare komponentliste inneholder komponentene som har kommet inn i 2. Iterasjonen som er vist i Figure 19.

Komponent navn	Type	Antall	Kommentar
HX711	kretskort modul	1 stk	
Loade sensor	Elektromekaniske måler	1 stk	
SD shild	kretskort modul	1 stk	Lånt av HSN
Micro bryter	signal giver	2 stk	Lånt av HSN
10K ohm motsatand		2 stk	Pull down resistor

Økonomi

Et estimat av hvor mye elektrosystemet koster for Arduino-en i 2. iterasjonen ut i fra Figure 19:

Komponent	Pris	Enhet	Leverandør	Sum
HX711 Sensor AD Module	35,70 NOK	1 stk	www.dx.com	35,70 NOK
Load sensor	41,18 NOK	1 stk	www.dx.com (3kg)	41,18 NOK
SD Shield	140 NOK	1 stk	store.arduino.cc	140 NOK
Ledninger	2,54 NOK	18 stk	store.arduino.cc	45,2 NOK
Micro bryter	3 NOK	2 stk	www.dx.com	6 NOK
SD kort	250 NOK	1 stk	biltema.no	250 NOK

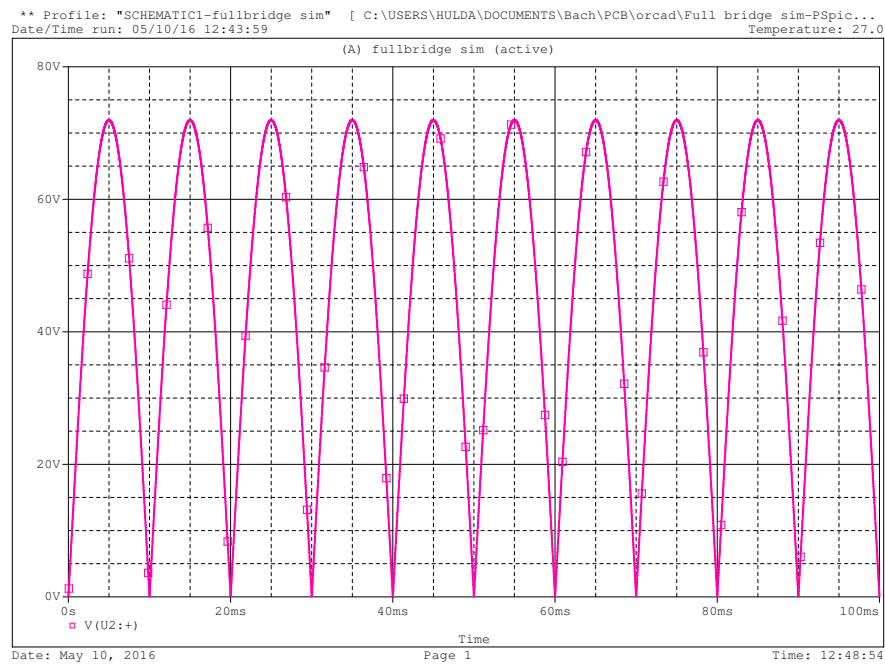
Samling av elektronikk

Etter å prototypen har fått funksjonaliteten gruppen er ute etter er det en fordel med å få samlet de forskjellige delene og modulene på ett kretskort. Fordelen med det er å kvitte seg med skjøteledninger i mellom de forskjellige modulene, fastmontere kun de delene designet krever og innføre komponenter som egner seg til den endelige løsningen. Som utledet i Iterasjon 1 krever systemet at noe av elektriske delen har et bestemt ytelse. Disse ytelsene er ikke representert i delene brukt i småskala prototypen. De må derfor velges i henhold til valgte krav.

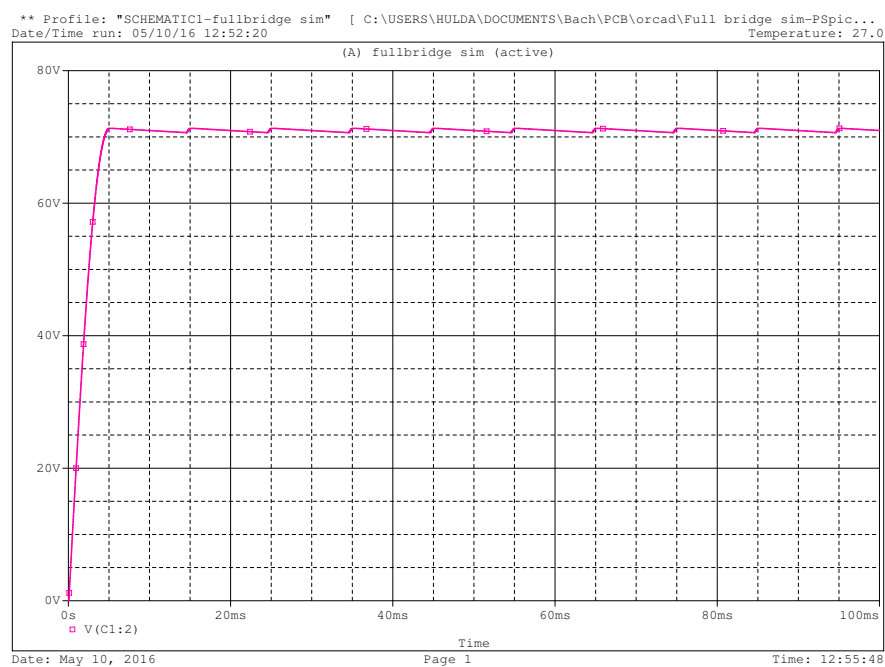
Omformer

For å drive elektronikken må spenningen endres fra nettspenning ($\sim 230\text{V}$) ned til 5V for logikken og $48/72\text{V}$ for drift av motoren. Omformerer må tåle full ytelese av matespenningens kapasitet eller 10A (2300W) som bestemt tidligere. Spesiell hensyn må tas når en omformer plasseres i nærheten av logikk krets på grunn av støy. Omformerer plasseres oftest på sitt egen kretskort eller isoleres fra logikk kretsen med slisser i fiberbordet kretsen er bygget på. I dette tilfellet er det valgt å plassere omformerer selvstendig og vil omformerens krets ikke diskuteres i dypten. Omformerer består av følgende hovedkomponenter:

- **Torodial Transformer:** En komponent som med forskjellige kveiler av kopper ledning rundt en stål kjerne kan gi flere forskjellige spenninger på utganger en sublimert på inngangen. Konstruksjon av transformerer er avhenging av behovet av utgangsspenning og forholdet mellom den spenningen og inngangsspenningen. Transformerer har også en isolasjonsevne, såkalt "galvanic isolation" [6], som isolerer kretsen fra spenningsnettet den henter driftstrømmen fra.
- **Full Bridge Rectifier:** Der som matespenningen er vekselspenning men brukspenningen er likespenning må vekselspenning sendes igjennom en diodebru. Diodebruen endrer spenningen som er sinusoidal til en rekke positive sinusoidal halvdel. En kondensator på utgangen av bruene jevner ut dette bølgeformet til et tilnærmet likespenning.
- **LDO:** Det er viktig for logikk kretser, som er veldig følsomme for endringer i spenning og har høye krav for at tilført spenning, at matespenningen ligger innenfor et begrenset område. LDO-en er ansvarlig for å ta matespenning, som er satt til å være litt høyere en den ønskete spenningen, og regulerer den ned til en stabil ønsket bruksspenning med å endre overflødig spenning til varme. I dette tilfellet er LDO-en matet med spenningen fra diodebruen som er ganske jevn men ikke jevn nokk, lignenes men høyere spenning viset på Figure 21, og gir ut et stabil og jevn spenning på utgangen av LDO-en. Hensyn må tas til hvis LDO-en må regulere mye så kan det være behov for å kjøle komponenten ned ved hjelp av kjøleriller.



Figur 20: Simulert utgang fra diodebru



Figur 21: Simulert utgang fra diodebru med kondensator

Styring og sensorer

Styringen i første omgang består av forenklet design av Arduino sin Mega platform. Den håndterer alt som har med innganger og utganger å gjøre utenfor matspenning og drivspenning til motorene. Mikroprosessen tar imot informasjon og signaler fra diverse sensorer og komponenter og i henhold til dem signaliserer motordriveren til en bevegelse etter ønsket innstillinger og reporterer viktig informasjon til bruker. Følgende er hovedkomponentene og sensorene knyttet til styringen:

- **ATmel ATmega2560-16AU:** Denne mikroprosessen er kjernen av håndtering av sensorer og andre signal komponenter. Stor mengde av inngangs-/utgangspinner gjør den svært nyttig for den uklare kapasitetbehovet en prototype utvikling har.
- **ATmel ATMEGA16U2-AU:** Er en annen mindre type mikroprosessor som har oppgaven å ta imot informasjon fra USB sendt fra en PC og tolke og til slutt omprogrammere ATmega2560-16AU hovedprosessen. Dette gjør at ATmega 2560 mikroprosessen kan koples direkte mot en datamaskin og programmeres uten ekstern overgangskrets eller behovet for å programmere prosessen før den er montert og dermed låse seg inn i et bestemt program helt fra starten.
- **TCS3200D-TR:** En optisk sensor som tar imot et lys signal og konverter den til et elektrisk frekvens signal. En mengde fotodioder med forskjellige farge filterer fanger lyset og gir ut et signal på forskjellige utgangspinner i henhold til farge komposisjonen lyset består av. Disse fargene filterene er rød, grønn, blå og ufiltrerte.
- **Last selle:** For å kunne reportere lasten i systemet brukes det en last selle som er en blokk av et materiell, gjerne en metall, som har en kjent oppførsel under last. Elektroniske variable motstander som får endret motstand når den er bøyd eller ellers omformet fra opprinnelig form er montert på den blokken og ved hjelp av Wheatstone motstandsbru gir et spenningssignal som kan tolkes til last ut fra hvordan materiell blokken blir påvirket.
- **24bit ADC konverter:** Last sellen her overfor opererer ofte på svært lave spenninger (under par millivolt) som er utenfor bruksområdet til innbygde innganger på mikroprosessorer kan det være nødvendig med en følsom analog til digital konverter. ADC konverteren kan plasseres tett opp mot last sellen og dermed unngå tap og forstyrrelser i signalet mellom dem. Konverteringen av spenningssignalet til et digitalt signal har også den fordel at den blir ikke forstyrt av eksterne deler på veien til mikroprosessen og kan dermed bli plassert lengre unna den en ellers.
- **Knapper:** For å styre og velge mikroprosessorens funksjoner må det benyttes knapper. Disse har samme formål, dvs. at enten sperre eller slippe igjennom seg spenning som signaliserer prosessen at brukeren har behov for endring i enhetens drift. Utseende og funksjon for hver av dem blir valgt i henhold til hver og ens behov.

Arduino sitt opplegg ble valgt på grunn av gruppemedlemenes erfaring fra programmering av Arduino samt fordel at den er bygget under åpen kilde lisens (open source). Åpen kilde lisens gjør at alle tegninger er tilgjengelige og Arduino sin popularitet innenfor hobby sektoren åpner for tilgang til mye hjelp/støtte samt ferdiglagte moduler.

Motordriver

Motordriveren er den del av kretsen som har kun den oppgaven å styre motorens rotasjon og posisjon. Den tar imot et hastighets signal fra styringen som ønsket hastighet og retning og selvstendig prøver å oppfylle de kravene igjennom justering av spenning og strøm. Kretsens sin oppsett er bygget på et open source prosjekt av en elektronisk hastighets styring (ESC) nevnt VESC [7]. Den består av følgende hoveddeler:

- **STM32F4:** En mikroprosessor som håndterer signalreguleringen av motorene. I dette tilfellet tar den imot opplysninger fra Arduino delen om ønsket hastighet og sammen med opplysninger fra DRV mosfet driveren bestemmer ønsket styresignal den skal sende tilbake til driveren. Hoved oppgaven til prosessoren er å overvåke diverse parameterer som rundt driveren og motoren og tolke verdiene til et styresignal som gir jevn og fin operasjon av motoren. Dette krever måling/overvåking av noen verdier samt utregning ut fra dem sammen med parametere konstanter målt/satt inn ved systemets oppsett som motstand, kapasitans, induktans, elektrisk turtall og magnetfeltsstyrke. Brukerer av VESC designet rapporterer at kun liten del av mikroprosessorens datakraft brukes så det er kapasitet for innføring av andre funksjoner for å utnytte denne ledige datakraften og åpne for muligheten å senere fjerne ATmega mikroprosessorene ut av designet.
- **DRV8302DCA:** Er en tre fas driver egnet for å styre driften av en tre fas børsteløs likespennings motor. Den er designet for å styre en rekke mosfet-er som i bryter matspenningen til motoren av og på fort nok så den ligner på et sinus form. Enheten har mange egenskaper som for eksemplar parameter tilbakemelding, brei driftspenning, innbygd bukk omformer og intern overvåking for å unngå uønsket hendelser som strømgjennomskudd. Tilbakemelding fra driver til styring forsikrer jevn drift og åpner for flere muligheter for funksjoner implisert i mikroprosessoren. Driveren kan mates med spenning fra 8-60V som gjør det mulig å mate den med samme spenning som motoren skal drives med og minsker behovet for en egen strømforsyningskrets. Den innbygde bukk omformer kan hjelpe med å eliminere behovet for en lavspennings strømforsyning der som den kan sublimere en mikroprosessor og andre tilknyttete deler opp til 1.7A av brukbar strøm. En av den interne overvåkingen er føling på motorens 3 faser for å unngå at mosfet-er blir aktivert på feil tid som kan tilføre en kortslutting igjennom mosfet-ene fra inngang til jord uten å gå gjennom motoren. Driveren har ingen logikk innbygd som har med hastighet eller posisjon regulering av motoren å gjøre, den forgår i sin helhet i mikroprosessoren og driverens logikk håndterer kun interne saker som overlast, overtemperatur og brytestyring.
- **IRFS7530TRL7PP:** Er en N-type mosfet som kan beskrives som en veldig kjapt reagerende fjernstyrt bryter. Mosfet-ens ene mål er å skru seg av og på så fort som mulig i henhold til driverens signal. Egenskapene til mosfet-en gjør at den kan passere igjennom seg store mengder strøm men samtidig brytes med lav spenning/strøm. Det gjør at en relativt liten logikk krets kan styre høyenergi krets og mosfet-ens kjapt reagerende bryting, målt i titalls nanosekunder, gjør det mulig å modulere spenningen og strømmen som passerer igjennom mosfet-en. Denne mosfet-en har en

virksomhetsområde under 60V og tåler 240A kontinuerlig (14.4kW) men kan byttes ut etter behov til en som har andre egenskaper. For mosfet-er som har samme form/fotspor som denne kan virksomhetsområdet variere fra 40V/522A (21kW) til 150V/130A (19.5kW)

VESC-en ble valgt på grunn av åpen kilde lisens, høykvalitets komponenter og utviklet programmerings og justeringsverktøy. Produktet er i åpen utvikling og implementasjoner av nye funksjoner forgår kontinuerlig. Den har mulighet for operere sensorløs, dvs. at det er ikke behov for eksterne sensorer montert på motoren for å måle motorens posisjon som er viktig for motorkontrolleren å vite så den kan optimalisere magnetfeltets pådrag.

Kretskort design

Forbedring

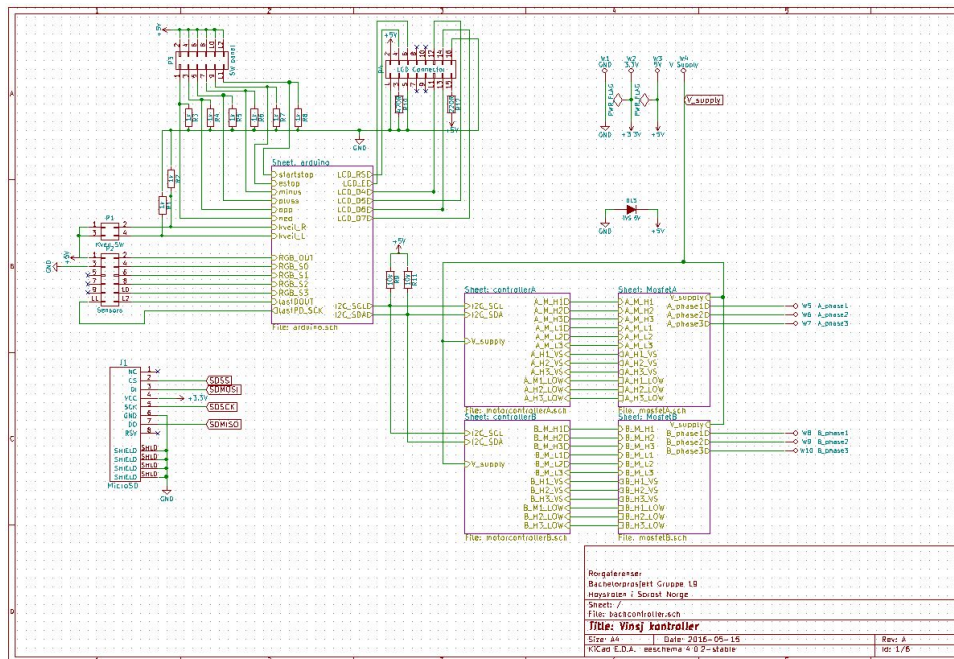
Designet begynte med en gjennomgang av de delene brukt under utviklingen av småskala prototype. Den består av en Arduino Mega sammen med en motor shield og en Wifi shield som inneholder en minnekort leser men Wifi egenskapen kommer ikke til med å bli brukt i denne design iterasjonen men trådløs kobling til styringen er en funksjon som ønske er å bli lagt til i senere iterasjoner. Godt forståelse av alle de forskjellige delene til modulene var nødvendig og krevde det en del undersøkning av diverse komponenter og samling av dokumenter. Vurdering av hvilken deler av referanse designet ikke var nødvendig for vårt design ble gjennomgått og alle deler knyttet til strømforsyning ble fjernet der som gikk ut fra en selvstendig strømforsyning som ville oppfylle behovet for alle interne delene.

Det var også et behov for en annen motorkontroller som kunne tåle spenningen og strømmen som opplegget krever dersom motorkontrolleren som er bygd i motor shielden, som brukes i småskala prototypen, kan kun klare å levere 24W på hver av de 2 utgangene den har. Etter leting på internett fantes det fram en åpen kilde motorkontroller design publisert i 2015 av svenskeren Benjamin Vedder under navnet VESC. Høy ytelse, moderne komponenter, utviklet programmeringsverktøy og godt og åpen dokumentasjon var kriteriene for valget av kontrolleren. Den nye kontrolleren krever desverre en annen type hastighetssignal fra Arduino-en en PWM signalet som brukes i småskalaprototypen. VESC-en har mange mulige måter den kan styres med som PPM, analog, UART, USB, I2C eller CAN-bus. I2C ble valgt i dette tilfellet.

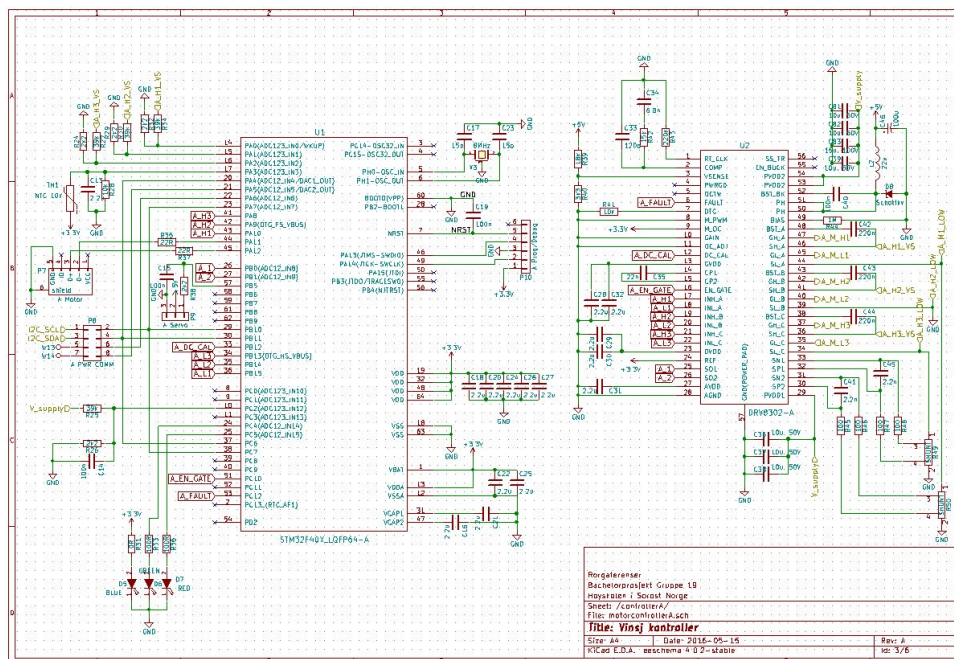
Tegning

Ved tegning av kretsen bruktes programmet KiCAD[8] som er et åpen kilde PCB utviklings program. I KiCAD tegnes det opp et koblingsskjema for hele kretsen som skal på kretskortet. I løpet av tegningen av koblingsskjema utføres det mye jobb for å sikre at alt stemmer til slutt. Komponenter må velges og informasjon fra datablader må føres inn. Symboler for hver komponent må lages og utfylles med rett informasjon så når den

plasseres på koblingsskjema-en rette koblingspinner blir koblet mot hverandre. For de aller mest populære komponentene så er det mulig å finne dem i et av komponentbibliotekene som andre brukere har lagt ut på nettet og er det dermed mulig å spare litt tid og arbeid med legge til disse bibliotekene i programmet.

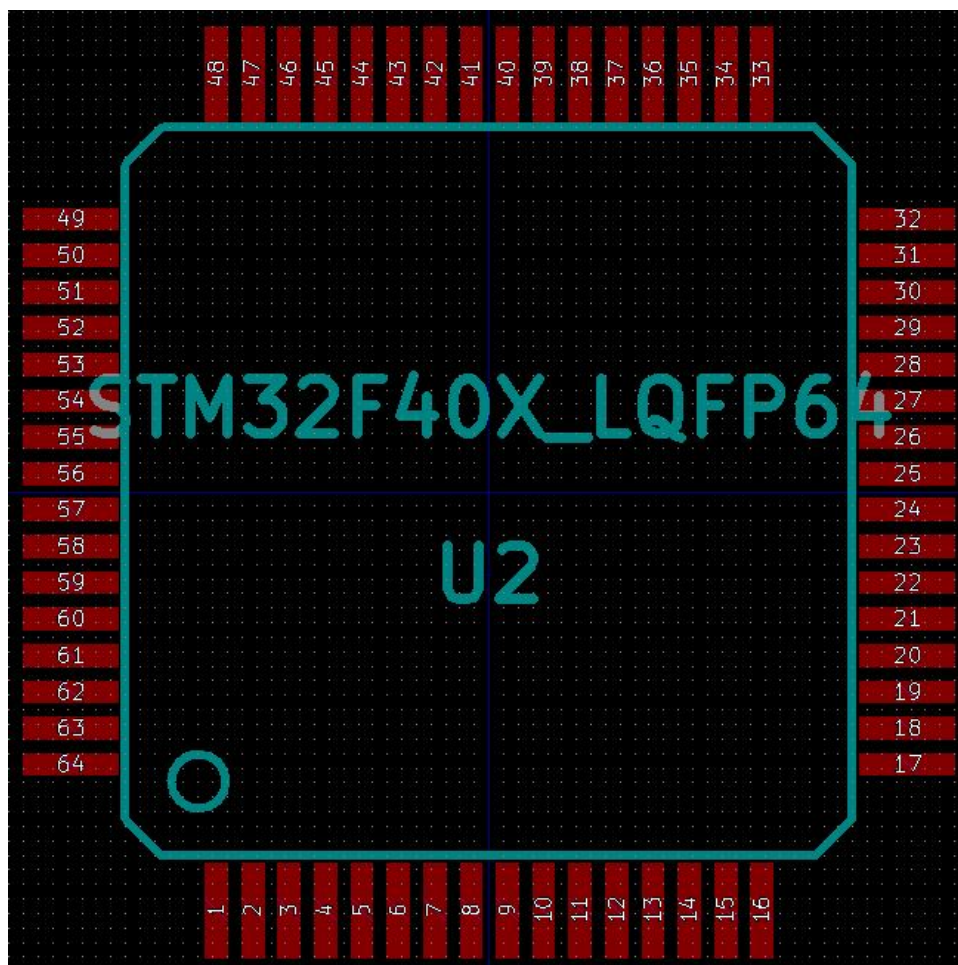


Figur 22: Koblingsskjema av samlet komponenter

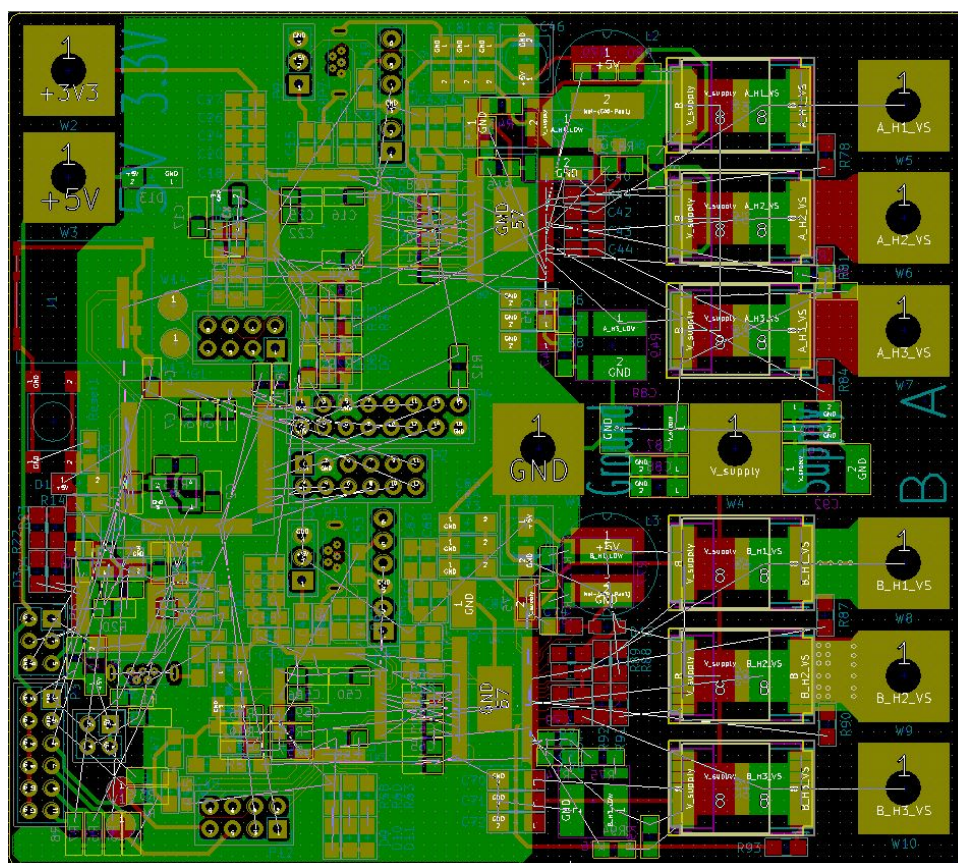


Figur 23: Koblingsskjema av den ene motorkontrolleren men deler er delt over flere sider

Disse symbolene plasseres og kobles sammen med linjer som representerer kopier og koblinger mellom de forskjellige delene. På skjematetegningen så er det ikke nødvendig å tenke på hvordan delene kommer til med å være plassert på et kretskort til slutt, skjematetegningen er kun en teoretisk representasjon av koblingene mellom de forskjellige delene brukt i designet. Når skjematetegningen er klar er det på tide å overføre den til fysisk form. Symbolene laget for koblingsskjema-en er desverre ikke brukbar som fysisk representasjon av delen og må den derfor kobles mot en annen tegning som representerer fotsporet delen har på et kretskort. Noen av delene har et standardisert form og størrelse av et fotspor som kan finnes i biblioteker, men for de fleste må det lages et egen fotspor og kobles imot komponentens symbol.

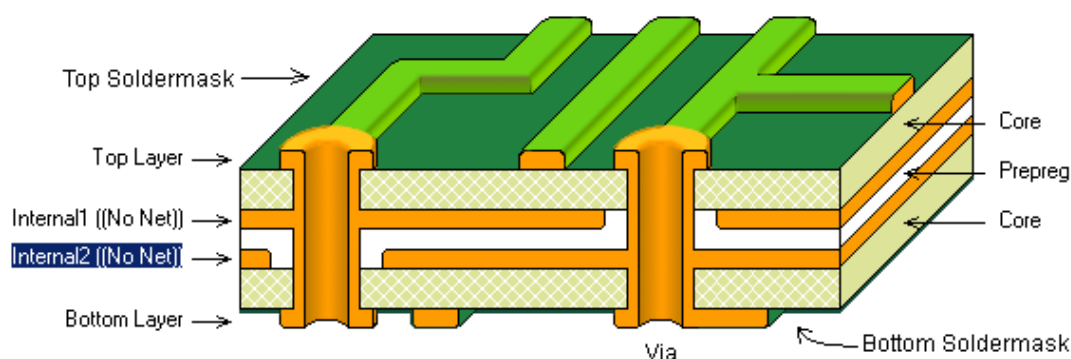


Figur 24: Fotspor for en 64 pins mikroprosessor



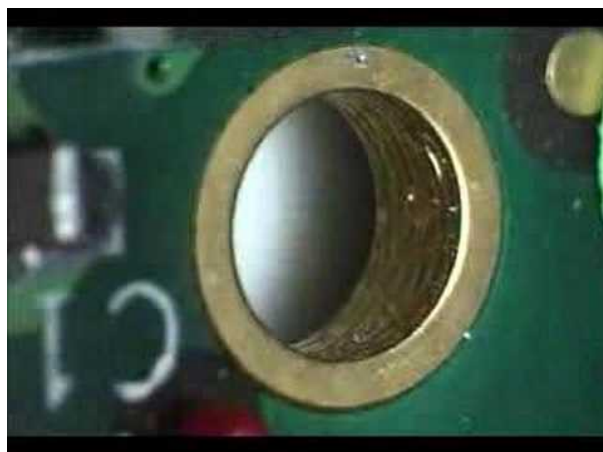
Figur 25: Kretskortet under den fysiske design fasen

Ved overgangen fra skjemategning til PCB oppsett design må programmet lage en Netlist liste fil dersom skjemategnings delen av programmet og PCB oppsett delen er helt uavhengige av hverandre og er det derfor nødvendig med en overgangs fil som inneholder all informasjon om hvilken pinner kobles mot hvem. Denne filen lastes så opp i PCB oppsett programmet og komponentenes fotspor kan plasseres inn på et nytt tegnebord. Nå må designeren begynne å tenke på hvordan der er best å plassere delene på en fysisk løsning. Hensyn må tas til plassering av deler for å optimalisere veiene for signalsporene, plassering av sensitive/støygenererende deler og plassering høyt varmegenererende deler. Viktig er også å plassere støy filterende kondensatorer så nærmere komponenten de skal skjerme som mulig der som støy kan dannes i sporet imellom komponenten og filteret. På grunn av stor mengde koblinger imellom de forskjellige delene og høyt antall komponent velges det å brukes 4 lags PCB kort, dvs. at glassfiber bordet som kretskortet er laget ut av to eksterne lag kopper, som komponenter og spor kan plasseres på, og i tillegg har den to interne lag kopper som kan inneholde spor mellom de eksternt monterte delene.



Figur 26: Tverrsnitt tegning av et 4 lags kretskort

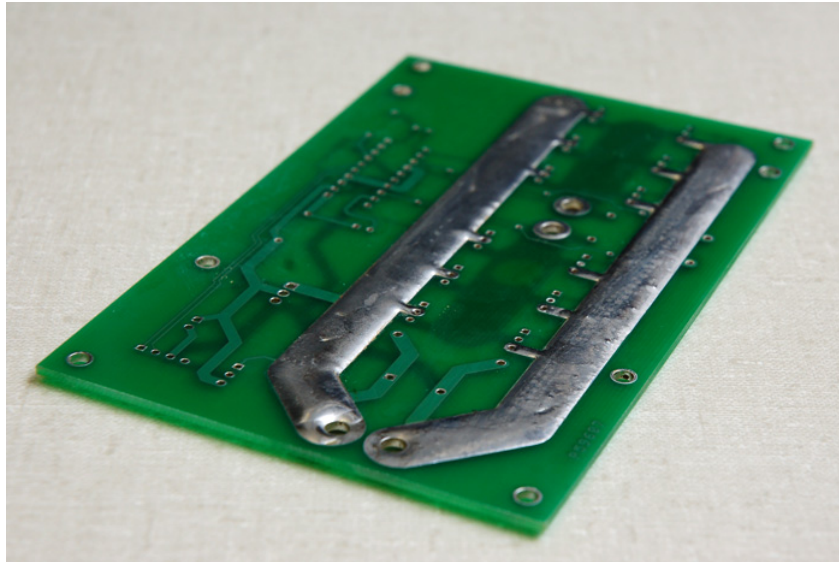
For å koble sammen spor på de fire forskjellige kopperlagene brukes kopper forete hull i kretskortet og kalles VIA. Antall VIA på et kretskort bør holdes til et minimum men i et flere lags design er det uunngåelig. Når et breiere spor må passere igjennom kretskortet kan det brukes flere VIA-er samtidig i samme spor der som hver VIA har kun et begrenset strømførings kapasitet.



Figur 27: VIA, en kobling igjennom kretskortet og til de to interne kopperlagene

Etter en grov planlegging og plassering av komponenter på fram og baksiden av kretskortet kobles sammen de forskjellige pinnene med spor i henhold til Netlist-en og representert som tynne hvite linjer mellom pinner som skal kobles sammen. Koppersporets bredde mellom to steder er avhengig av kopperens tykte og sporets strømflyttningsevne. For å finne ut rett bredde brukes internet baserte kalkulatorer som den på 4pcb.com[9]. Den tar hensyn til sporet lengde, kopperets tykte, omgivelsens temperatur og hvor mye enhetens temperatur kan øke. Med disse informasjonene kan kalkulatoren oppgi sporets bredde og egenskapene den har som motstand, spenningstap og energitap i sporet. Avstand mellom to forskjellige sporer må også holde seg til valgt avstand ut fra sporenes strøm og produsentens produksjons begrensninger. Begge sporbredde begrensninger og avstand mellom spor begrensninger kan implementeres i "Design Rules" som overser disse begrensningene og gir ut en feilmelding om noen av reglene har blitt brutt. Hvis det er

ikke mulighet for å plassere så breie spor kan det brukes en ekstern "bus bar" som er en blokk eller tråd av kopper eller annen ledende metall som brukes for å overføre den store strømmengden. Den enten skrues eller loddes på plass. Hvis sporets strømflyttningsevne er litt under behovet og en "bus bar" ville blitt for mye kan sporet polstres ut med lodd og dermed øke sporets metall tverrsnitt.



Figur 28: Kretskorts spor polstrert med lodd

Kretskort produksjon

Når alle komponenter deres pinner er koblet med spor kan bordets tegninger sendes til en produsent for å bli laget. Disse produsentene krever tegninger i en bestemt format og foretrekker de fleste Gerber formatten. Disse filene inneholder informasjon for produsenten om sporene, borplan, "soldermask", "silkscreen" og skjæreplan.

- **Sporene:** En tegning av hver av kopperlagene på kretskortet. Produsenten bruker disse tegningene for å danne et syrebestandig lag på hvert av kopperlagene og dypper dem i syre som eter bort den uønskete kopperet. Lagene blir produsert en og en om gangen og etter å hver er klar kombineres det ferdige laget med en blank nye en som kan da gå igjennom syrebehandlingen go så videre.
- **Borplan:** Et plan over en størrelse på en bor sammen med hvor den skal bore i kretskortet. Disse hulene er nødvendig for VIA-er og andre monteringshull i kretskortet. VIA-er er i etterkant foret med kopper eller gull som er bellagt i hullet med hjelp av en galvaniseringsprosess og kobler dermed sammen de forskjellige kopperlagene.
- **Soldermask:** Et lag med spesiell loddbestandig lakk som kretskortet dekkes med. Kortet skal ikke fulstendig dekkes med dette lakket og må disse stedene skjermes fra å bli dekket. Lakket hjelper med å unngå at lodd legger seg imellom to koblingspunkter som ikke skal være koblet sammen der som den har en frastøtende effekt på lodd.

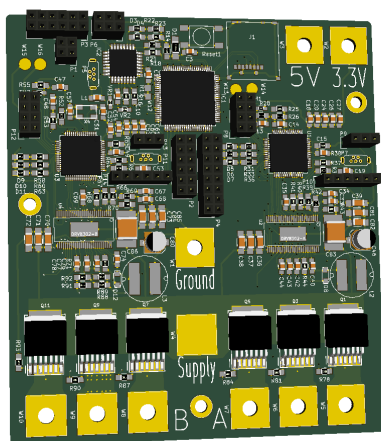
- **Silkscreen:** Er tegningen over tekst og illustrasjoner som skal prentes på kortet. Disse er viktige for å vise ut-linjer til forskjellige delene, orientering og nummer/merking. Dette er gjort for lettere identifisering av produktet samt å gjøre montering av komponenter mer direkte.
- **Skjæreplan:** Et mindre kretskort lages sammen med andre kretskorter samlet på det største mulige kretskortet produsenten klarer å produsere. Det er mer økonomisk for produsenten å produsere færre store korter og skjære flere mindre ut av den. Skjæreplan for ut-linjer og muligens interne slisser støyskjerming eller termisk fordel må derfor følge.

Komponent liste og montering

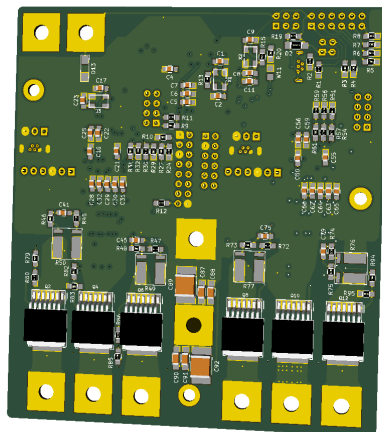
Ut av KiCAD kan det eksporteres en liste over komponentene, viset i Figure 31, brukt i designet. Den kan da gjøres om til en innkjøpsliste og komponenter bestilles. Disse kan så monteres på kretskortet med hjelp av bølge lodding, omsmeltelodding eller vanlig loddebolt.

- **Bølge lodding:** Bølge lodding er når kretskortet er passert over en bølge av flytende lodd i nært nokk avstand å alt som ikke er dekket med "soldermask" drar til seg lodd og er dermed loddet. Denne loddemåten krever veldig spesialisert utstyr og krever at komponentenes koblingspunkter stikker igjennom kretskortet.
- **Omsmeltelodding:** I omsmeltelodding brukes det loddepasta som er plassert på de forskjellige loddepunktene i liten kvantitet og komponentene plassert ned på den. Kretskortet er da plassert i en temperatur styrt ovn der som loddepasta-en smelter og lodder komponentene på plass. Denne metoden krever litt spesiell utstyr men i små skala produksjon kan mindre spesielle varmlufts blåsere brukes isteden for en ovn.
- **Loddebolt:** Den vanlige metoden for en privat person til å lodde komponenter på en kretskort. Typen på en loddebolt plasseres i kontakt med begge loddepunktet og komponenten og loddevaier er matet mot delene så den smeltes og klebrer seg mot begge loddepunktet og komponenten.

I monteringen av denne kretsen er det behov for å lodde par komponenter med hjelp av omsmeltelodding der som designet av komponenten tilbyr ikke tilgang til loddepunktet for bruk av loddebolt. Til slutt bør man ende opp med en resultat som ligner på denne 3D modellen eksportert ut av KiCAD.



Figur 29: 3D modell av kretskort



Figur 30: 3D modell av kretskort bakside

KiCAD offrer den muligheten for å koble en 3D modell mot mot hver komponent så det er mulig å danne et 3D modell av hele kretskortet ut fra kretskort designet. Det noteres at modellen på Figure 29 og 30 mangler et modell på par deler der som et modell ikke fantes klart på nettet og tida rakk ikke for å få laget en.

Under plassering av komponenter var det lite behov for spesiell plassering, ene untaket var å plassere mosfet-ene og mate/utgangskoblingspunktene til dem. Dem ble plassert i den ene enden på hver sin side av bordet med koblingspunktene så nærme som mulig for å unngå lange spor for disse høyenergiske delene. Med en relativt kompakt design kommer kretskortet ut på rundt 11x10cm.

Økonomi kretskort

Komponent	Pris	Enhet	Leverandør	Sum
ATmel ATmega2560-16AU	142.22 NOK	1stk	no.mouser.com	142.22 NOK
ATmel ATMEGA16U2-AU	37.34 NOK	1 stk	no.mouser.com	37.34 NOK
TCS3200D-TR	27.81 NOK	1 stk	no.mouser.com	27.81 NOK
IRFS7530TRL7PP	31.35 NOK	12 stk	no.mouser.com	376.2 NOK
PB5006-E3/45	32.49 NOK	1 stk	no.mouser.com	32.49 NOK
BLM21PG221SN1D	0.95 NOK	1 stk	no.mouser.com	0.95 NOK
CD1206-S01575	1.35 NOK	2 stk	no.mouser.com	2.70 NOK
LTST-C171KSKT	2.95 NOK	2 stk	no.mouser.com	3.90 NOK
ABM3B-16.384MHZ-10-1-U-T	10.45 NOK	2 stk	no.mouser.com	20.90 NOK
CG0603MLC-05E	1,71 NOK	2 stk	no.mouser.com	3.42 NOK
TL3301PF160QG	3.39 NOK	1 stk	no.mouser.com	3.39 NOK
STM32F4	93.96 NOK	2 stk	no.mouser.com	187.92 NOK
DRV8302DCA	55.2 NOK	2 stk	no.mouser.com	110.40 NOK
WSLP27261L000FEA	25.84 NOK	4 stk	no.mouser.com	103.36 NOK
CGA9P3X7S2A156M250KB	31.64 NOK	4 stk	no.mouser.com	126.56 NOK
APT2012QBC/D	3.65 NOK	2 stk	no.mouser.com	7.30 NOK
LTST-C171KFKT	2.70 NOK	2 stk	no.mouser.com	5.40 NOK
LTST-C171KRKT	2.78 NOK	2 stk	no.mouser.com	5.56 NOK
PMEG6020ER,115	3.78 NOK	2 stk	no.mouser.com	7.56 NOK
SMAJ5.0A	3.70 NOK	1 stk	no.mouser.com	3.70 NOK
SDR0805-220ML	5.22 NOK	2 stk	no.mouser.com	10.44 NOK
NCP18XH103F03RB	1.98 NOK	2 stk	no.mouser.com	3.96 NOK
ABM3B-8.000MHZ-10-1UT	9.47 NOK	2 stk	no.mouser.com	18.94 NOK
TE-1981568-1	9.47 NOK	3 stk	no.mouser.com	18.81 NOK
SCHA5B0200	12.35 NOK	1 stk	no.mouser.com	12.35 NOK

Iterasjon 2 videreutvikling

Neste iterasjon

Neste steg er å få produsert dette kretskortet og bestilt komponenter for å få bygd en prototype motorkontroller. Om den fungerer som den skal er det plan å få bestilt motorer og andre eksterne deler som bryterer og sensorer for full skala test.

Senere iterasjoner

Utvide en "full skala" test rigg hvor alle deler kan bli lastet i henhold til bestemte verdier under kontrollert forhold. Når den har blitt godtkjent kan vinsjen bygges og systemet implementeres i fungerende produkt.

Vedlegg

Komponentliste

VINSJ KONTROLLER BOM			
REV A			
DATE	EMPLOYER	USER	PROJECT
2016-05-15	Hoyskolen i Sorost Norge	Bachelorprosjekt Gruppe 19	Rorgaterenser
TOTAL PARTS			
261 (Unique 80)			
Ref	Qty	Value	Footprint
[C] - Capacitors			
C5 C6 C7 C4 C12 C11 C10 C19 C40 C15 C14 C53 C74 C49 C48	15	100n	Capacitors_SMD:C_0805_HandSoldering
C3 C8 C9 C1 C2	5	22p	Capacitors_SMD:C_0805_HandSoldering
C22 C25 C21 C16 C18 C20 C24 C26 C27 C31 C30 C29 C28 C32 C13 C56 C59 C58 C50 C52 C54 C58 C60 C61 C65 C64 C63 C62 C66 C47	30	2.2u	Capacitors_SMD:C_0805_HandSoldering
C17 C23 C51 C57	4	15p	Capacitors_SMD:C_0805_HandSoldering
C36 C37 C38 C39 C82 C81 C70 C71 C72 C73 C85 C84 C88 C87 C91 C90	16	10u, 50V	Capacitors_SMD:C_1206_HandSoldering
C41 C45 C75 C79	4	2.2n	Capacitors_SMD:C_0805_HandSoldering
C44 C43 C42 C78 C77 C76	6	220n	Capacitors_SMD:C_0805_HandSoldering
C46	1	100u	Capacitors_SMD:c_elec_5x5.7
C35 C69	2	22n	Capacitors_SMD:C_0805_HandSoldering
C33 C67	2	120p	Capacitors_SMD:C_0805_HandSoldering
C34 C68	2	6.8n	Capacitors_SMD:C_0805_HandSoldering
C83 C86 C89 C92	4	15u, 100V	Capacitors_SMD:C_2220_HandSoldering
C80	1	100u	Capacitors_SMD:c_elec_5x4.5
[D] - Diodes			
D13	1	TVS 5V	bach:DO-214AC
D1 D2	2	CD1206-S01575	Resistors_SMD:R_1206_HandSoldering
D4	1	Yellow RX	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering
D3	1	Yellow TX	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering
D8 D12	2	Schottky	bach:SOD-123
D5 D9	2	BLUE	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering
D6 D10	2	GREEN	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering
D7 D11	2	RED	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering
[IC] - Integrated Circuit			
IC1	1	ATMEGA2560-A	Housings_QFP:TQFP-100_14x14mm_Pitch0.5mm
IC2	1	ATMEGA16U2	Housings_QFP:TQFP-32_7x7mm_Pitch0.8mm
[J] -			
J1	1	MicroSD	bach:MicroSDcard-Holder-ALPS
[L] - Inductors			
L1	1	BLM21	Capacitors_SMD:C_0805_HandSoldering
L2 L3	2	22n	bach:Boums_SDR0805-220Mf_Inductor

[P] - Connectors				
P3	1	SW panel	Socket_Strips:Socket_Strip_Straight_2x06	
P4	1	LCD Connector	Socket_Strips:Socket_Strip_Straight_2x08	
P2	1	Sensors	Socket_Strips:Socket_Strip_Straight_2x06	
P1	1	Kveil SW	Socket_Strips:Socket_Strip_Straight_2x02	
P6	1	ICSP	Socket_Strips:Socket_Strip_Straight_2x03	
P5	1	ARD USB	bach:USB_B_vertical	
P10	1	A Prog/Debug	Socket_Strips:Socket_Strip_Straight_1x06	
P7	1	A Motor	bach:USB_B_vertical	
P8	1	A PWR COMM	Socket_Strips:Socket_Strip_Straight_2x04	
P9	1	A Servo	Socket_Strips:Socket_Strip_Straight_1x03	
P14	1	B Prog/Debug	Socket_Strips:Socket_Strip_Straight_1x06	
P11	1	B Motor	bach:USB_B_vertical	
P12	1	B PWR COMM	Socket_Strips:Socket_Strip_Straight_2x04	
P13	1	B Servo	Socket_Strips:Socket_Strip_Straight_1x03	
[Q] - Transistors				
Q5 Q6 Q4 Q2 Q1 Q3 Q11 Q9 Q7 Q8 Q10 Q12	12	IRFS7530	bach:TO-263-7-TEXAS	
[R] - Resistors				
R9 R11 R14 R19 R41 R28 R68 R55	8	10k	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering	
R3 R4 R5 R6 R7 R8 R1 R2 R18 R21 R22 R23 R20	13	1k	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering	
R10	1	470R	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering	
R12	1	220R	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering	
R13 R15 R44 R71	4	1M	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering	
R17 R16 R37 R35 R64 R62	6	22R	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering	
R34 R30 R27 R25 R61 R57 R54 R52 R80 R83 R86 R89 R92 R95	14	39k	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering	
R32 R29 R24 R38 R26 R59 R56 R51 R65 R53	10	2k2	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering	
R45 R46 R47 R48 R72 R73 R74 R75	8	100	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering	
R40 R67	2	3k3	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering	
R39 R66	2	18k	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering	
R43 R70	2	220k	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering	
R42 R69	2	15k	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering	
R49 R50 R76 R77	4	SHUNT	bach:ShuntResistor	
R36 R33 R63 R60	4	100R	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering	
R31 R58	2	0R	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering	
R78 R79 R82 R81 R85 R84 R87 R88 R91 R90 R94 R93	12	4R7	Resistors_SMD:R_0805_HandSoldering	
[Reset] -				
Reset1	1	SW_PUSH	bach:Switch_SMT	
[TH] -				
TH1 TH2	2	NTC 10k	Resistors_SMD:R_0603_HandSoldering	
[U] - Semiconductors				
U2	1	DRV8302-A	crtl:TSSOP-56-PP	
U1	1	STM32F40X_LQFP64-A	Housings_QFP:LQFP-64_10x10mm_Pitch0.5mm	
U4	1	DRV8302-B	crtl:TSSOP-56-PP	
U3	1	STM32F40X_LQFP64-B	Housings_QFP:LQFP-64_10x10mm_Pitch0.5mm	
[VR] -				
VR1 VR2	2	CG0603MLC-05E	Resistors_SMD:R_0603_HandSoldering	
[W] -				
W1	1	GND	bach:PowerSolderPoint	

Figur 32: Komponentliste side 2

W2	1	3.3V	bach:PowerSolderPoint
W3	1	5V	bach:PowerSolderPoint
W4	1	V Supply	bach:PowerSolderPoint
W5	1	A_phase1	bach:PowerSolderPoint
W6	1	A_phase2	bach:PowerSolderPoint
W7	1	A_phase3	bach:PowerSolderPoint
W8	1	B_phase1	bach:PowerSolderPoint
W9	1	B_phase2	bach:PowerSolderPoint
W10	1	B_phase3	bach:PowerSolderPoint
W12	1	RESET-EN	bach:SolderJumper
W11	1	Ground	bach:SolderJumper
W13 W14 W15 W16	4	TEST_1P	Measurement_Point:Measurement_Point_Round-SMD-Pad_Big
[X] - Crystals			
X1 X2	2	16MHz	crfl:Crystal_5x3mm
X3 X4	2	8MHz	crfl:Crystal_5x3mm
BOM made with KICAD BOM WIZARD (Generated 18.05.2016 23:07:12)			

Referanser

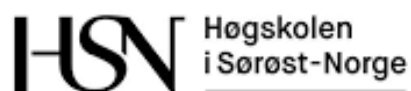
- [1] Wikipedia om BLDC motorer, wikipedia.org (11/03 2016)
- [2] PVC belagt stålvaier informasjon, www.haug.no/ (07/04 2016)
- [3] LCD skjerm informasjon, HD44780.pdf (18/03 2016)
- [4] RGB farge sensor informasjon, arduino-elektronika.eu (18/03 2016)
- [5] RGB farge sensor veiledning, Color-sensor-circuit.php (18/03 2016)
- [6] Wikipedia om galvanic isolation, wikipedia.org/wiki/Galvanic_isolation (10/05 2016)
- [7] VESC-Open source ESC projekt, vedder.se/2015/01/vesc/open-source-esc/ (18/05 2016)
- [8] KiCAD EDA, åpen kilde PCB utviklingsverktøy, kicad-pcb.org/ (18/05 2016)
- [9] 4PCB sin online PCB sporbredde kalkulator, 4pcb.com/trace-width-calculator.html (19/05 2016)

Funksjons test elektro for konsept 2

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Bjørn Erik Gjøvland og Odinn Gudmundsson
22/05 2016
Version 1.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
0.1	07/04 2016	Bjørn Erik	Opprettet
1.0	22/05 2016	Bjørn Erik	Publisert

Sammendrag

I dette dokumentet tar gruppen for seg funksjonstesting av Arduino systemet for å se om dem er bra nok og om dem oppfyller noen av testkravene som er satt for dette systemet.

Innhold

Sammendrag	1
Figurer	2
Funksjonstest for 1. Iterasjon	3
Etter Funksjonstest	9
Funksjonstest for 2. Iterasjon	9
Kravoppnåelse	17

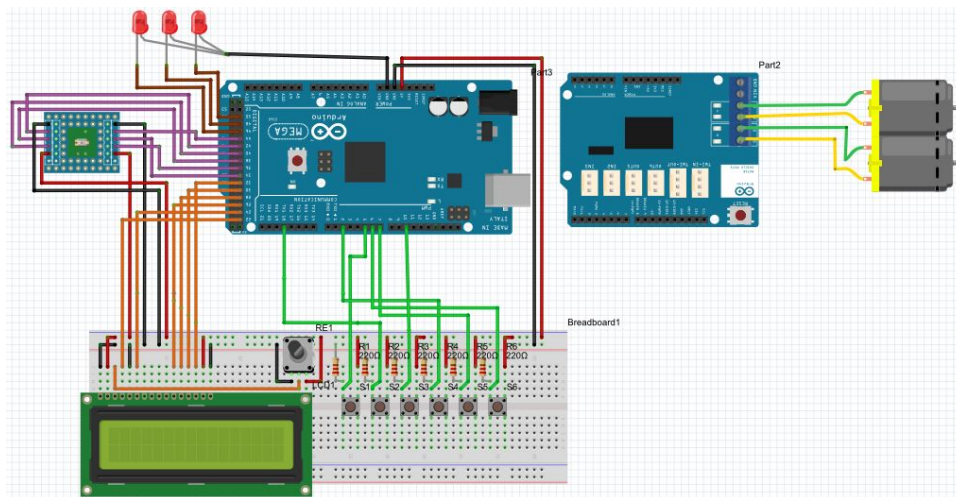
Figurer

1	Systemtegning fra Fritzing	3
2	Fysiske modell	3
3	På funksjonen	4
4	Av funksjonen	4
5	Nødstoppfunksjonen	5
6	Opp funksjonen	5
7	Ned funksjonen	6
8	Hastighet opp funksjonen	6
9	Hastighet ned funksjonen	7
10	Teller(cm) oppover funksjon	7
11	Teller (cm) nedover funksjon	8
12	8
13	System tegning fra Fritzing	9
14	Oversikt bilde av systemet	10
15	Bryter retning	11
16	Rotering mot klokka	12
17	Rotering med klokka	13
18	SD godkjenning av kort	14
19	SD godkjenning av kort (bilde fra programmet)	14
20	SD lagring	14
21	SD lagring (fra programmet)	15
22	Last cell med Hx711	16
23	Last cell vekt registrering i programmet	17

Funksjonstest for 1. Iterasjon

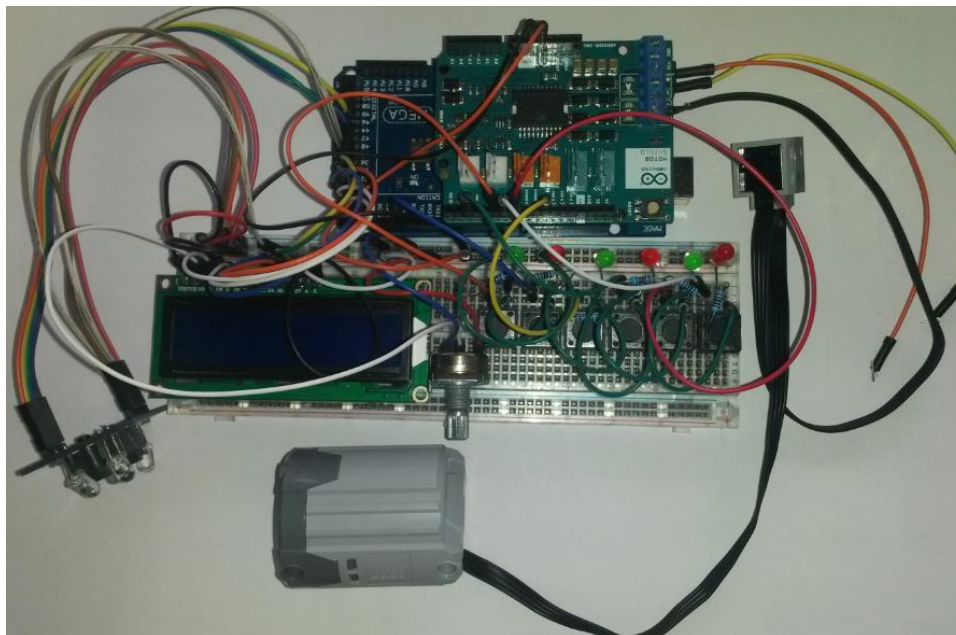
Figure 1 viser første utkastet av systemet og funksjonene som er satt inn i systemet.

Ut i fra dette systemet som er vist i Figure 1 skal det foretas funksjonstesting for å verifisere at funksjonene fungerer som gruppen vil, og om det greier å oppnå kravene som er satt for systemet.



Figur 1: Systemtegning fra Fritzing

Fysiske modellen, koblet i henhold til tegningen viset i Figure 1 vises på Figure 2.



Figur 2: Fysiske modell

Start-stopp funksjonene og å se om LCD-en skjermen registrerer om systemet er i

start-eller stoppmodus vises på Figure 3 og 4.



Figur 3: På funksjonen



Figur 4: Av funksjonen

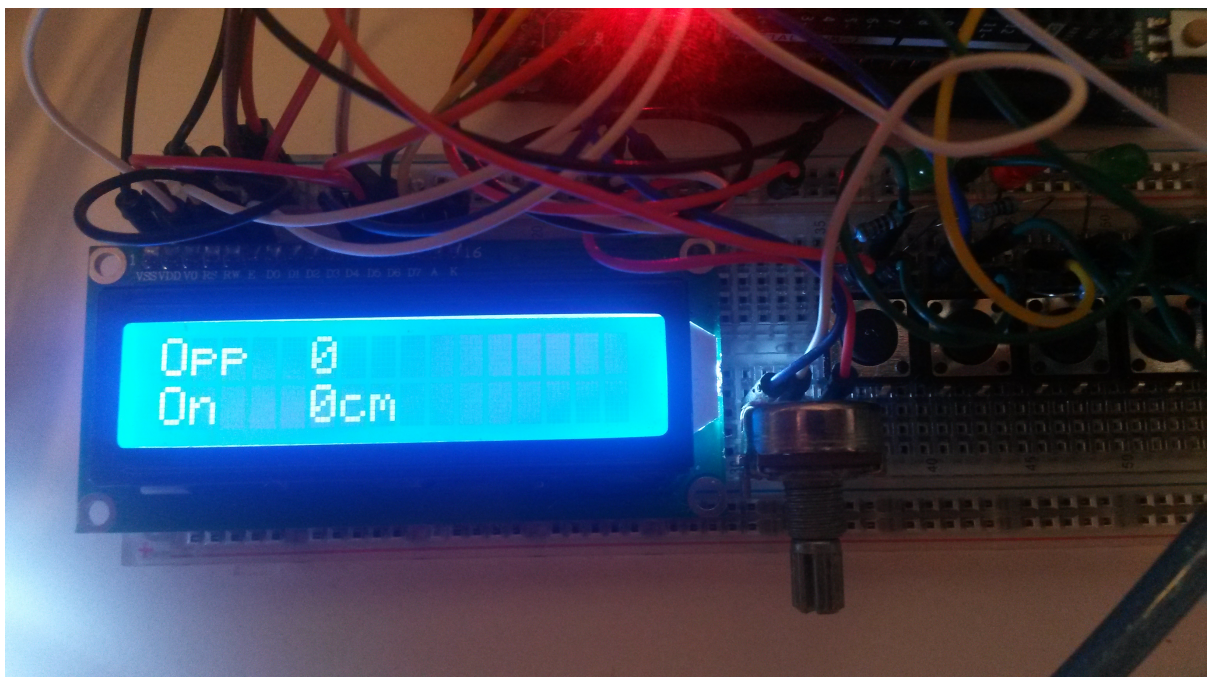
Nødstopp for programvaren og se om LCD skjeremen registrerer om systemet går i nødstop, når nødstoppen er inne skal alt stenges ned som vist i Figure 5. For at systemet skal starte igjen så må mikrokontrolleren restarte systemet.



Figur 5: Nødstoppfunksjonen

Opp/nedfunksjonene for å se om LCD skjermen registrerer om systemet går opp eller ned modus (vinsjstyringen til motorretning). Dette kan man se i Figure 6 og 7.

Når den går nedover så legger den til når den går oppover trekker den i fra, som vist i figurene under.



Figur 6: Opp funksjonen



Figur 7: Ned funksjonen

Hastighetregulatoren for motorfunksjonen regulerer hastigheten opp og ned og ser om LCD skjeremen registrerer om systemets hastighet går ned og opp. Dette kan man se i Figure 8 og 9.



Figur 8: Hastighet opp funksjonen



Figur 9: Hastighet ned funksjonen

Lyssensorfunksjonen er for å måle hvor mange meter som har gått inn eller ut på vinsjen ved hjelp av et fargehjul og og se om LCD skjeremen registrerer om systemet teller meter inn eller ut. Dette kan man se i Figure 10 og 11.

Den legger til cm når vinsjen slipper ut, og den trekker i fra når vinsjen går inn.

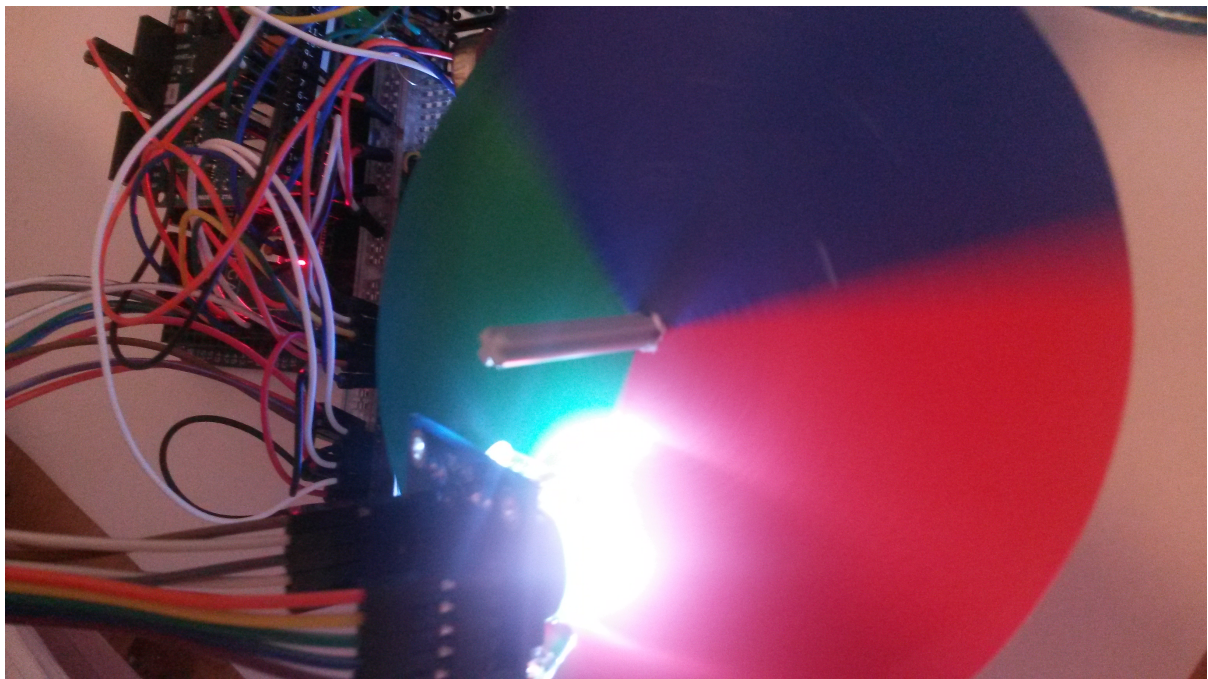


Figur 10: Teller(cm) oppover funksjon



Figur 11: Teller (cm) nedover funksjon

Her ser man at fargesensoren registrerer de forskjellige fargene på hjulet, og etter rekkefølgen på fargene vet Arduino-en om den skal legge eller trekke fra (cm), på den måten vil gruppen vite hvor mye vaier som har gått inn eller ut.



Figur 12

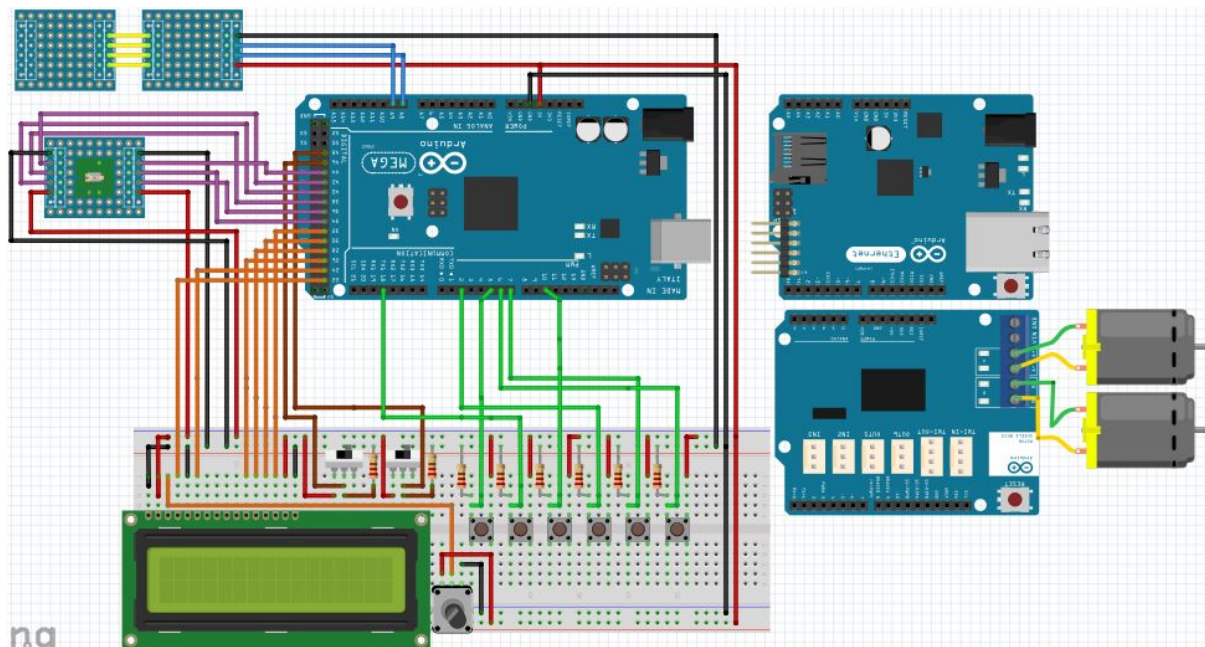
Etter Funksjonstest

Funksjonene som skulle testet i denne rapporten fra 1. iterasjon ble godkjent av gruppen og fungerte som tiltenkt i systemet.

Funksjonstest for 2. Iterasjon

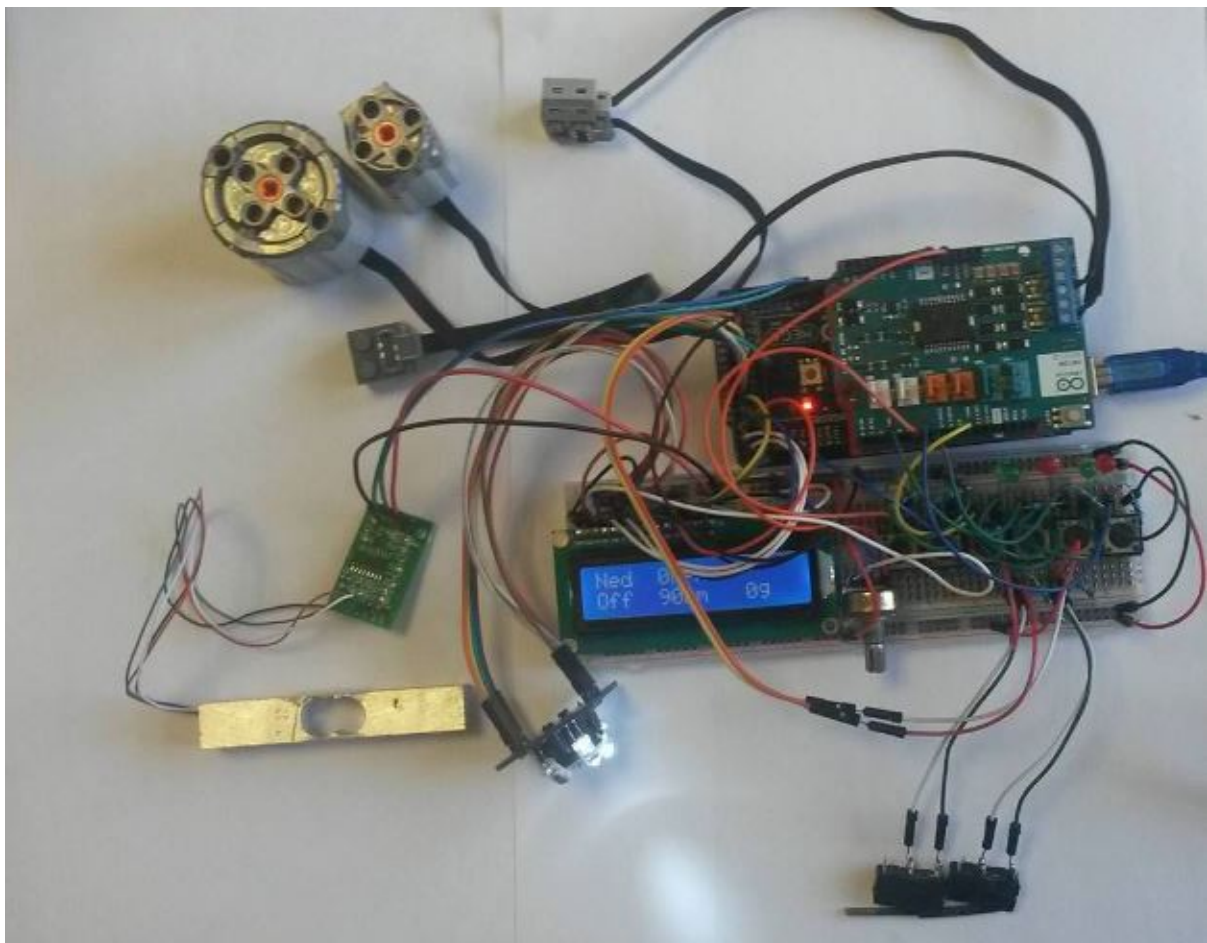
Figure 13 viser første utkast av systemet og funksjonene som er satt inn i systemet.

Ut i fra dette systemet som er vist i Figure 13 skal det foretas funksjonstesting for å verifisere at funksjonene fungerer som gruppen vil, og om det greier å oppnå kravene som er satt for systemet.



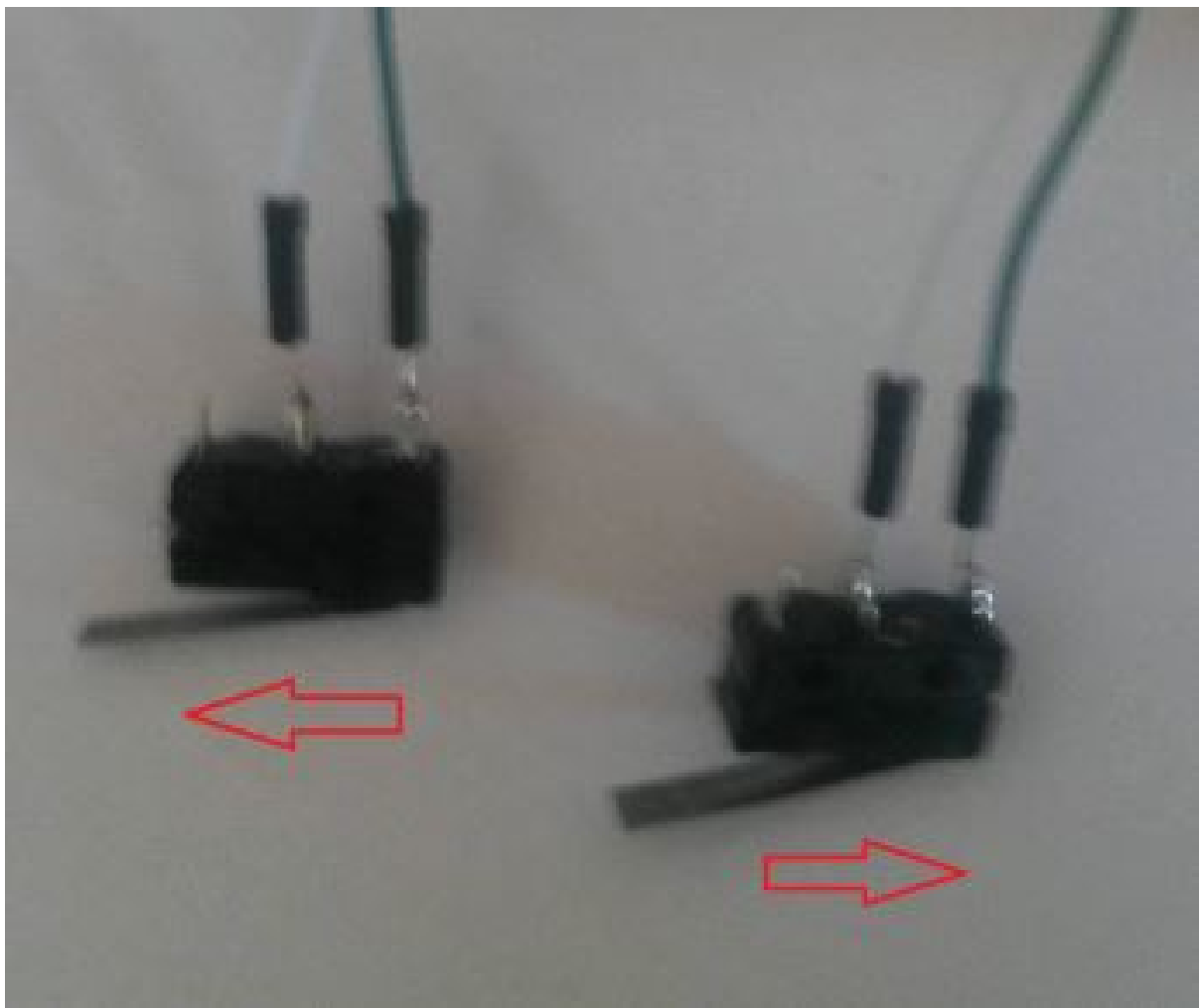
Figur 13: System tegning fra Fritzing

Figure 14 viser den fysiske modellen ut i fra Fritzing tegningen ovenfor i figur 13



Figur 14: Oversikt bilde av systemet

2 micro brytere som er koblet til kretsen skal snu retning på kveilemotoren (motor 2) som sitter på vinsjen.



Figur 15: Bryter retning

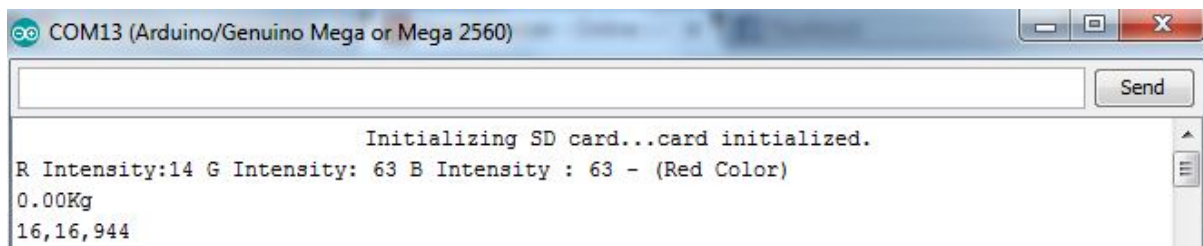


Figur 16: Roterings mot klokka



Figur 17: Rotering med klokka

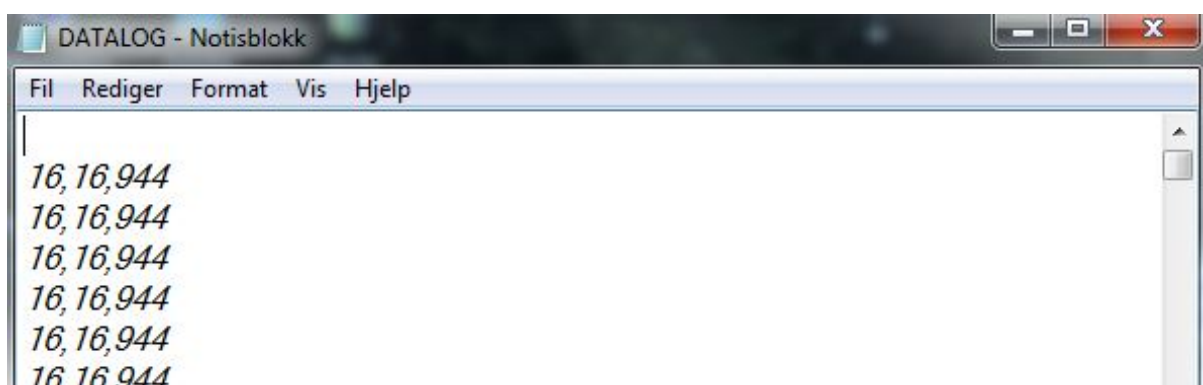
Funksjonen som skal datalogge er et SD shield som er vist under, se om den logger den informasjonen som gruppen vil.



Figur 18: SD godkjenning av kort

```
while (!Serial) {  
    ; // wait for serial port to connect. Needed for native USB port only  
}  
  
Serial.print("Initializing SD card...");  
  
// see if the card is present and can be initialized:  
if (!SD.begin(chipSelect)) {  
    Serial.println("Card failed, or not present");  
    // don't do anything more:  
    return;  
}  
Serial.println("card initialized.");  
}
```

Figur 19: SD godkjenning av kort (bilde fra programmet)



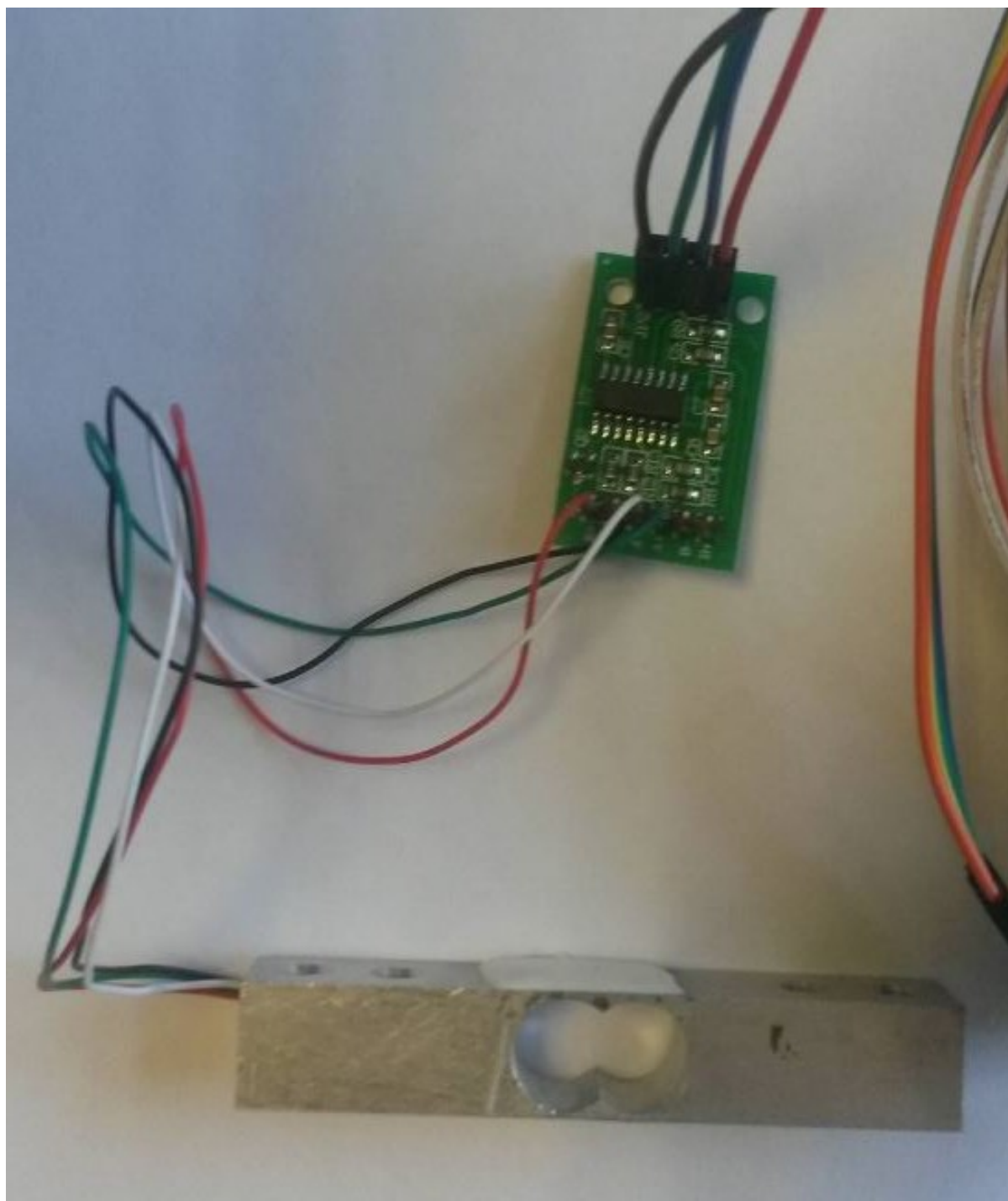
Figur 20: SD lagring

```
// open the file. note that only one file can be open at a time,  
// so you have to close this one before opening another.  
File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);  
  
// if the file is available, write to it:  
if (dataFile) {  
    dataFile.println(dataString);  
    dataFile.close();  
    // print to the serial port too:  
    Serial.println(dataString);  
}  
// if the file isn't open, pop up an error:  
else {  
    Serial.println("error opening datalog.txt");  
}
```

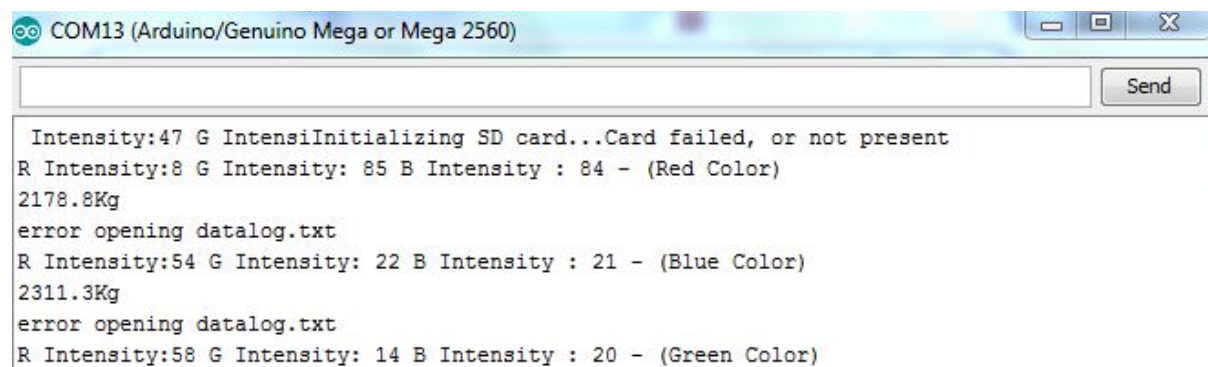
Figur 21: SD lagring (fra programmet)

Last sensoren og HX 711 skal måle vekten som ligger på vaieren til renseenheten. Vekten skal bli vist på LCD skjermen slik at man har kontroll om det er last på den.

HX711 og last cellen fungerer som det skal når den drives sjølvstendig men når den blir implementert, inn i programmet som er fra før, blir resultatet det at programmet går sakte og fungerer ikke optimalt som gruppen vil.



Figur 22: Last cell med Hx711



Figur 23: Last cell vekt registrering i programmet

Kravoppnåelse

Denne tabellen viser hvilke krav 2. iterasjon som gruppen har greid å nå. Ut i fra dette ser gruppen hva som mangler av krav som trenger å bli godkjent for at dette skal bli en suksessfull prosjektoppgave og leveringsklar til arbeidsgiver.

Krav nummer	Status	Kommentar
VI-004	Godtkjent	Utført i 1. iterasjon
VI-005	Godtkjent	Utført i 1. iterasjon
VI-007	Godtkjent	Utført i 1. iterasjon
VI-009	Godtkjent	Utført i 1. iterasjon

Programskode for EL-design for konsept 2

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Bjørn Erik Gjøvland og Odinn Gudmundsson
22/05 2016
Version 2.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
0.1	07/03 2016	Bjørn Erik og Odinn	Opprettet
1.0	29/03 2016	Odinn	Publisert
1.1	22/04 2016	Bjørn Erik	Revidert
2.0	22/05 2016	Bjørn Erik	Publisert

Sammendrag

Dette dokumentet inneholder programkode for Arduino Mega brukt i "proof of concept" utviklingsfasen til Konsept 2, børstesystem med vinsj. Koden lagt inn i dette dokumentet antas til å være i utviklingsfase og endringer i den vil forekomme fra dags dato, 22/05 2016 (version 2.0).


```
//Vinsjkontroll for rorgaterenser

//

#include <hx711.h>

#include <SPI.h>      //SD

#include <SD.h>       //SD

#include <LiquidCrystal.h>

//LCD display control library

LiquidCrystal lcd(22, 24, 26, 28, 30, 32); //Initialization of the LCD display

const int

PWM_A = 3,    //PWM speedsignal pin number to motor A

PWM_B = 11,   //PWM speedsignal pin number to motor B

DIR_A = 12,   //Rotationdirection control pin number for motor A

DIR_B = 13,   //Rotationdirection control pin number for motor B

BRAKE_A = 9,  //Motorbrake pin number for motor A

BRAKE_B = 8,  //Motorbrake pin number for motor B

//SNS_A = A0, //Amper sensing pin number for motor A

start = 5,    //Pin number for start/stop button

Estopp = 18,  //Pin number for emergency stop button

plus = 10,    //Pin number for increased speed button

minus = 2,    //Pin number for decreased speed button

opp = 7,      //Pin number for "cable in" direction button

ned = 6,      //Pin number for "cable out" direction button

kveilbryter1 = 46, //endrer retningen pa kveilsystem/motor
```

```
kveilbryter2 = 48, //endrer retningen pa kveilsystem/motor

s0 = 34,      // lys sensor pinner til arduinon
s1 = 36,      // lys sensor pinner til arduinon
s2 = 38,      // lys sensor pinner til arduinon
s3 = 40,      // lys sensor pinner til arduinon
led = 44,     // lys sensor pinner til arduinon
out = 42,     // lys sensor pinner til arduinon

hxSCK = A8,   // Hx711 sensor
hxDT = A9,   // Hx711 sensor

                //analog sensors on analog pins 0, 1, and 2

//MOSI = 5,   // SD card attached to SPI bus as follows:

//MISO = 6,

//CLK = 7,

//CS = 10,

chipSelect = 4; //SD

int ret = 0;   //Starting value for controlling turningdirection of motors
int ret2 = 0;  //Starting value for controlling turningdirection of motors
int startstopp = 0; // "On/Off" starting value for the motors

int hast = 0;   //Motorspeed starting value pushed to motors (PWM 0-255)
int justhast = 0; //Motorspeed starting value asked for by the user (PWM 0-255)
int brake = 0;

int plussbryter = 0; // for få bryteren til registrere et trykk
int sistplussbryter = 0;
```

```
int minusbryter = 0;

int sistminusbryter = 0;

int retning2 = 0;

int kveil2 = 0;

int retning1 = 0;

int kveil1 = 0;

int ss = 0;

int sistss = 0;

int red = 0;

int green = 0;

int blue = 0;

int farge = 0;

int rod = 0;

int blo = 0;

int gronn = 0;

int sistfarge = 0;

unsigned int teller = 0;

int vekt = 0;

Hx711 scale(A9, A8);

void setup() {

  pinMode(DIR_A, OUTPUT);    //Direction pin on channel A

  pinMode(DIR_B, OUTPUT);    //Direction pin on channel B

  pinMode(BRAKE_A, OUTPUT); //Brake pin on channel A
```

```
pinMode(BRAKE_B, OUTPUT); //Brake pin on channel B

pinMode(opp, INPUT);

pinMode(ned, INPUT);

pinMode(start, INPUT);

pinMode(Estopp, INPUT);

pinMode(plus, INPUT);

pinMode(minus, INPUT);

pinMode(kveilbryter1, INPUT);

pinMode(kveilbryter2, INPUT);

pinMode(s0, OUTPUT);

pinMode(s1, OUTPUT);

pinMode(s2, OUTPUT);

pinMode(s3, OUTPUT);

pinMode(out, INPUT);

pinMode(hxSCK, INPUT);

pinMode(hxDT, INPUT);

digitalWrite(s0, HIGH);

digitalWrite(s1, HIGH);

lcd.begin(16, 2); //initializes the LCD and sets the size of the display

Serial.begin(9600);

while (!Serial) {
    ; // wait for serial port to connect. Needed for native USB port only
}

Serial.print("Initializing SD card...");
```

```
// see if the card is present and can be initialized:

if (!SD.begin(chipSelect)) {

    Serial.println("Card failed, or not present");
    // don't do anything more:

    return;

}

Serial.println("card initialized.");
}

void loop() {

if(digitalRead(Estop) == HIGH){

if(digitalRead(opp) == HIGH){ret = 1;}

if(digitalRead(ned) == HIGH) {ret = 0;}

if(digitalRead(kveilbryter2) == HIGH){ret2 = 1;}

if(digitalRead(kveilbryter1) == HIGH) {ret2 = 0;}

plussbryter = digitalRead(plus);

if(plussbryter != sistplussbryter){

    if(plussbryter == HIGH){

        justhast = justhast + 25;

        lcd.clear();

    }

}

sistplussbryter = plussbryter;

minusbryter = digitalRead(minus);
```

```
if(minusbryter != sistminusbryter) {  
    if(minusbryter == HIGH){  
        justhast = justhast - 25;  
        lcd.clear();  
    }  
}  
  
sistminusbryter = minusbryter;  
  
if (digitalRead(kveilbryter1) == HIGH | digitalRead(kveilbryter2) == HIGH){  
    ret2 = !ret2;  
}  
  
if(justhast > 255){  
    justhast = 255;  
}  
  
if(justhast < 0){  
    justhast = 0;  
}  
  
ss = digitalRead(start);  
  
if(ss != sistss) {  
    if(ss == HIGH) {  
        startstopp = !startstopp;  
        brake = !startstopp;  
        lcd.clear();  
    }  
}
```

```
}

sistss = ss;

}

else{

    startstopp = 0;

    brake = 1;
}

lcd.setCursor(0, 0);

if(ret == 0){

    lcd.print("Ned");

}

else {

    lcd.print("Opp");

}

lcd.setCursor(5, 0);

lcd.print(justhast);

lcd.print("rpm");

lcd.setCursor(0, 1);

if(startstopp == 0){

    lcd.print("Off");

}

else {

    lcd.print("On");
```



```
}

lcd.setCursor(5, 1);

lcd.print(teller);

lcd.print("m");


lcd.setCursor(12, 1);

    lcd.print(scale.getGram(), 1);

    lcd.print(" g");

    lcd.print("  0 ");


    // Set the outputs to run the motor forward

digitalWrite(DIR_A, ret);    // setting direction to HIGH the motor will spin forward

digitalWrite(BRAKE_A, brake); // setting brake LOW disable motor brake

analogWrite(PWM_A, justhast);    // Set the speed of the motor, 255 is the maximum v

digitalWrite(DIR_B, ret2);    // setting direction to HIGH the motor will spin forward

digitalWrite(BRAKE_B, brake); // setting brake LOW disable motor brake

analogWrite(PWM_B, justhast);    // Set the speed of the motor, 255 is the maximum v

    color();

    Serial.print("R Intensity:");

    Serial.print(red, DEC);

    Serial.print(" G Intensity: ");

    Serial.print(green, DEC);

    Serial.print(" B Intensity : ");

    Serial.print(blue, DEC);
```

```
//Serial.println();

if (red < blue && red < green && red < 20)

{

    rod = 1;

    blo = 0;

    gronn = 0;

    Serial.println(" - (Red Color)");

}

else if (blue < red && blue < green)

{

    rod = 0;

    blo = 2;

    gronn = 0;

    Serial.println(" - (Blue Color)");

}

else if (green < red && green < blue)

{

    rod = 0;

    blo = 0;

    gronn = 3;

    Serial.println(" - (Green Color)");

}

else{
```

```
Serial.println();

}

if (rod > 0 && rod != sistfarge){

  if (sistfarge == 2){

    teller = teller + 10;

  }

  else if (sistfarge == 0){

    teller = 100;

  }

  else {teller = teller - 10;

  }

  sistfarge = 1;

}

if (blo > 0 && blo != sistfarge){

  if (sistfarge == 3){

    teller = teller + 10;

  }

  else if (sistfarge == 0){

    teller = 100;

  }

  else {teller = teller - 10;

  }

}
```

```
sistfarge = 2;

}

if (gronn > 0 && gronn != sistfarge){

    if (sistfarge == 1){

        teller = teller + 10;

    }

    else if (sistfarge == 0){

        teller = 10;

    }

    else {teller = teller - 10;

    }

    sistfarge = 3;

}

////////////////////////////////////

float vekt = scale.getGram(); //HX711

Serial.print(scale.getGram(), 1);

Serial.println("g");

////////////////////////////////////

// make a string for assembling the data to log:           //SD
String dataString = "";

// read three sensors and append to the string:
for (int analogPin = 0; analogPin < 3; analogPin++) {

    int sensor = analogRead(analogPin);
```

```
    dataString += String(sensor);

    if (analogPin < 2) {

        dataString += ",";

    }

}

// open the file. note that only one file can be open at a time,
// so you have to close this one before opening another.

File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);

// if the file is available, write to it:

if (dataFile) {

    dataFile.println(dataString);

    dataFile.close();

    // print to the serial port too:

    Serial.println(dataString);

}

// if the file isn't open, pop up an error:

else {

    Serial.println("error opening datalog.txt");

}

}

void color(){

    digitalWrite(s2, LOW);
```

```
digitalWrite(s3, LOW);

//count OUT, pRed, RED

red = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
digitalWrite(s3, HIGH);

//count OUT, pBLUE, BLUE

blue = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
digitalWrite(s2, HIGH);

//count OUT, pGreen, GREEN

green = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);

}
```

Maskindesign

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Lars Berg
Truls Einen
22/05 2016
Version 1.3



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
0.1	01/03 2016	Lars og Truls	Opprettet
1.0	29/03 2016	Lars og Truls	Publisert
1.1	17/05 2016	Truls	lagt til fjærbetraktninger
1.3	22/05 2016	Lars	Publisert

Sammendrag

Dette designdokumentet beskriver arbeidet utført for videreutvikling av konsept 2. Første iterasjon av designet er en prototype som igjen skal funksjonalitetttestes og videreutvikles i senere iterasjoner, og utvikles ikke til å møte alle krav i spesifikasjon. Innledningsvis er det også et fokus på økonomi og gjennomførbarhet. Produktet dette arbeidet resulterer i blir produsert av de materialer og med det utstyret gruppen greier å skaffe til veie, og vil bære et viss preg av dette. Målet med dette arbeidet er å lage en prototype med en viss funksjonalitet; altså å bevise at konseptet fungerer, og dermed bane vei for videre utvikling.

Innhold

Sammendrag	1
Figurer	3
Innledning	4
Definisjoner	4
Systemarkitektur	4
Renseenhet	5
Børster	5
Ramme	6
Turbinblader	10
Opplagring	10
FEM CFD	11
Vaier	13
Tilleggslast som følge av vaierfriksjon	14
Matesystem	16
Funksjonsoversikt	17
Modularitet	17
Materialer	18
Polyoxymetylen	18
Stål	18
Kostnadsoverslag for prototype reseenhet	18
Tidslinje for prototypeutvikling av RE	19
Iterasjon 1	20
Konstruksjon	20
Test 20. april	23
Iterasjon 2	24
Fjærsystem	24
Turbinblader	25
Test 2. mai	26
Test 4. mai	26
Iterasjon 3	26
Friksjonstest av vaier:	27

Fjærbetraktninger	27
Vinkler og nødvendig vandring	27
Fjærberegninger	28
Oppsummering og konklusjon	31
Renseenhet (RE)	31
Vaier:	31
Potensiell videre utvikling	32
Referanser	32

Figurer

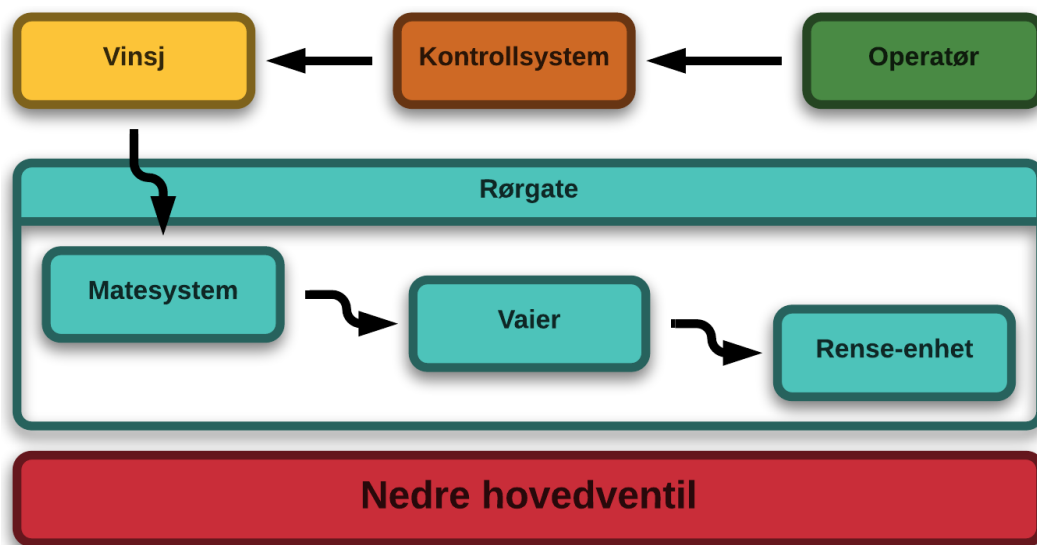
1	Systemoversikt	4
2	Renseenhetens bestanddeler	5
3	Børste med brakett, sett fra siden	5
4	Midtstag, armer og assosierte braketter	6
5	festebrakett til arm	7
6	Midtstag med monteringshull for konfigurasjoner	7
7	Tiltenkt løsning for påførsel av kraft på børste, fjær ved (1) og (2).	8
8	Turbinblad med flere instillinger for pitch	10
9	Renseenhet i simulert rørstrøm (SolidWorks Flow Simulation)	11
10	Eksempler på parametre en kan regne ut med FS	12
11	Kartplott av rørgaten	13
12	Høydeprofil for rørgate	13
13	Eksempel på exceloppsett	15
14	PVC-kledd ståltau med kjerne i fiber	16
15	Skisse av demningshuset på Fønhus.	17
16	Påbegynt arbeid på RE Mk. 1	20
17	Påbegynt sveisearbeid på RE Mk. 1	20
18	Tilforming av børste	21
19	Påbegynt arbeide på RE Mk. 1	22
20	Mk. 1 før test	23
21	Render av CAD modell for RE Mk. 2	24
22	Honeverktøy	25
23	Fjærsystem og modifiserte blader på RE Mk. 2	25
24	Geometriske sammenhenger	28
25	http://www.thespringstore.com/pc168-2468-6-00-spr-3-750-cg-z-in.html	30
26	Venstre: børstetrykk i forhold til rørdiameter. høyre: kraftretning	30

Innledning

Definisjoner

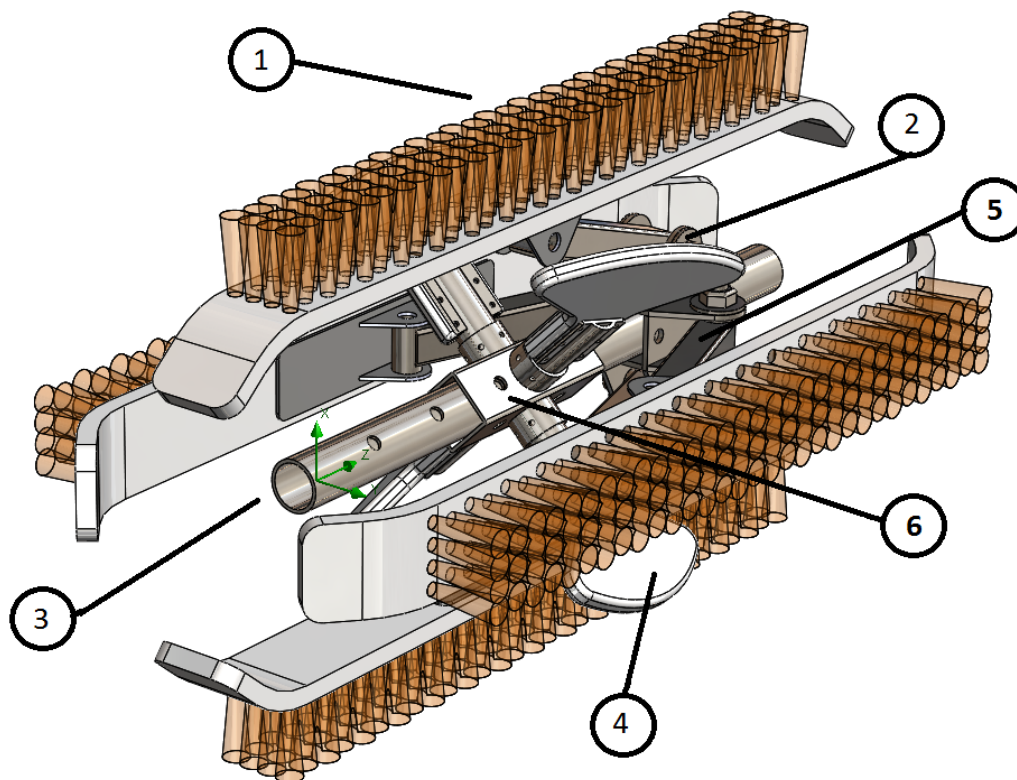
HSN	Høgskolen i Sør-Norge
POM	Polyoksymetylen
Matesystem	innretning for innføring av renseenhet
RPM	Omdreining per minutt
Pitch	Propellvinkel
PE	Polyetylen
CFD	Computational Fluid Dynamics

Systemarkitektur



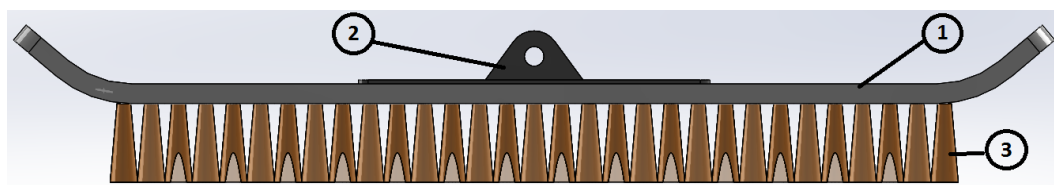
Figur 1: Systemoversikt

Renseenhet



Figur 2: Komponenter: Børste (1), Senterbrakett (2), Senterstag (3), Turbinblad (4), Arm (5), Bladbrakett (6).

Renseenhet skal være lagret opp mot vaier slik at den fritt kan rotere i vannstrømmen. Renseenheten skal være utstyrt med propellblader eller skovler som utnytter vannstrømmen på best mulig måte i forhold til rotasjon.



Figur 3: Komponenter: kropp (1), brakett(2), bust (3).

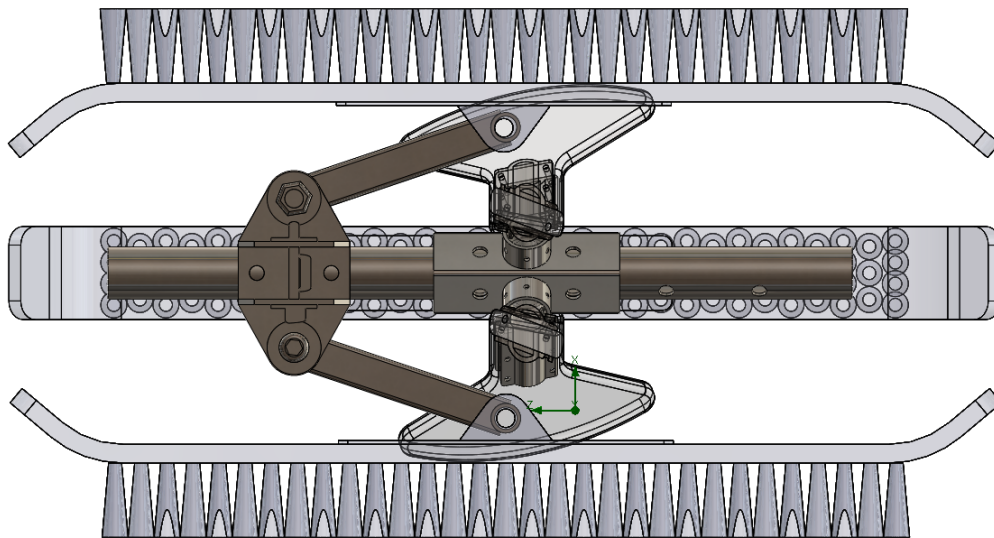
Børster

Renseenheten skal ha 4 børster som skal børste rørgaten. Forsøk foretatt under ekskursjon tilsier at overflaten bør børstes 10-20 ganger per punkt, med lavt trykk. Med fire børster med effektiv lengde ca. 50 cm og hastighet langs rørgate på ca. 0,2 m/s fordres

en rotasjon på rundt 70 rpm dersom hele rørgaten skal kunne renses over en 6-8 timers periode. Børstene skal selv tilpasse seg forskjellige rørdiametere ved hjelp av fjærbelastede svingarmer. Nødvendig fjærtrykk må tilpasses for det beste kompromisset mellom børstetrykk og rotasjonsevne. Vannstrømmen vil ta med seg humusrester fra renseprosessen og sørge for kontinuerlig skylling.

Børstekroppen er laget i POM (polyoksimetylen), en termoplast som skal bøyes i endene for å bedre forsere innsnevring som følge av tverrsnittsoverganger og sveisefuger, og rørbender, samt forhindre fastsetting generelt. Dette materialet er valgt på grunn av følgende faktorer: lett å maskinere, forme, god fleksibilitet, relativ styrke, gode friksjonsegenskaper, samt tilgjengelighet. Denne konstruksjonen er noe omstendelig og hyllevare ble sterkt vurdert, men valgt bort fordi gruppen har hatt vanskeligheter med å finne passende børster. Egenkonstruerte børster gir gruppen full fleksibilitet til å bruke løsningen vi mener fungerer best.

På oversiden av hver børste finnes det en brakett, som har som oppgave å forbinde børste og svingarm. Under operasjon vil denne utsettes for dynamiske krefter utover de assosiert med konstant børsting*. Den relativt lave styrken til børstekroppen i plast fordrer en relativt stor innfestning med mange (10+ stk) små skruer (ikke på figur)



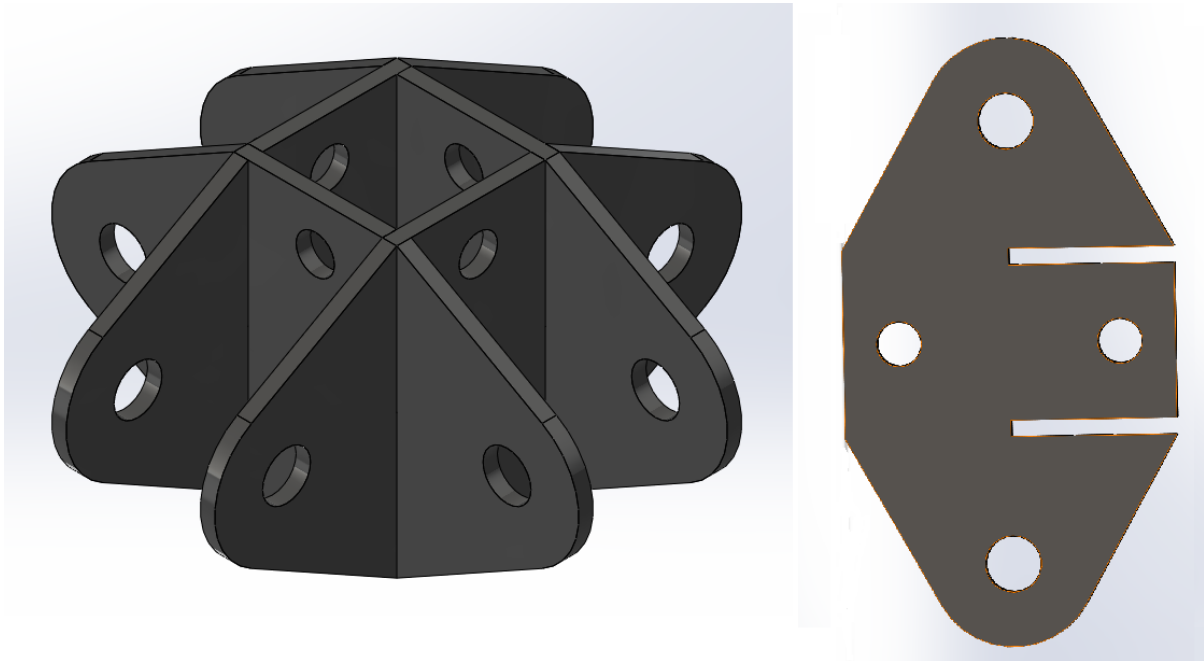
Figur 4: Midtstag, armer og assosierte braketter

Ramme

Foruten børster består renseenhet av tidligere nevnte armer. Disse forbinder børster og senterstag, og skal overføre rotasjonen fra sistnevnte. Disse er laget av 20x20x2mm for stivhet og styrke, og har 2 stk 30mm lange 16x2mm stålrør sveiset i hver ende, med en øye-til-øye lengde på 120 mm. Lengden av armene er viktig da denne bestemmer intervallet av indre rørdiameter systemet kan brukes i. I hver ende av armen er det festet en liten

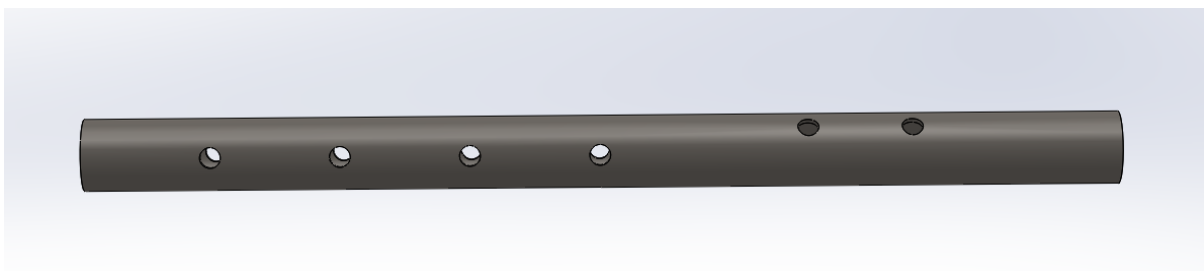
trykkfjær som virker mot børstebrakett og midtstag respektivt, for å påføre børstene trykk og bidra til å sentrere systemet i rørgate.

Armene er festet på midtstaget via 4 stk enkle braketter (se fig 5), i 3mm stålplate. Disse kombineres i en form som har festehull for senterstag og fire armer. Denne braketten tres så over senterstaget, og festes her med en gjennongående splint.

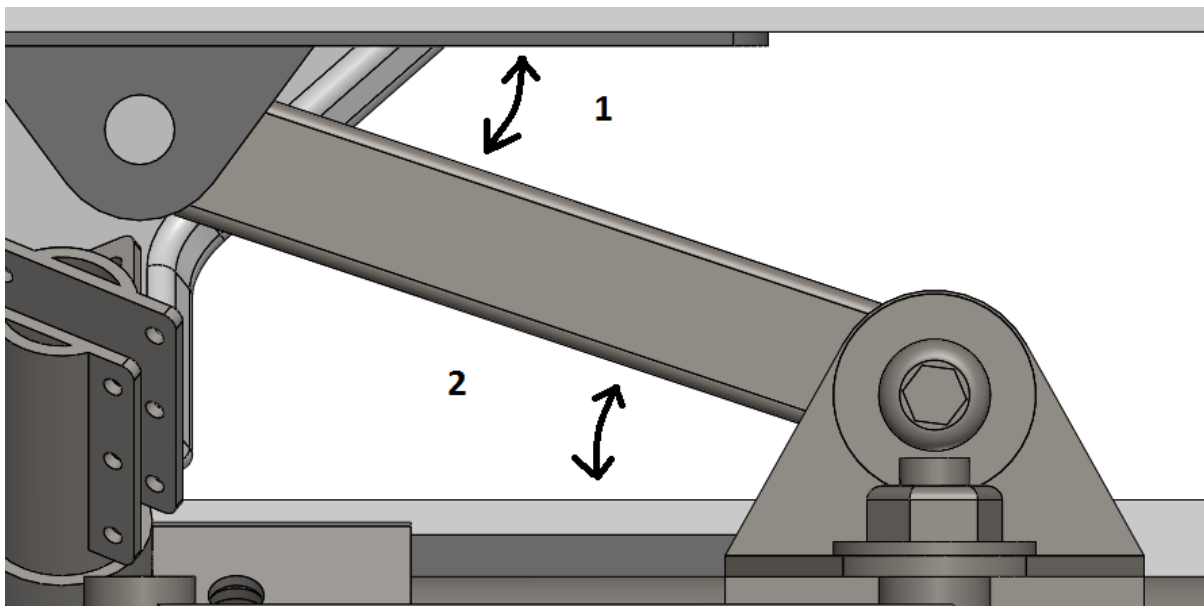


Figur 5: festebrakett til arm

Midtstaget er et stålrør i dimensjon 26x2 mm, med lengde 600 mm. Dette røret har et antall hull for feste av armbrakett og bladbraketter, plassert på en slik måte at systemet får flere konfigurasjoner (i.e. disse to brakettene med tilhørende hardware kan flyttes etter behov). I øvre ende av midtstaget er det festet en lagerordning mot vaierfestet.



Figur 6: Midtstag med monteringshull for konfigurasjoner



Figur 7: Tiltentkt løsning for påførsel av kraft på børste, fjær ved (1) og (2).

Fjærdimensjonering skjer ved hjelp av formler fra konstruksjonsteknikken.

Fjærvandring er uttrykt ved deformasjonen til én vinding.

$$f_v \frac{8D_m^3 F}{Gd^4} \quad (1)$$

Den totale fjærvandringen blir dermed $ft = i_f \times f_v$

Antall arbeidende vindinger er $i_f = i_g - 1.75$ der i_g er antall vindinger totalt.

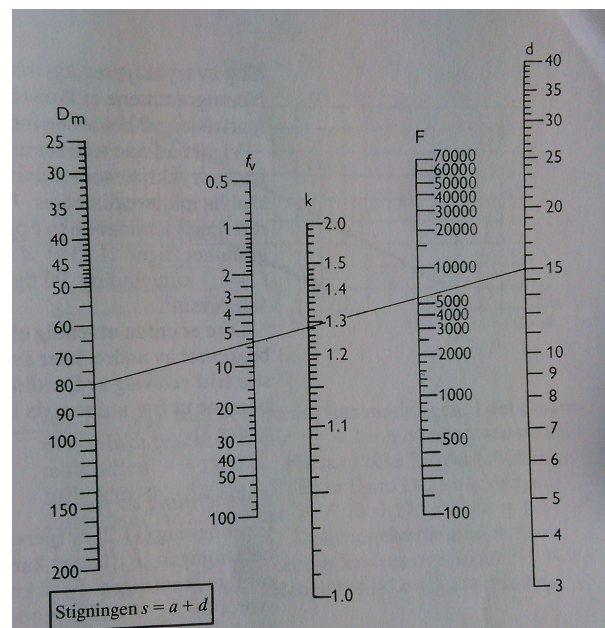
En ubelastet trykkfjær har lengden

$$L_0 = (i_g - 2) \times s + 1.5d \quad (2)$$

der $s = \text{stigningen} = a + d$ og $a = \text{lyspningen}$.

ved valg av fjærdimensjoner burde viklingsforholdet w , være mellom 4 og 7 (aldri under 3)

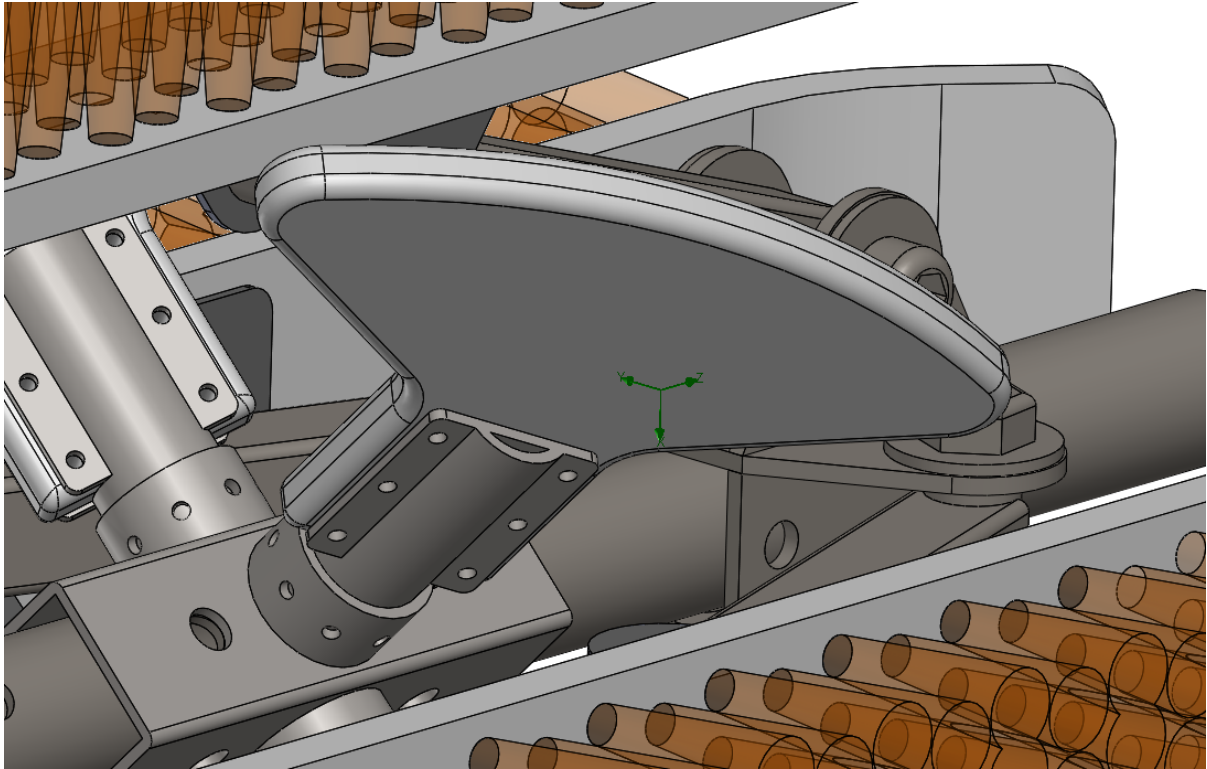
Fjærberegninger kan bli gjort ved hjelp av nomogram som vist under



*Kommentar: Da snordrag fra vaier ikke nødvendigvis alltid vil være kolineær med rørgatens akse under operasjon (rett nedenfor en rørbend for eksempel), bør det bygges inn noe høyere fleksibilitet her i fremtiden, fortrinnsvis en hylse/bushing i elastomer i grensesnitt børstebrakett/arm.

Sikkerhetsanordning for å forhindre for stor kontraksjon bør vurderes. Dette kan gjøres ved å sette fysiske stoppere for bevegelse av armer under en nedre grense.

Turbinblader



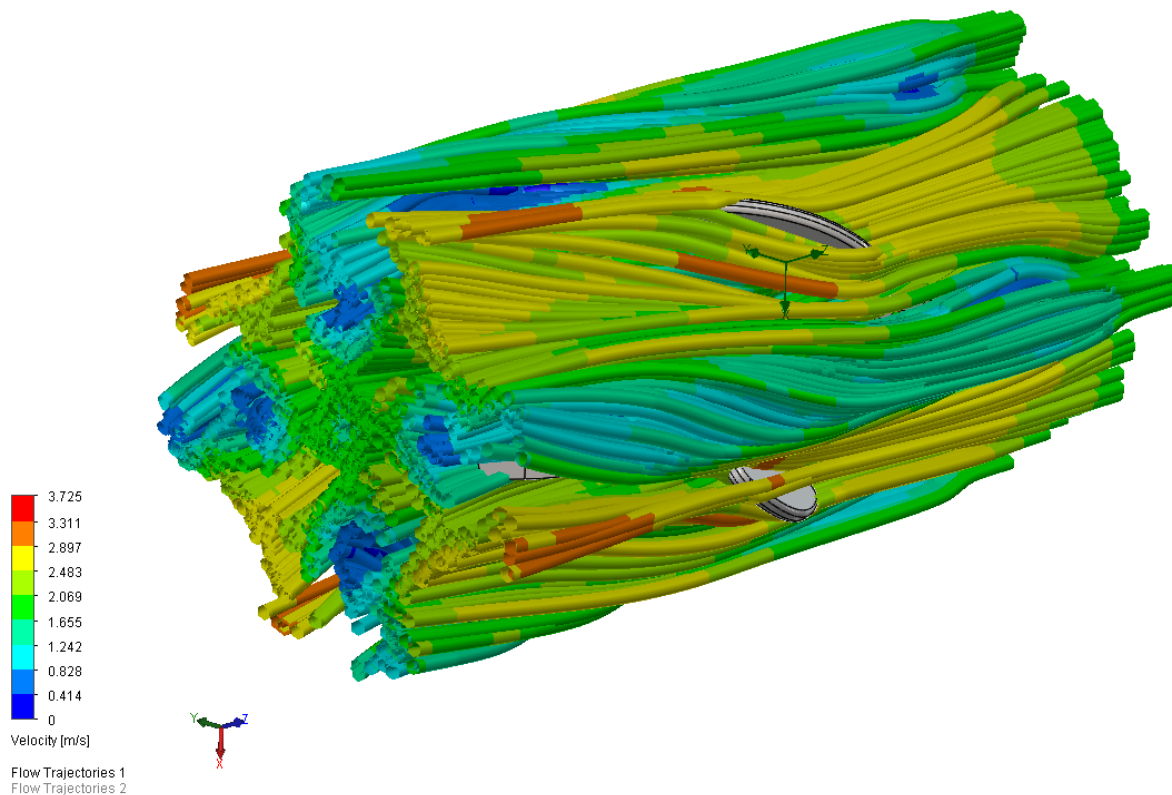
Figur 8: Turbinblad med flere instillinger for pitch

Propellbladene er i likehet med børstene laget i POM. Dette blir brukt på grunn av sin enkle formbarhet ved varmebehandling. En annen fordel er POM sin lave friksjonskoeffisient i tilfelle propellbladene skulle komme i kontakt med rørveggen. Propellbladene blir festet i en stålbrakett som tillater feste av 4 symmetriske propellblader. Gruppen ønsker å lage propellbladene og festebrakettene på en måte som tillater forsøk med variabel pitch. Dette kan gjøres ved hjelp av ulike festekonfigurasjoner. Gruppen planlegger flere sett propellblad i forskjellig størrelse for testing.

Opplagring

Renseenhet skal kunne rotere fritt uavhengig av vaieren, og for å oppnå dette bør festeankeret for vaieren være opplagret. For første prototype planlegger gruppen å improvisere med kranklager fra en sykkel.

FEM CFD



Figur 9: Renseenhet i simulert rørstrøm (SolidWorks Flow Simulation)

Under utviklingsprosessen har gruppen tatt i bruk SolidWorks Flow Simulation for å beregne en rekke størrelser, blant annet strømningshastighet rundt modellen, krefter påført vaier og dreiemoment om senterstaget. Dette er svært praktisk da gruppen kan eksperimentere med en rekke viktige faktorer som bladstørrelse, pitch, strømningshastighet mm. Samme metode vil kunne brukes til å optimalisere senere prototype.

Det er fortsatt en del usikkerhet knyttet til påliteligheten til resultatene av disse analysene, nærmere bestemt om simuleringene er satt opp riktig. Gruppen planlegger å arbeide videre med dette, og om nødvendig hente inn ekspertise fra fakultetet, foreløpige resultater er derimot lovende.

Solver: Project(1) [Default] (Assembly 2.SLDASM)

File Calculation View Insert Window Help

Info

Parameter	Value
Status	Solver is finished.
Fluid cells	11856
Partial cells	8732
Iterations	64
Last iteration finished	12:14:35
CPU time per last iteration	00:00:01
Travels	1.1295
Iterations per 1 travel	57
Cpu time	0 : 0 : 55
Calculation time left	0 : 0 : 0
Run at	S-K-5115-19

Warning

Comment

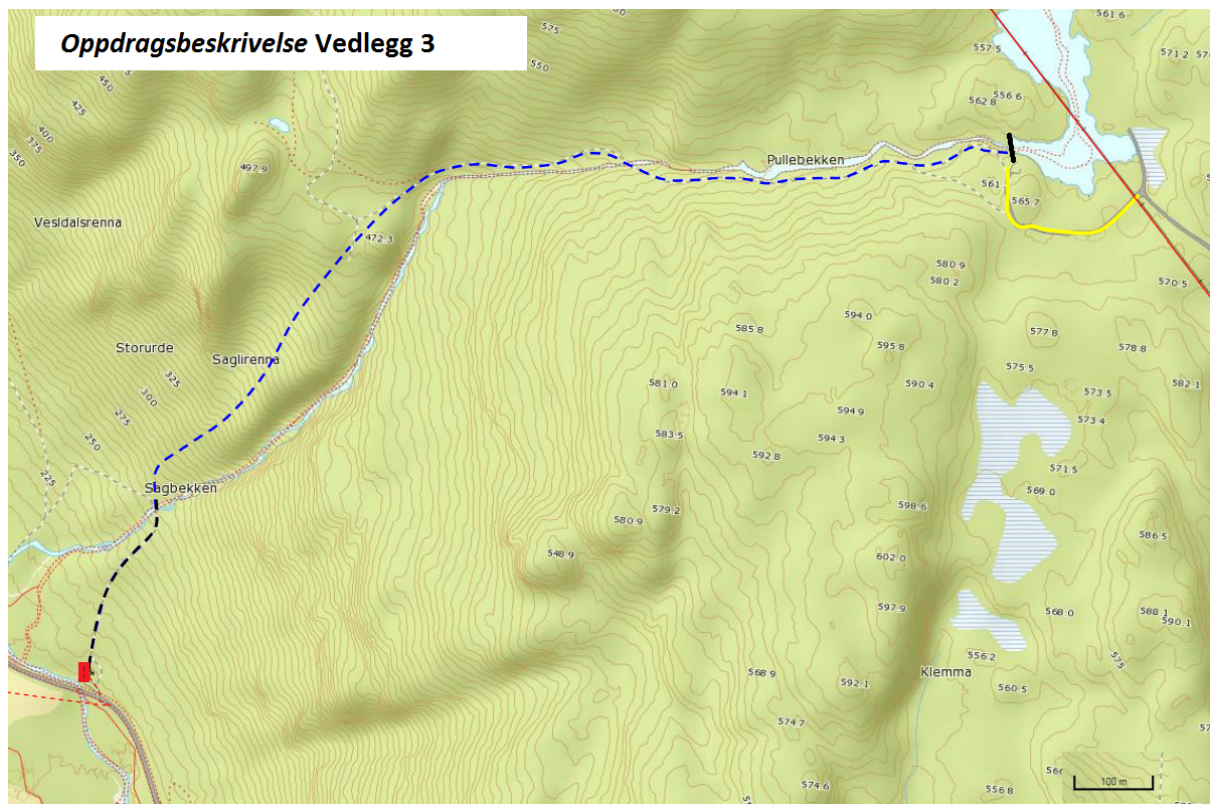
No warnings

List of Goals

Name	Current Value	Progress	Criterion	Averaged Value
GG Force 1	197.604 N	Achieved (IT = 57)	3.61533 N	196.634 N
GG Friction Force (Z) 1	-18.6746 N	Achieved (IT = 64)	0.0904788 N	-18.6729 N
GG Torque (Z) 1	4.21648 N*m	Achieved (IT = 64)	0.0533235 N*m	4.12135 N*m

Figur 10: Eksempler på parametre en kan regne ut med FS

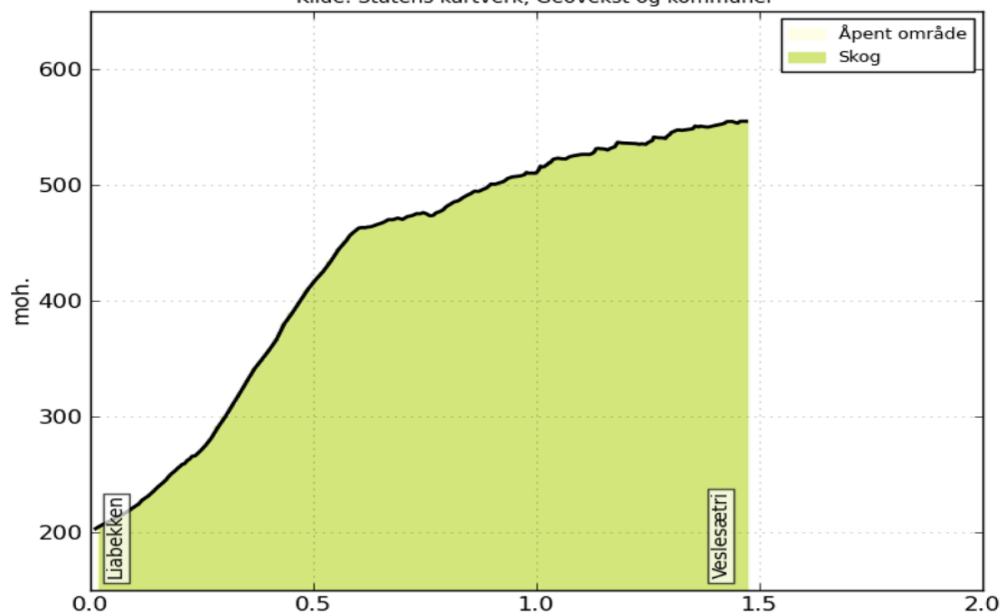
Vaier



Figur 11: Kartplott av rørgaten

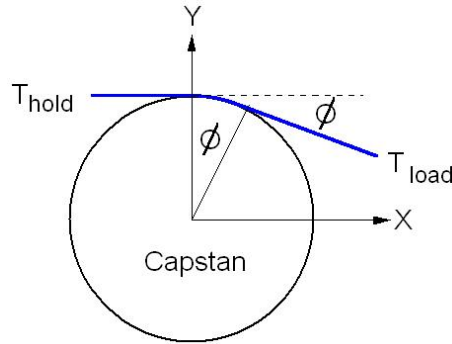
Oppdragsbeskrivelse Vedlegg 4

Kilde: Statens kartverk, Geovekst og kommuner



Figur 12: Høydeprofil for rørgate

Tilleggslast som følge av vaierfriksjon



$$T_{Load} = T_{hold}e^{\mu\phi} \quad (3)$$

Som det fremgår av fig. 11 og 12, er rørgaten alt annet enn rett. Dette får stor betydning på totalt snordrag i vaier, og ideelt sett må friksjonen for hver individuelt rørbend regnes ut og summeres. I praksis vil det knyttes stor usikkerhet til disse utregningene, da den tekniske beskrivelsen av rørgaten kun tar utgangspunkt i kartet for leggingen, og antall meter av de forskjellige rørtypene. Gruppen vet foreløpig ikke de eksakte posisjonene til hvert rørbend, eller hvor stor denne er.

Det blir derfor satt opp en modell hvor det gjøres et overslag for antall svinger og størrelsen (vinkelen) til disse. Initiell last (rett over av renseenhet) vil også variere med strømningshastighet i rørgate, som igjen er en funksjon av posisjonen på grunn av inn-snevring.

Kreftene vaieren utsettes for over en vilkårlig sving i rørgaten kan beskrives på følgende måte

$$F_n = (F_{N-1} + \Delta L * G_L)e^{\alpha\mu} \quad (4)$$

Hvor F_n er snordraget, F_{N-1} er snordrag etter forrige sving, $\alpha\mu$ er vinkelendringen i svingen og friksjonskoeffisienten respektivt. $\Delta L * G_L$ er last for tauvekt N/m ganger intervallet m . Sistnevnte last kunne tatt hensyn til hellingsgrad og relativ vekt i vann, to faktorer som ville redusert lasten. På en annen side så er det ikke beregnet overflatefriksjon for vaieren mens den blir dratt gjennom vannet (såkalt skin friction, eller parasitic drag). Denne kraften antas å være svært liten i forhold til de øvrige lastene.

sving	vinkel i radianer	snordrag i N	meter fra forrige			
0	0	294,3				
1	0,2	349,8931456	100	koeffisient	vekt per meter (N/M)	
2	0,2	408,5708548	100		0,27	0,372
3	0,2	470,5042733	100			
4	0,2	535,8740429	100			
5	0,2	565,606801	100			
6	0,2	636,2532966	100			
7	0,2	710,8195848	100			
8	0,2	789,5231538	100			
9	0,2	872,5935591	100			
10	0,2	960,2730928	100			
11	0,2	1052,817491	100			
12	0,2	1150,496677	100			
13	0,2	1253,595555	100			
14	0,2	1362,414833	100			
15	0,2	1477,271905	100			
16	0,2	1598,501776	100			
17	0,2	1726,458038	100			
18	0,2	1861,513903	100			
19	0,2	2004,063288	100			
20	0,2	2154,52197	100			

Figur 13: Eksempel på exceloppsett

Figuren over viser en Excelfil for oppsett av snordragberegninger. Det initielle snordraget fra renseenheten settes i sving 0, og videre bruker man ligning (4) i cellene under. Vinkelen velger man på venstre side, og meter fra forrige sving bestemmes til høyre. friksjonskoeffisienten er konstant og valgt på bakgrunn av høyalternativet for friksjonskoeffisient fra friksjonsanalysen (se friksjonsbetraktninger). I oppsettet vist i figur 13 er det satt opp 20 svinger, alle med en vinkel på 0,2 radianer som tilsvarer ca 11,46 grader. (største kontante sving er av oppdragsgiver oppgitt til 11 grader, og de fleste svingene er mye slakkere) og friksjonskoeffisient 0,27. Lengde mellom svinger er satt til 100 meter, og initiell last fra RE er satt til 30 kg (se fysisk test av RE II).

Selv med dette grove overslaget får man en last på 2155 N, som gir en sikkerhetsfaktor på ca. 2,5, som er innenfor kravet (se Designkrav VA-002).

Ståltau PVC belagt



Eksempel på bruksområde: Låsestropper, signalanordninger, kapell. **NB!** Ikke godkjent for løft

Tråddantall: 42.

Konstruksjon: 6x7 FC, 6x19 FC

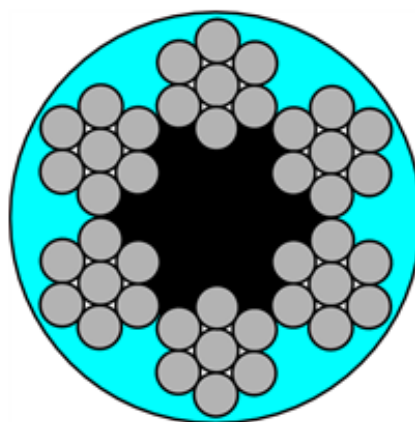
Utførelse: Krysslått.

Ytterbehandling: Galvanisert.

Fyllfaktor: se tabell.

Standard: NS-EN 12385.

Smeltepunkt PVC: ca. 100 grader.



Art.nr	Diameter Ø Wire / Utv. mm	Stål areal mm ²	PVC farge	Min bruddlast		Vekt kg/ 100m
				1770 N/mm ² kN	180 kp/mm ² kp	
99.NO2620460500	2 / 3	1,48	transp	2,35	240	1,6
99.NO2620461000	3 / 5	3,76	transp	5,29	539	3,7

Figur 14: PVC-kledd ståltau med kjerne i fiber

Foreløpig vaiervalg ligger på en 5mm pvc-belagt stålvaier. Vaieren må være pvc-belagt for å minske friksjonskraften som virker mot røret. En annen fordel ved lavere friksjonskoeffisient er at snordraget er direkte avhengig av friksjonen. Snordraget er viktig for både tåleevnen til vaieren og dimensjonering av vinsj. Snordraget lar seg ikke nøyaktig regne ut uten fullstendig oversikt over rørgatens svinger og innsnevring. Inntil disse opplysningene er kjent, vil det kun foretas omtrentlige utregninger.

Matesystem

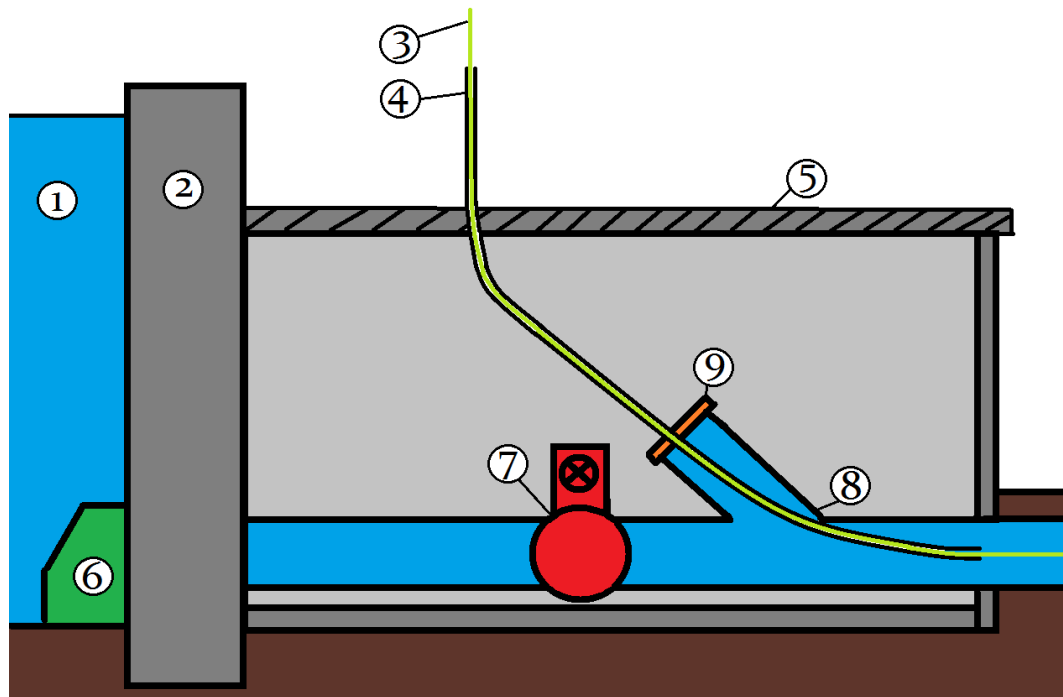
Renseenheten må innføres ved demningshuset. Dette fører til flere utfordringer.

Innføring og uttagning av renseenhet: Matesystemet skal bygge på eksisterende Y-stuss, som per dags dato tillater nedføring av skumpropp i dimensjon Ø350 L800 (mm).

Opptak av krefter fra vaier: Vaieren må endre retning fra rørgaten til vinsjen, noe som fører til kraftkomponenter i andre retninger enn langs vaieren.

Forhindre større vannlekkasje i ventilhus: Vannivået i reservoaret varierer, men ligger i snitt ca. 3-4 meter over senterlinjen til rørseksjonen inne i huset. Det er derfor ønskelig at vaier føres i rør til over vannlinjen for å unngå lekkasje av store mengder vann

inne i huset.



Figur 15: Skisse av demningshuset på Fønhus.

Forklaring: (1):Reservoar, (2):Demning, (3):Vaier, (4):Føringsrør, (5): Betongtak, (6): Inntaksrist, (7): Øvre hovedventil, (8): Y-stuss, (9): Lokk med gjennomføring.

Gruppen kommer ikke til å prototype matesystemet ved første iterasjon.

Funksjonsoversikt

Modularitet

1. iterasjon av konsept 2 bør være så modulær som mulig med hensyn til testing. Med modularitet kan gruppen teste flere variabler fysisk. Variabler som kan testet er forskjellig børstelengde, pitch og fjærstivhet. Dette gjør det lettere for gruppen å dra nytte av prototypeprosessen. Gruppen kan ved hjelp av forskjellige konfigurasjoner finne den beste kombinasjonen av variabler for formålet. Modularitet er også listet som et delkrav for å muliggjøre bruk i forskjellige kraftverk.

Materialer

Polyoxymetylen

Det er besluttet å bruke POM til konstruksjon av børster og i første omgang propellen. POM er en såkalt termoplast og har flere fordeler til vårt formål.

Polyoxymetylen har en veldig lav friksjonskoeffisient og egner seg godt til konstruksjon av børstene da disse vil komme i kontakt med rørgaten. POM lar seg maskinere med skarpt verktøy samtidig som et relativt lavt smeltepunkt gjør at det er lett å forme materialet ved hjelp av bøying.

Andre fordeler ved POM er at prosjektgruppen har tilgang på materiale uten behov for bestillinger og leveringstid.

Stål

Rammedelene i første iterasjon er laget av konstruksjonsstål på grunn av tilgang på enkelt maskineringsutstyr og tilgjengelighet til material. Ståletkonstruksjoner tåler også veldig mye, og det blir derfor mindre jobb med dimensjonering. Ulempen med stål er høy vekt.

Kostnadsoverslag for prototype renseenhet

Enhet	Enhetspris	Antall	Leverandør	Innkjøpt
FStål 20x20x2	22,-(kr/m)	0,5 (m)	Norsk Stål	nei
FStål30x30x2	37,-(Kr/m)	0,4 (m)	Norsk Stål	nei
Stålrør 26x2	30,-(kr/m)	0,6 (m)	Norsk Stål	nei
POM plate 10x220x1800	100,- (kr/stk)	1	Ukjent	nei
Assorterte festartikler	500,- (kr/kg)	0,2 (kg)	Swedol	nei
Bust	200,- (kr/stk)	2 (stk)	Swedol	ja
Rørstuss	400,- (kr/stk)	1 (stk)	Hallingplast	ja
Fjær	30,- (kr/stk)	4 (stk)	Ukjent	nei

Tidslinje for prototypeutvikling av RE

- **Iterasjon 1**

- Utvikling av Mk. 1 starter 2. mars. TRL blir vurdert å være 0.
- Preliminær CFD av modell antyder potensiale. TRL -> 1
- Konstruksjon av første prototype ble påbegynt 8. april.
- Det ble besluttet å bruke stål til turbinbladene på grunn av tidsbesparelser og tilgjengelig maskineringsutstyr.
- RE Mk. 1 ble ferdigkonstruert mandag 18. april
- Test av Mk. 1 ble gjennomført onsdag 20. april

- **Iterasjon 2**

- RE Mk. 2 ble ferdigstilt 1. mai
- Test av Mk. 2 ble gjennomført 2. mai. Ingen rotasjon, feilinnstilt prototype. manglende strøm på GoPro.
- Ny test av Mk. 2 ble gjennomført 4. mai. Første test med rotasjon. TRL 3 oppnådd.

- **Iterasjon 3**

- Utvikling av mer effektive turbinblader blir påbegynt.

Iterasjon 1

Iterasjon 1 omfatter planleggingen og konstruksjonen av Mk. 1 prototypen av RE som beskrevet til nå i dette dokumentet. Denne perioden spenner fra 2. mars til 20. april. Prototypen ble bygget etter CAD-genererte tegninger fra modell avbildet i fig 2 til og med 4, bare med festeører for strekkfjærer.

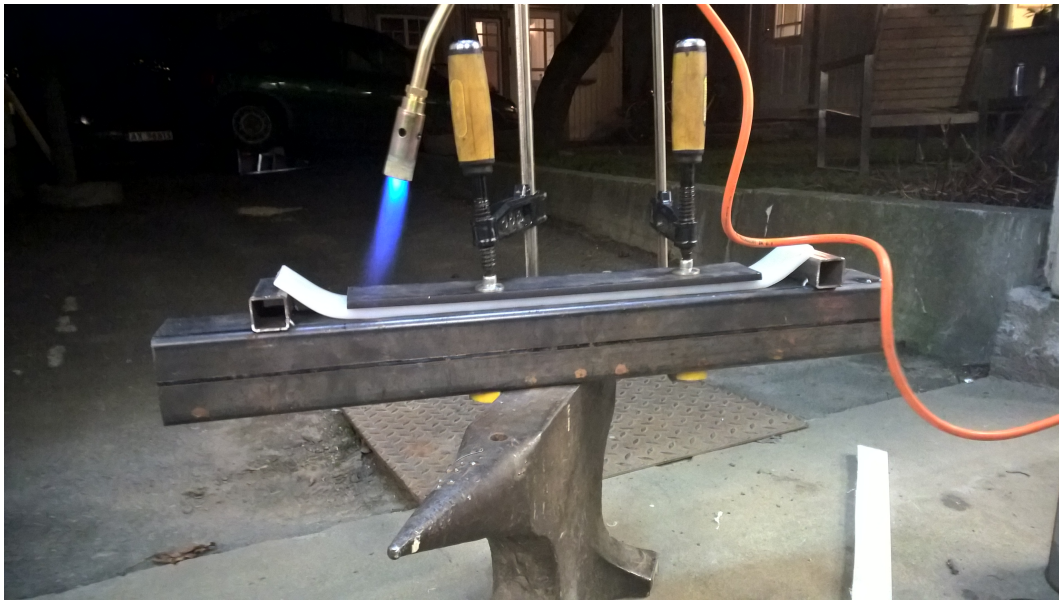
Konstruksjon



Figur 16: Påbegynt arbeid på RE Mk. 1



Figur 17: Påbegynt sveisearbeid på RE Mk. 1



Figur 18: "Ski" i POM termoplast blir varmet opp og gitt endelig form. Disse (4stk) fikk senere hull og pålimt piasavabust



Figur 19: Påbegynt arbeide på RE Mk. 1

Test 20. april

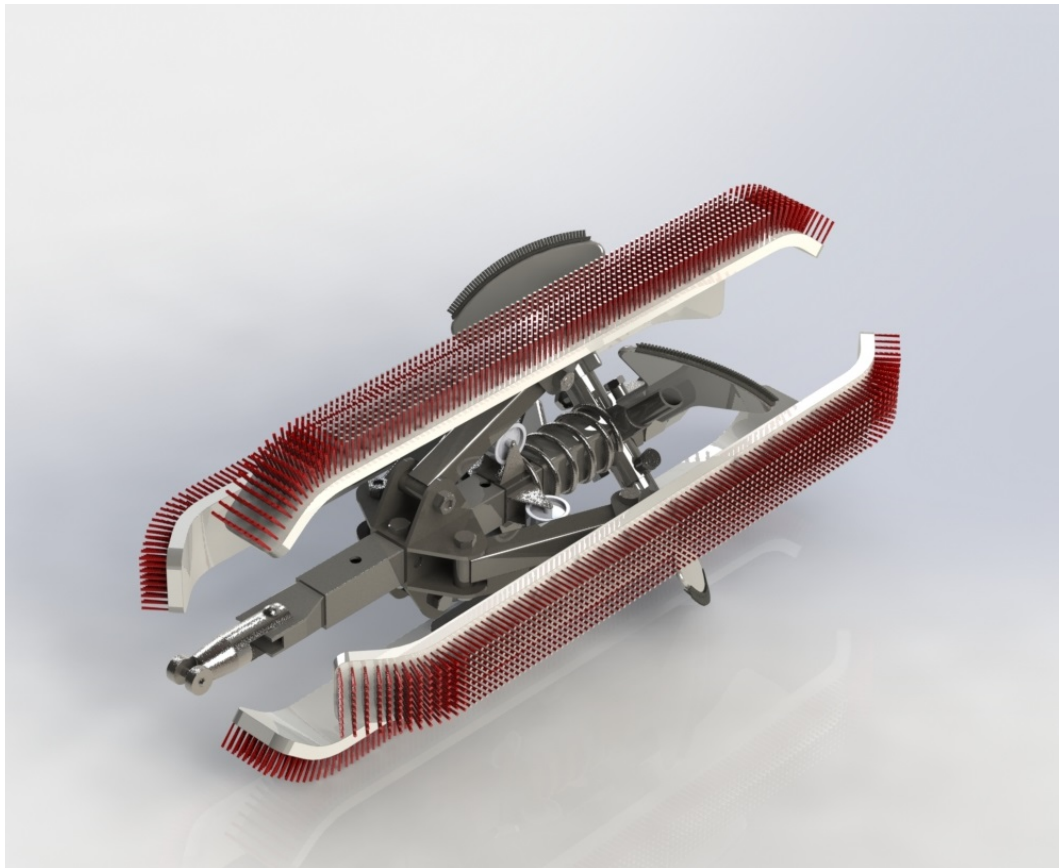
For en utfyllende beskrivelse av denne testen, se eget testdokument.

Det ble konkludert med at testen feilet av to årsaker: 1. at fjærsystemet i utilstrekkelig grad greide å sentrere RE i røret under testing, og at dette 2. førte til kontakt mellom blader og røret (bladene var heller ikke tilstrekkelig sikret for dette ie. de var udekkede og i stål), noe som forårsaket låsning.



Figur 20: Fjærsystem på MK1 med strekkfjærer ses tydelig på dette bildet, hvis en ser nøye etter kan man også se de udekkede turbinbladene

Iterasjon 2



Figur 21: Render av CAD modell for RE Mk. 2

For å utbedre feil avdekket av første test ble det konkludert at fjærsystemet måtte redesignes fra grunnen av. Konseptet med fjærer på individuelle børstearmer ble forkastet og erstattet med et sentralt system som virker på alle armer. Denne endringen medfører også beklageligvis at tidligere nevnte modularitet i stor grad bortfaller.

Fjærsystem

Ikke ulikt systemet vist i den første konseptutredningen (konsept 2), består det nye systemet av en enkelt fjær om midtstaget, som påfører trykk via en glidende brakett med påmonterte hjul. Dette fører til at armene i liten grad kan komprimeres uavhengig av hverandre, noe som muligens kan by på problemer i et endelig produkt, men som for konsepttesting er hensiktsmessig da det sikrer sentrering og gjør justering enklere. Denne endringen fører også prototypen nærmere den originale inspirasjonen til prosjektet, se fig. 21.



Figur 22: Typisk honeverktøy for å slipe sylindre i forbrenningsmotorer.

Fjærene er festet slik at de lar seg stramme med en mutter i enden. Dette gir gode muligheter for å teste med variert fjærtrykk. Bak justeringsmutteren er det brukt en kontramutter for låsing.

Fjæren brukt til prototypen i iterasjon 2 er en modifisert fortøyningsfjær med 40 mm indre diameter. Denne ble valgt på grunn av riktig størrelse i forhold til midtstaget, samt pris, tilgjengelighet og fjærstivhet.



Figur 23: Fjærsystem og modifiserte blader på RE Mk. 2

Turbinblader

For å motvirke tendensen bladene har til å komme i kontakt med rørveggen ble bladene kuttet av med 10 mm rundt randen, og påført en børsteprofil, slik at selv om det skulle

oppstå kontakt så ville friksjonen være minimal, se Fig 23.

Turbinbladene blir redesignet og får en myk, fleksibel profilbust i endene for å unngå fastkiling. Denne busten er originalt tiltenkt brukt i munnstykket på en industristøvsuger.

Test 2. mai

Test av RE Mk. 2 ble gjennomført, uten at rotasjon ble oppnådd. På den aktuelle dagen hadde gruppen ingen mulighet til å verifisere rotasjon før etter gjennomføringen. Testen måtte avsluttes prematurt da det GoPro kameraet gruppen bruker til å overse RE under vann, gikk tomt for batteri. Rotasjon ble ikke oppnådd fordi RE var stilt inn med for høyt fjærtrykk.

Test 4. mai

For å fullføre den misslykkede testen, ble det arrangert en båttest til to dager etter, uten modifiseringer på RE utover at fjærtrykket ble justert ned. Denne gangen oppnådde RE en rotasjon i størrelsesorden 25-30 RPM i vannstrømningshastighet lavere enn det i rørgaten. Gruppen anser konseptet som funksjonelt demonstrert, TRL = 3, TRL = 2 ses bort ifra, da prototype er fullskala og fungerer.

Iterasjon 3

Selv om rotasjon ble oppnådd under test 4. mai, var denne noe i underkant av hva gruppen anser som nødvendig for systemet (60-70 RPM). Fokuset for iterasjon 3 er dermed å hente ut mer torsjon fra turbinbladløsning.

For å oppnå dette ble det konstruert flere nye blader i SolidWorks, som vi deretter testet mot referansebladene under like forutsetninger (altså identisk test-setup) i SW FlowSimulation.

Et annet område med åpenbart forbedringspotensiale er sjakkelen (festeemnet mellom vaier og RE). Enheten brukt i prototypen nå har åpenbare svakheter da denne er uten noen form for friksjonsreducerende lager (ie. kulelager eller nålelager i polymer). I en endelig versjon representerer også nåværende komponent en betydelig svakhet i konstruksjonen, da hele festet består av en skrue med Ø 6 mm. Dette er tilstrekkelig for testing, men anses som utilstrekkelig i et endelig produkt.

Friksjonstest av vaier:

For å få mer innsikt i tidligere nevnte problemstilling vedr. friksjon i rørbend, har gruppen gjennomført tester for å måle friksjonen. Se eget dokument (friksjonsbetraktninger).

Fjærbetraktninger

En viktig del av prosjektet er at systemet skal være kompatibelt med varierende rørdiameter. Nedenfor har gruppen laget en tilnærming for beregning av fjærkraft og børs-tetrykk ved varierende rørdiameter.

Vinkler og nødvendig vandring

I kravspesifikasjonen står det at rensenheten skal fungere i rør med indre diameter fra 340mm til 280 mm. Med nåværende løsning(iterasjon 2) kan man finne nødvendige fjærvandringa.

Vi regner med 30mm senterstag, og 40 mm Bust. Da blir nødvendig vertikal høyde fra midtstaget og opp til skia

$$H = 340/2 - 40 - 15 = 115mm \quad (5)$$

Og ved diameter 280mm

$$H = 280/2 - 40 - 15 = 85mm \quad (6)$$

Vinklene ved de to innstillingene blir dermed

$$\sin^{-1}(b/130) = \theta \quad (7)$$

↓

$$\sin^{-1}(115/130) \approx 62.2^\circ \quad (8)$$

og

$$\sin^{-1}(85/130) \approx 40.8^\circ \quad (9)$$

På nåværende prototype bygger hjulene 40mm opp fra senterstaget, vi kan bruke dette sammen med vinklene for å finne den nødvendige vandringen.

pytagoras for stilling 1 blir $a^2 + b^2 = c^2$ hvor $a = 115mm$ og $c = 130mm$. Derfor blir $b = \sqrt{c^2 - a^2} \approx 60.6mm$

pytagoras for stilling 2 blir $a^2 + b^2 = c^2$ hvor $a = 85mm$ og $c = 130mm$. Derfor blir $b = \sqrt{c^2 - a^2} \approx 98.4mm$

Med enkle trigonometribetraktninger kan vi finne den nødvendige lengden fra festet til armen med de forskjellige vinklene.

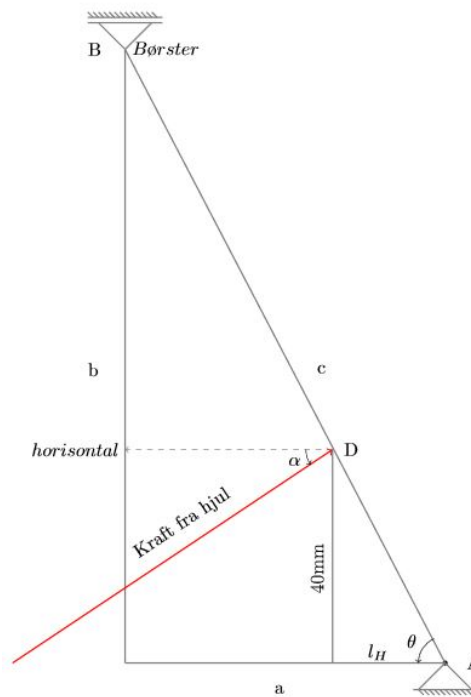
$$\frac{40}{\tan(\theta)} = l_h \quad (10)$$

$$\frac{40}{\tan(62.2^\circ)} = 21.1\text{mm} \quad (11)$$

og

$$\frac{40}{\tan(40.8^\circ)} = 47.33\text{mm} \quad (12)$$

Den nødvendige vandringer blir dermed $47.33\text{mm} - 21.1\text{mm} = 26.23\text{mm}$



Figur 24: Geometriske sammenhenger

Fjærberegninger

Nedenfor bruker vi likevektsbetraktninger for å finne forholdet mellom fjærtrykk og børstetrykk. Vi regner børsten som et glidelager som kun tar opp krefter i y-retning. Kraften fra hjulet og opp mot armen vil på grunn av hjulets form alltid virke normalt på armen.

Normalen fra armen er definert ved $\tan^{-1} \frac{l_H}{40}$

↓

$$\tan^{-1}(21.1/40) = 27.8^\circ = \text{Normal}_1 \quad (13)$$

$$\tan^{-1}(47.33/40) = 49.8^\circ = \text{Normal}_2 \quad (14)$$

Vi finner nå forholdet mellom Børstekraften og normalkraften fra hjulet.

$$\curvearrowright \sum M_A = 0 \quad (15)$$

$$\curvearrowright \sum M_A = 0 = -F_B * b + F_D * \sin \alpha * l_H + F_D * \cos \alpha * 40mm \quad (16)$$

↓

$$F_D(L_H * \sin \alpha + 40mm * \cos \alpha) = F_B * l \quad (17)$$

↓

$$F_D = \frac{F_B * l}{l_h * \sin(\alpha) + 40mm * \cos \alpha} \quad (18)$$

Denne ligningen kan vi også løse med hensyn på børstetrykket F_B

$$F_B = \frac{F_D(l_h * \sin \alpha) * 40mm * F_D * \cos \alpha}{l} \quad (19)$$

hvor l = lengden til punkt B

L_H = lengden ut til hjulet

α = vinkelen mellom normalen og horisontalen.

Hvis vi ønsker å påføre rørgaten en kraft på 1kg per børsteski trenger man i følge ligning 17, 13.4 N fra hjulet.

Fjæren virker på 4 hjul samtidig, og treffer alltid i armens normalvinkel. Ligningen for kraften som treffer armen blir derfor:

$$F_D = \frac{K * x}{4 \cos \alpha} \quad (20)$$

$$K * x = 4F \cos \alpha = 47.4N \quad (21)$$

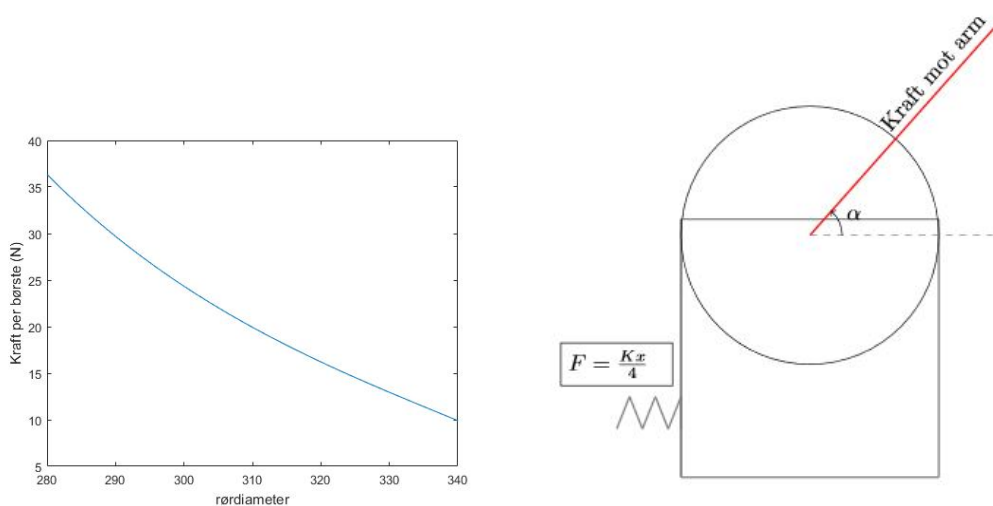
Da må vi finne et kompromiss mellom Fjærstivhet K og innstramming x for 47.4N

Vi velger en fjær med fjærkonstant = $4.2N/mm^2$. Da trenger vi en innstramming $\frac{47.4N}{4.2N/mm} = 11.2mm$

Compression Spring Dimensions (mm.)	
TSS Part# (in inches)	PC168-2468-6.000-MW-3.750-CG-Z-IN
TSS Part# (in metric)	PC4300-62690-6.000-MW-95.300-CG-Z-MM
A Outer Diameter (mm.)	62.6872
B Inner Diameter (mm.)	54.1528
C Free Length (mm.)	95.25
D Solid Height (mm.)	25.654
E Wire Diameter (mm.)	4.2672
F Total Coils	6.000
Rate (N./mm.)	4.20304404
Sugg. Max. Load (N.)	262.4450744
Sugg. Max. Defl. (mm.)	63.5

Figur 25: <http://www.thespringstore.com/pc168-2468-6-00-spr-3-750-cg-z-in.html>

Med den nødvendige fjærvandringa får vi fjærbelastninga $K(\Delta l h + 11.2) = K(26.3 + 11.2) = 157.5\text{ N}$. med total vandring 37.5 mm. Dette ligger innenfor de anbefalte verdiene til den valgte fjæren. Figuren under viser Matlab-plot av børstetrykket i de aktuelle rørdiameterene.



Figur 26: Venstre: børstetrykk i forhold til rørdiameter. høyre: kraftretning

Oppsummering og konklusjon

Prosjektet har i skrivende stund (20/05-16) nådd et punkt hvor det ikke er mer tid til utvikling. I den anledning er det hensiktsmessig å oppsummere arbeidet utført innen mekanisk design, og sammenligne dette med initielle målsetninger.

For en mer generell og helhetlig oppsummering av arbeid utført for prosjektet, se ”Slutt-dokument”.

Renseenhet (RE)

- **Iterasjon 1:**
 - **Forberedelser:**
 - **Prototype Mk. 1:** Gruppen analyserte problemstillingen og utviklet, konstruerte og testet en fullskala prototype av renseenhet, TRL = 1
 - **Fysisk test av RE Mk. 1** Var ikke en suksess og avdekket flere feil (se eget dokument ”Fysisk test av RE 1”).
- **Iterasjon 2:**
 - **Prototype Mk2:** Problemstilling avdekket i første test førte til at fjærsystemet og turbinassembly ble omgjort fra grunnen av.
 - **Fysisk test av RE Mk. 2** Prototype oppnådde rotasjon, og har TRL = 3. forbedringspotensiale ble kartlagt (se eget dokument ”Fysisk test av RE 2”).
 - **FEM analyse av RE Mk. 2** Prototype ble testet for fysiske påkjenninger (se eget dokument ”FEM-analyse”).
- **Iterasjon 3:**
 - **Prototype Mk3:** Tredje iterasjon fokuserte på optimalisering av turbinblader. Dette arbeidet ble i sin helhet utført i CFD (se ”CFD Iterasjon 3”).
 - **Fjærberegninger** En bedre teoretisk tilnærming til fjærkrefter i eksisterende fjærsystem ble laget (se seksjon ”Fjærbetraktninger”).

Vaier:

- **Friksjonstest** Det ble utført en serie tester for å kartlegge friksjonskoeffisient mellom vaier og rørgate. (se eget dokument ”Friksjonsbetraktninger”).
- **Friksjonslast i rørgate:** Det ble laget en modell, samt et overslag for maks vaierlast i rørgate (se seksjon ”Vaier”).

Potensiell videre utvikling

Dersom gruppen skulle fortsatt utviklingen av prosjektet utover dens definerte tidsramme, hadde det vært utviklingspotensiale for alle undersystemer.

Gruppen har i stor grad fokusert på renseenhet og vaier/friksjonsproblematikk, mens det tredje mindre undersystemet under mekanisk design, matesystemet, aldri kom forbi konseptstadiet. Dette undersystemet er relativt sett svært lite, men likevel en viktig del av helheten.

Renseenhet har gjenstående arbeid ift. optimalisering av turbinsystem og vektreduksjon. Gruppen har heller ikke fått testet RE mot fastsettelsesproblematikk i rørbender, et arbeid som må gjøres dersom systemet i en eller annen fremtidig form skal rense en rørgate.

Vaiervalget gruppen foretok tentativt for flere måneder siden har holdt seg ganske godt ift. gitte krav, men som det ble avdekket under friksjonstesting, er kledningen til denne muligens for lite motstandsdyktig mot slitasje. Problemstillingen gruppen har undersøkt i denne delen gjelder likevel for alle vaiere, og lærdommen kan brukes videre.

Referanser

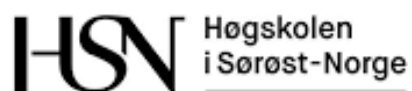
- [1] Kompresjonsfjær, www.thespringstore.com, 19.05.2016
- [2] PVC-belagt ståltau, www.haug.no, 27.03.2016
- [3] Inspeksjon av ikke-piggbare rørledninger, Solli Maria, Universitetet i stanvanger, 2015
- [4] Prisliste, Norsk stål, www.norskstaal.no, 28.03.2016
- [5] Innføring i fluidmekanikk, Bjørn Gjevik, 2014
- [6] Dahlvig, S Christensen, G Strømsnes, Konstruksjonselementer 2. utgave

Fysisk test 1 av RE

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Lars Berg
Truls Einen
22/05 2016
Version 1.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
0.1	04/04 2016	Lars Berg	Opprettet
1.0	22/05 2016	Lars Berg	Publisert

Sammendrag

Dette dokumentet beskriver forberedelser, gjennomføring og resultat av test av rense-enhet 20/4 2016.

Innhold

Sammendrag	1
Figurer	2
Innledning	3
Mål	3
Renseenhet RE1	3
Oppsett	3
Testtrigg	4
Båt	4
Måleinstrumenter	5
Flygel	5
Vekt	7
Renseenhet	7
GoPro	8
Metode	8
Resultater	8
Feilkilder	9
Konklusjon	10
Referanser	11

Figurer

1	Prinsippillustrasjon av test	4
2	Båt	5
3	Truls og Lars på besøk hos NVE på Majorstuen 5. mai, hvor vi fikk en kort demonstrasjon av flyglens funksjon og bruksmåte.	6
4	Viltvekt fra Biltema	7
5	Renseenhet og måleutstyr	7
6	Bilde fra innsiden	9
7	laminær fullt utviklet strømningsprofil i rør	9
8	Utviklingen av laminær rørstrøm som funksjon av lengde fra inntaket	10

Innledning

Første utviklingsiterasjon av renseenhet ble påbegynt tidlig i mars, og kuliminerte i en fullskala prototype for test i simulert rørstrøm. Hensikten med forsøket var å demonstrere konseptet og måle viktige driftsparametere. For å oppnå dette ble det også bygget et system for testing (heretter testtrigg"). Prototypen og dermed også rørets størrelse stiller høye krav til vannmengden som trengs for å gjennomføre testen, de mest realistiske alternativene var enten skipsmodelltank eller test i sjøen. Gruppen valgte sistnevnte.

Mål

Testen hadde følgende hovedmål:

- **COP:** Teste at RE roterer i simulert rørstrøm
- **Rotasjon:** Måle rotasjonen til RE som følge av denne
- **Last:** Måle snordraget påført vaier
- **Strømningstilstand:** Måle rørstrømmen i røret og sette denne i sammenheng med overnevnte faktorer.
- **Praksis vs. teori:** Sammenligne observerte resultater med teoretiske tilnærminger.
- **Testtrigg:** Teste at denne fungerer tilstrekkelig.

Renseenhet RE1

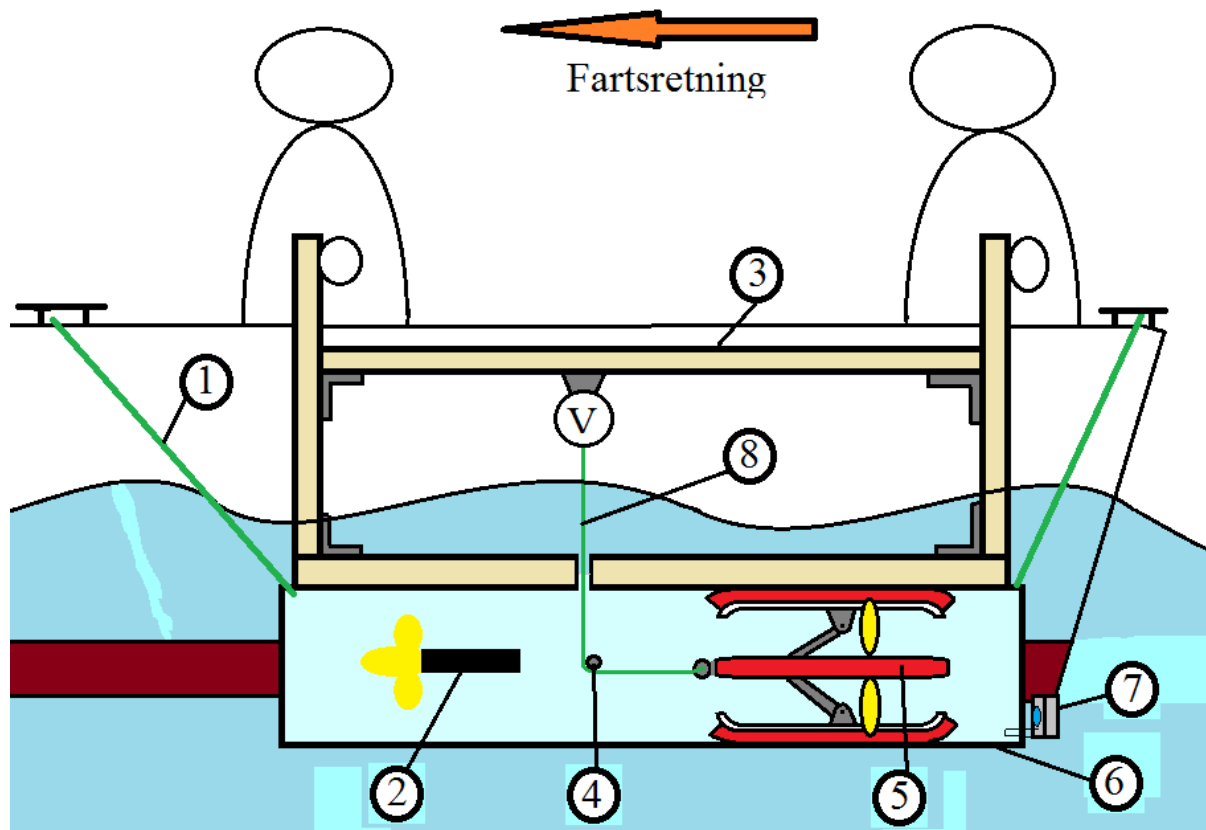
For en detaljert innføring i utviklingen og funksjonaliteten til denne prototypen, se eget designdokument.

Oppsett

Enkelt beskrevet består testen av en rørstuss på 190 cm med ytre/indre diameter 315/295 mm i tilsvarende materiale som bruk ved Fønhus. RE monteres inne i denne, før alt sammen senkes ned i vann fra en båt, som beveger seg fremover. RE kan fritt bevege seg i røret, men er festet i en vaier som holder den igjen. Vaieren er tilkoblet en vekt, som tillater måling av snordrag. For å måle strømningshastigheten i røret er det montert et såkalt flygel i forkant av RE (se avsnitt flygel"). I tillegg er det montert et flygel på utsiden av røret, slik at fri vannstrøm kan sammenlignes med rørstrømmen. I rørets bakre ende har gruppen montert et GoPro kamera som filmer RE bakfra. RE har referansemaling på ett av drivbladene som gjør det mulig å manuelt telle omdreininger. Når tiden er kjent kan gruppen dermed finne REs turtall. Rørstussen er forankret i begge ender med flytetau, samt holdt ned i vannet manuelt av gruppemedlemmer via en stiv

ramme i treværk. Begge flyglene er tilkoblet måleinstrumenter som kontinuerlig avleses av et gruppemedlem. Under planleggingen av testen ble det etterhvert klart at testriggen konstituerer et system i seg selv, mer om dette i eget avsnitt.

Testrigg



Figur 1: Testrigg tauet fra siden av en båt. 1: fortøyning (forut og akter), 2: Flygel (avbildet er propellvarianten), 3: Ramme for rørstuss, 4: Trinse på gjengestang, 5: RE, 6: PE-rør Ø315mm, 7: GoPro-kamera, 8: Vaier mellom vekt og RE, V: Vekt for måling av last.

Båt

Båten som ble brukt til testen var en Arvor 215. Båten har et stort akterdekk som muliggjorde frakting av testriggen. Sammen med utvendig styreposisjon, fikk man god plass og kontroll til å utføre testen.



Figur 2: Venstre: Montering av utstyr på akterdekk, høyre: Arvor215

Måleinstrumenter

Flygel

For å måle strømningshastighet tok gruppen kontakt med NVE (Norges Vassdrags- og energidirektorat) for lån av instrumenter. Gruppen fikk låne to stk. flygel, en som gjør bruk av turbin og en EM-måler.



EM-flygel og turbinflygel, til venstre og høyre respektivt, tilsvarende de brukt i testen.

Førstnevnte gjør bruk av en liten propell som roterer i vannstrømmen og som slutter i kontakt f.eks. for hver 50. omdreining. Antall impulser og tidsrommet for målingen

gir data for å beregne vannhastigheten, idet instrumentet på forhånd er kalibrert ved at det med kjente hastigheter er ført gjennom stillestående vann.

EM-flygelet gjør bruk av Faradays lov om elektromagnetisk induksjon til å beregne strømningshastighet. Når en leder (vann) beveger seg gjennom et elektromagnetisk felt (aktivt generert av flygelet) genereres det en spenning som måles av en sensor på instrumentet.



Figur 3: Truls og Lars på besøk hos NVE på Majorstuen 5. mai, hvor vi fikk en kort demonstrasjon av flyglens funksjon og bruksmåte.

Vekt



Figur 4: Viltvekt fra Biltema

For å måle snordraget i vaier fra RE har gruppen tatt i bruk en viltvekt fra biltema med kapasitet på 200 kg, og toleranse på 1 kg.

Renseenhet



Figur 5: Renseenhet og måleutstyr

GoPro

Å måle RE vha. sensor er ansett som upraktisk da børsten roterer fritt, og sleping/system tilsvarende det bruk i turbinflygelet ville tatt tid og energi å implementere. Gruppen har derfor montert en GoPro samt en lommelykt i bakre ende av rørstussen (vendt fremover) med den hensikt å filme rotasjon, og telle antall omdreininger over et tidsrom. Denne fremgangsmåten har den hendige bonusen at den forhåpentligvis gir gruppen videomateriale som senere kan brukes i presentasjonssammenheng.

Metode

Gruppen kjørte båten til en vik i le for vær og vind. Deretter ble GoPro-kameraet samt en stoppeklokke startet samtidig, før testtrigg med renser ble senket ned i vannet. Båten ble så satt i gir og akselerert sakte fremover til den nådde en konstant fart. Måleinstrumentene var satt til å samle målinger over en periode på 45 sekunder for så å utregne et gjennomsnitt. Den kunne også levere et øyeblikksresultat. Målinger ble notert sammen med avlesninger av vekt og notert. Alle målemidler er synkronisert slik at de senere kan samkjøres.

Resultater

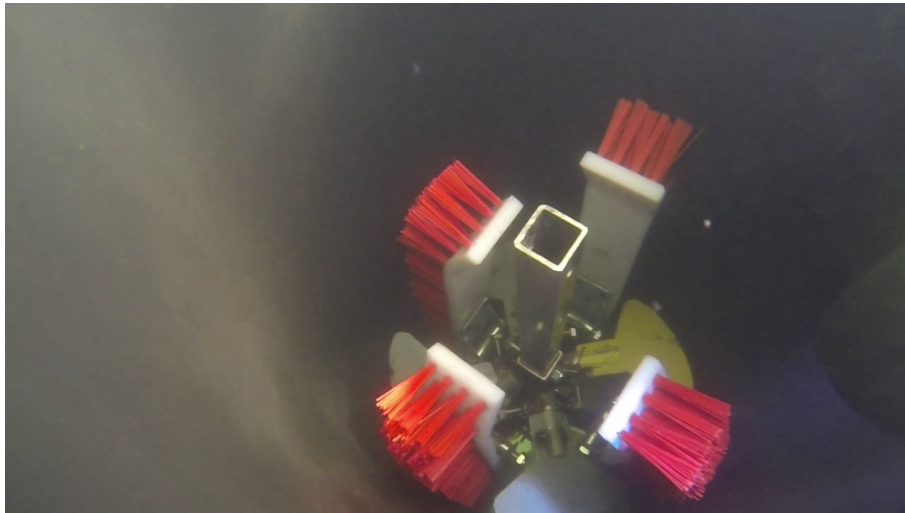
På den aktuelle dagen gikk det med mye tid til montering av deler, oppsett, problemløsning o.l. Gruppen måtte også kjøre båten til et egnet sted med stille vann, og prøve seg frem.

Testtrigg oppførte seg slik at testing var lett å gjennomføre, og må som sådan betraktes som en suksess; den var enkel å holde tilstrekkelig langt ned i vannet, den var ikke for tung å holde (rep forankret i båt tok det aller meste), og ga gode muligheter for avlesning av måleutstyr. Avleste verdier finnes i tabell nedenfor.

Forsøk	Vekt(kg)	intern (m/s)	ekstern(m/s)	RPM
1	10	0.6	0.285	0
2	13	0.741	0.324	0
3	18	0.737	0.347	0

Bilder fra innsiden av røret viser derimot at renseenheten ikke klarte å sentrere seg, og dermed kilte seg fast i siden av røret. Dette kommer tydelig frem på bildet nedenfor.

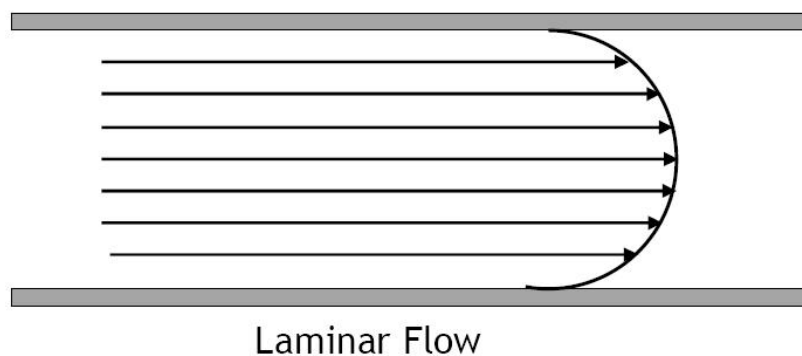
Dessverre var dette ukjent for gruppen når testen pågikk (videomateriale ble først tilgjengelig tilbake på land



Figur 6: Bilde fra innsiden

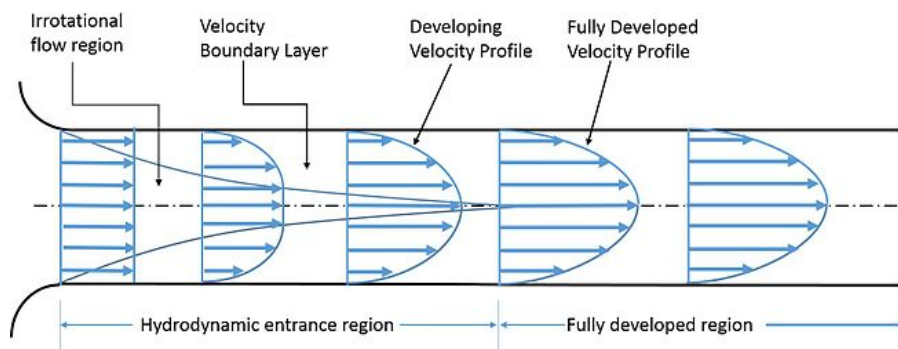
Det er flere faktorer som bidro til fastsetting av renseenheten. Den mest åpenbare faktoren er at fjærtrykket var for lite eller ujevnt fordelt for å holde renseren sentrert i røret. En annen faktor var for store propellblader. For å forbedre dette ble propellbladene kuttet ned med vinkelsliper rett før testen ble gjennomført. Dette fungerte ikke som tiltenkt da vi ikke kuttet tilstrekkelig, samt at kantene ble mye skarpere enn originalt. En annen faktor som kan ha spilt inn er løsningen til feste av vaier på renseenheten. Denne løsningen var ikke låst i alle retninger og kan ha bidratt til at renseenheten ikke har blitt sentrert. Et annet problem med festeløsningen er at den led av høy friksjon mot rotasjon med last.

Feilkilder



Figur 7: laminær fullt utviklet strømningsprofil i rør

Måleinstrumenter er begge beregnet på fri strøm. Strømningstilstanden i røret er antatt laminær og får derfor en parabolisk strømningsprofil. Dette tar ikke måleinstrumentene våre høyde for. Vannet vi fører testtrigg gjennom er også i bevegelse, noe som vil gi en viss variasjon ved inntaket.



Figur 8: Utviklingen av laminær rørstrøm som funksjon av lengde fra inntaket

Det er også for øyeblikket ukjent om røret forut for det interne flygelet er tilstrekkelig langt til at strømningstilstanden rekker å utvikle seg fullstendig, evt. grad av utvikling. Dette må beregnes nøyere.

Vekten har en toleranse oppgitt av biltema på 1 kg. Usikkerheten på toleransen vites ikke. Gruppen innser at det her med fordel kunne blitt brukt en mindre og mer nøyaktig vekt.

Vekten og renseenhet er koblet via en improvisert trinse, forenklet som friksjonsløs. Lasten er derfor noe lavere enn målt, akkurat hvor mye er usikkert. Siden RE ikke greide å sentrere seg skikkelig i røret kan denne trinsen også ha forskjøvet seg da den manglet låsing i gjengestagets lengderetning.

Konklusjon

Etter et noe negativt resultat har gruppen fortsatt håp for løsningen. Gruppen har utviklet en god test som lett kan gjentas med en videreutviklet prototype. Resultatene og bildene fra testen gir gruppen gode svar på hva som må forbedres. Disse resultatene legger føring for neste designiterasjon.

Hovedfokuset for neste iterasjon blir å forbedre fjærløsningen (lage de langt stivere, og mer justerbare), lage nye bedre tilpassede propellblader i POM, og forbedre festeanordningen. Alt i alt har testen vært vellykket med tanke på grunnlaget testen har gitt oss for neste designiterasjon og videre testing.

Det skal også nevnes at vaierlasten oppførte seg nogenlunde i tråd med resultater fra statisk simulering i SW FlowSimulation.

Referanser

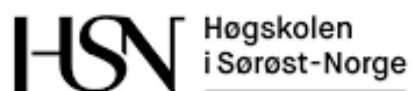
- [1] Vannføringsmåling, store norske leksikon, www.snl.no , (10.05.2016)
- [2] Vannføringsmåler, Valeport , www.valeport.co.uk (10/5 2016)
- [3] Viltvekt fra biltema, www.biltema.no (10/5 2016)
- [4] Beskrivelse av PE-rør, hallingplast, www.hallingplast.no (10/5 2016)
- [5] Faradays induksjonslov, wikipedia, www.wikipedia.no (4/5-2015)
- [6] <http://physics.stackexchange.com/questions/98608/shape-of-the-flow-head-in-laminar-flow-in-pipe> (4/5 2016)

Fysisk test 2 av RE

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Lars Berg
Truls Einen
22/05 2016
Version 1.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
0.1	05/05 2016	Lars Berg	Opprettet
1.0	22/05 2016	Lars Berg	Publisert

1 Sammendrag

Denne serien av tester ble gjennomført over to dager, men med identisk metode og versjon av RE. For beskrivelse av testtrigg og måleutstyr se "fysisk test 1" dokumentet, for beskrivelse av RE Mk. 2 brukt i denne testen se "mekanisk design" dokument.

Resultater

Mandag 2. mai

Forsøk	tid	Last(kg)	V_i (m/s)	V_e (m/s)	RPM	$V_{\text{Båt}}$ (knop)	bladvinkel
1	12.57	?	0.73	0.3	0	?	45°
2	15.45	12	1.08	0.4	0	5	45°
3	18.10	18	1.36	0.52	0	5.2	45°
4	25.30	24	1.55	0.555	0	6.2	45°
5	27.45	26	1.63	0.596	0	6.2	45°
Ny video							
6	06.30	6	0.658	0.284	0	3	62°
7	08.10	28	1.344	0.518	0	5.9	62°
8	10.30	27	1.343	0.574	0	6.1	62°
9	12.55	30	1.353	0.569	0	6.1	62°

Hvor V_i er intern strømhastighet, V_e ekstern, og $V_{\text{Båt}}$ er farten til båten.

Det skal bemerkes at for denne testen ble det ikke oppnådd rotasjon, pga for høyt fjærtrykk. Gruppen fikk ikke justert og testet for dette da GoPro gikk tom for strøm.

Onsdag 4. mai

Forsøk	tid	Last(kg)	V_i (m/s)	V_e (m/s)	RPM	$V_{B\hat{a}t}$ (knop)	bladvinkel
1	04:05	8	0.622	0.282	0	3.4	45°
2	06:05	45	1.626	0.478	25.0	6.6	45°
Ny video (Nr. 15)							
3	5.55	8	1.054	0.293	ca. 2*	3.5	32°
4	8.05	26	1.604	0.433	21.5	5.5	32°
5	10.45	24	1.659	0.459	26.1	6.4	32°
Ny video (Nr. 16)							
6	1.55	46	1.456	0.506	18.7	6.0	60°
7	6.30	36	1.337	0.416	19.3	5.4	60°

* Kommentar: når en ser mangelen på rotasjon i sammenheng med den lave lasten, mistenker gruppen at RE her har satt seg fast på en eller annen måte.

Observasjoner

Til denne testen er det en del usikkerhetsmomenter. Båten er utstyrt med en GPS plotter som angir hastighet (som gruppen stoler på), uten at dette gir oss noen bedre bilde av relativ hastighet med vannet (som lever sitt eget liv). Det var derfor testtrigg ble utstyrt med en ekstern måler.

Ekstern måler rapporterer resultater så lavt som 0,48 m/s mens båten beveger seg i 6,5 knop (3,44 m/s) i det gruppen anser som relativt stille vann, og mangler således troverdighet. Gruppen antar at denne muligens er feilkalibrert, og resultater fra måling av ekstern rørstrøm ses dermed bort ifra. Det skal også nevnes at denne har ligget ubrukt i en kjeller på Majorstuen i 20 år, og selv om den i utgangspunktet virker å være i god stand så mangler gruppen muligheter for å faktisk verifisere funksjonen av denne.

konklusjon

Vi kan finne det effektive arealet som blir påvirket av vannet ved hjelp av formelen for reaksjonskraften til en plate.

$$\rho U^2 S_i \quad (1)$$

hvor ρ i sjøvann er ca 1025 kg/m³

forsøker med forsøk nr 3 fra 2. mai. $18\text{kg} = 176.5\text{ N}$ og 1.36 m/s

$$S_i = \frac{F}{\rho * U^2} \quad (2)$$

$$S_i = \frac{176.5}{1025 * 1.36^2} = 0.093\text{m}^2 \quad (3)$$

Dermed kan vi regne ut snordraget ved maks vannhastighet i renseprosessen.

$$\rho * 2.5^2 * 0.093\text{m}^2 = 595.78\text{N} = 60.73\text{kg} \quad (4)$$

2.5 m/s representerer maks strømningshastighet i rørgate, og det er tvilsomt om rensing vil bli foretatt under slike forhold. I videre beregninger er det lagt til grunn en initiell vaierlast på 30 kg . (se mekanisk design).

Kilder

Referanser

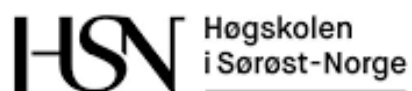
- [1] <http://www.valeport.co.uk/Portals/0/docs/Manuals/Current%20Meters/Models%20001%20%2000>
- [2] http://www.valeport.co.uk/Portals/0/Docs/Datasheets/Valeport_Model001002_v2b.pdf —

Friksjonsbetraktninger

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Lars Berg
10/05 2016
Version 1.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
0.1	02/05 2016	Lars Berg	Opprettet
1.0	22/05 2016	Lars	Publisert

Sammendrag

Dette dokumentet beskriver arbeidet gjort for å estimere friksjonskoeffisienten mellom vaier og PE-rør, med sikte på å estimere snordrag i rørgaten.

Innhold

Sammendrag	1
Figurer	2
Innledning	3
Friksjon	3
Generelt	3
Grunnsetninger:	3
Capstan	4
Statisk test	5
Observasjoner	6
Dynamisk friksjon	8
Utstyr	9
Metode	10
Resultater	11
Våt friksjon	12
Konklusjon	13
Kode for testtrigg	13
Kilder	14
Referanser	14

Figurer

1	Illustrasjon av Capstan-ligningen	4
2	Vekter og oppsett	5
3	Furer på rør	7
4	Sensoroppsett	8
5	Utstyr test 2	9
6	Våt test	12

Innledning

Som beskrevet i designdokumentet, er friksjonen som oppstår mellom vaier og rørgate en svært sentral problemstilling i denne oppgaven. Rørgaten er over 1,6 km lang, og en god forståelse av tilleggslasten vaieren blir utsatt for er dimensjonerende for ikke bare selve vaieren, men også vinsjsystemet.

Friksjon

Generelt

Friksjon er en reaksjonskraft som oppstår ved relativ bevegelse mellom faststoff, mellom lag i vesker, eller internt i materialer under deformasjon. Generelle former for friksjon:

- Tørr friksjon: friksjon mellom to faststoff, denne kraften virker tangentsielt i flatesnittet, kalles gjerne Coloumbs friksjonslov.
 - Statisk friksjon: kraften som må overvinnes for at relativ bevegelse skal finne sted.
 - Dynamisk friksjon: kraften som virker ved relativ bevegelse, som regel lavere enn den statiske.
- Smurt friksjon: oppstår når to faststoff er adskilt av et skikt flytende veske, som feks. vann eller olje.
- Fluid friksjon: Intern friksjon i vesker eller andre fluider, hvis motstand mot deformasjon kalles viskositet.
- Overflatefriksjon: Oppstår ved relativ bevegelse av et fluid over et faststoff.
- Intern friksjon: Opptrer internt i faststoff under deformasjon.

Grunnsetninger:

- Coloumbs friksjonslov

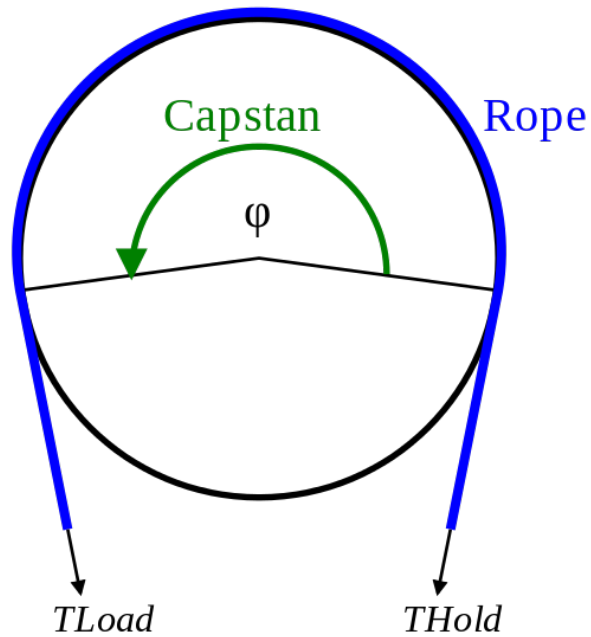
$$F_f \leq \mu F_n \quad (1)$$

hvor F_f er friksjon, μ er friksjonskoeffisient, og F_n er normalkraft

- Amontons første lov: Friksjonskraften er alltid proporsjonal med normalkraft.
- Amontons andre lov: Friksjonskraften er uavhengig av observerte overflateareal
- Coloumbs friksjonslov sier dessuten at kinetisk friksjon er uavhengig av farten.

Disse empiriske læresetningene ble i stor grad formulert på 1700-tallet og gjelder for de fleste hverdagstilfeller. For vårt prosjekt er det gjerne de to førstnevnte friksjonstypene de mest relevante.

Capstan



Figur 1: Illustrasjon av Capstan-ligningen

$$T_{\text{load}} = T_{\text{hold}} e^{\mu\phi} \quad (2)$$

Friksjon rundt et rør kan tilnærmes med capstan-ligningen, hvor T_{load} (last) er lik T_{hold} (friksjonskraft) ganger e opphøyd i μ (Friksjonskoeffisient) ganger ϕ (omslutningsvinkel tauet danner med røret). Legg merke til at produktet $e^{\mu\phi}$ alltid er større enn 1, og lasten dermed alltid er større enn motholdet.

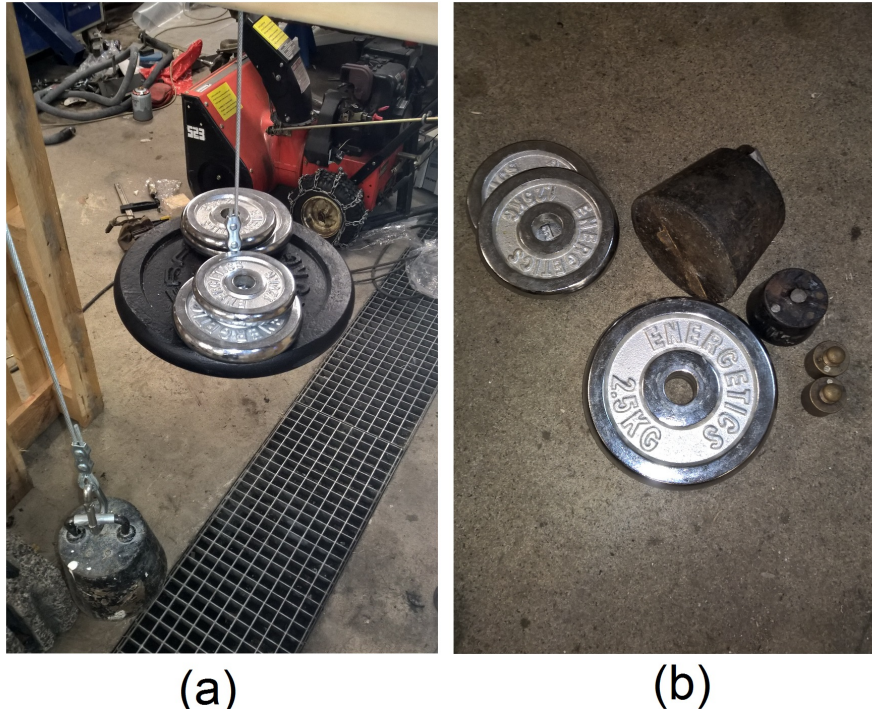
Løser for μ :

$$\ln \frac{T_{\text{load}}}{T_{\text{hold}}} = \mu\phi \quad (3)$$

og videre:

$$\mu = \frac{\ln \frac{T_{\text{load}}}{T_{\text{hold}}}}{\phi} \quad (4)$$

Statisk test



Figur 2: (a) viser vekter på testtrigg (22,5 kg mot 10 kg), (b) Assorterte lodd brukt ved testen, 5kg, 2,5 kg, 1,25kg, 1kg, og 0,2 kg

For å bestemme den statiske friksjonskoeffisienten ble det foretatt en enkel test hvor PE-røret fra tidligere test ble plassert høyt slik at den utgjorde en tverrligger, for så å legge tauet med et lodd i hver ende over det, ikke ulikt illustrasjonen i figur 1. Lasten i hver ende av tauet er til enver tid kjent, og på denne måten kunne lasten på en side økes inntil den statiske friksjonen overvinnes og systemet beveger seg. I testen er vekt av vaier, lås og karabiner utelatt da disse utgjør under 50 g på hver side.

Denne eksersisen ble foretatt 10 ganger, på totalt 7 forskjellige steder på røret, resultater ses nedenfor:

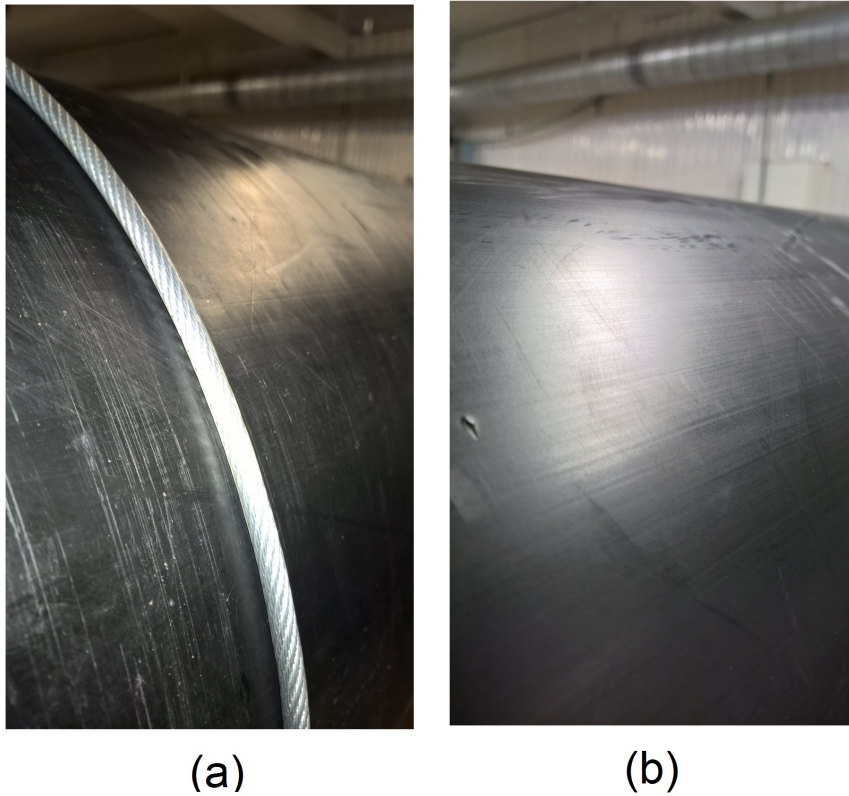
μ verdier i tabellen er regnet ut ved hjelp av (4). Gjennomsnittet for μ er 0,24. Ved antatt normalfordeling har man et standardavvik $\sigma = 0,02944$.

Måling nr.	T_l (kg)	T_h (kg)	Posisjon nr.	μ (dimensjonsløs)
1	22,5	10	1	0,26
2	22,5	10	2	0,26
3	17,9	10	2	0,19
4	18,9	10	3	0,20
5	23,9	10	4	0,28
6	21,4	10	5	0,24
7	21,0	10	5	0,24
8	20,0	10	6	0,22
9	23,5	10	7	0,27
10	21,4	10	7	0,24

Tabell 1: Resultater av statisk friksjonstest

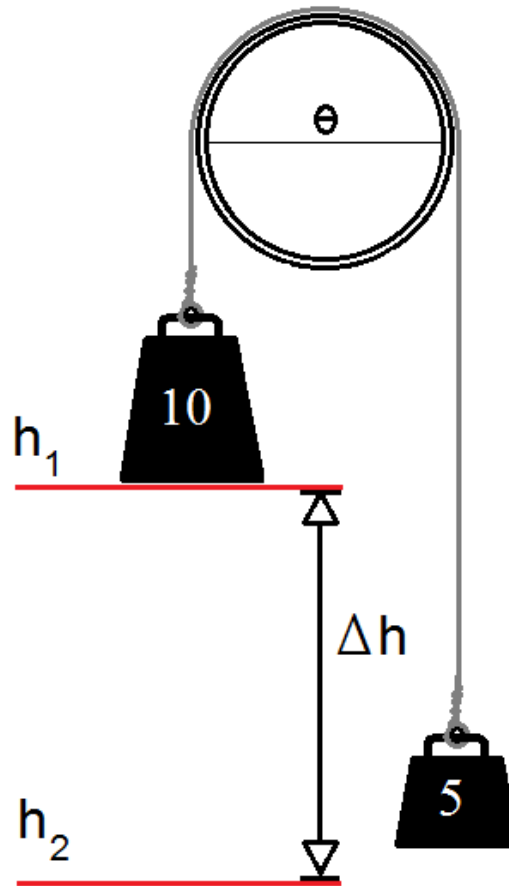
Observasjoner

Selv om resultatene varierer og ikke gir et veldig nøyaktig resultat, gir de en grei indikasjon på at tørr statisk friksjon mellom PE-rør og PVC-kledt vaier ligger i intervallet 0,21 og 0,27. Foruten dette så ble det også observert at i alle tre tilfeller (nr. 2 og 3, 6 og 7, 9 og 10) hvor testen ble kjørt på samme posisjon to ganger, så var T_{load} lavere på andre kjøring, noe som kan indikere at vaierkontakt bidrar til å smøre sporet og dermed senke friksjonskoeffisienten. Dette er både godt og dårlig nytt; lavere friksjon er bra, men vaierkledning er kanskje så myk at slitasje lett oppstår (se fig. 3).



Figur 3: (a) viser seksjon av rør med tydelige furer som følge av testing, (b) viser utestet del av røret med fine langsgående linjer fra produksjon (ekstrudering)

Dynamisk friksjon



Figur 4: Sensoroppsett, røde streker representerer laser

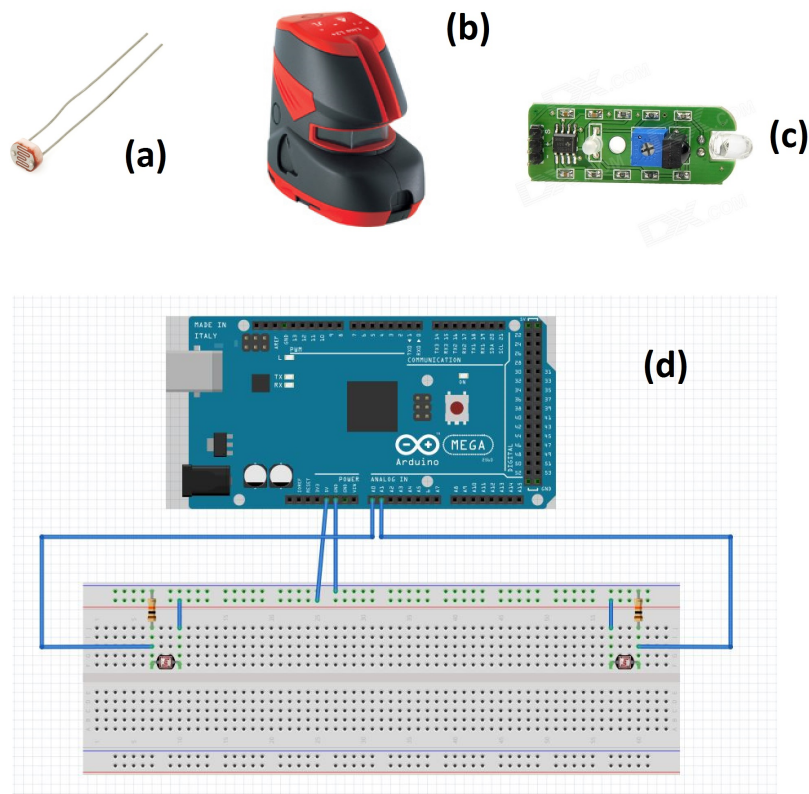
For å måle dynamisk friksjon ble det improvisert med et oppsett som måler tiden vekt-systemet bruker mellom dersom det er overbelastet og i bevegelse. Det er her Coloumbs friksjonslov kommer inn, som sier at friksjonskraften for tørr glidefriksjon er uavhengig av glidehastigheten. Friksjon er en sammensatt effekt, og dette er følgelig en ganske grov forenkling.

Funksjonelt fungerer testen slik: når det tyngste loddet slippes (rett over øvre laserstråle), og denne brytes, begynner Arduino å telle millisekunder. Når den nedre laseren brytes en tid senere, nullstilles programmet og resultatet vises i Serialmonitor i Arduino IDE. Resultatet skrives så ned. Vi tenkte først å bruke såkalte IR brytere til å angi tidspunkt, og fikk lånt et par slike, som fungerte så dårlig at de ble forkastet til fordel for lasersystem.

Utførelsen av testen ble vanskeliggjort av skiftende lysforhold (fotocelle avlesning måtte kalibreres mange ganger) og problematikk forbundet med at loddet måtte treffe begge

laserstrålene. Dette krevde en del fikling, og mange målinger ble forkastet underveis. Selve tidtaking sprogrammet og assosiert hardware fungerte imidlertid godt; det ble bygget et annet enkelt system som pulserte LED-lys i et definert tidsintervall, og basert på disse testene skal tidtakingsprogrammet ha en feilmargin på ± 2 millisekunder, mer nøyaktig enn gruppen trenger, og ikke dårlig for et improvisert system påtenkt og produsert i løpet av en time.

Utstyr



Figur 5: Utstyr brukt under testen, i tillegg til utstyr fra statisk test: (a) fotocelle, (b) Leica Lino, (c) IR bryter, (d) Arduino Mega 2560 med koblingsbrett

- Leica Lino (selvnivellerende nivålaser) x 2
- Arduino Mega 2560
- PC for COM avlesning
- 2 stk. fotoceller
- Testtrigg fra statisk test

Metode

For å finne friksjonskoeffisienten må en regne om litt.

Siden friksjonskraften F_f er konstant, og lastene T_l og T_h er kjente størrelser, i tillegg til tid t og strekning d kan en finne akselerasjonen på følgende måte:

$$V_f^2 = V_i^2 + 2ad \quad (5)$$

$$V_f = V_i + at \quad (6)$$

$V_i = 0$, setter inn høyre side av (6) for venstre side i (5):

$$(at)^2 = 2ad \quad (7)$$

$$at^2 = 2d \quad (8)$$

$$at^2 = 2d \quad (9)$$

$$a = 2\frac{d}{t^2} \quad (10)$$

$d = 0,5$ meter, og følgelig blir uttrykket da;

$$a = \frac{1}{t^2} \quad (11)$$

For å finne friksjonskoeffisienten finner bruker vi summen av kreftene og setter inn for Capstan.

$$\Sigma F = ma \quad (12)$$

$$T_l - T_h e^{\phi\mu} = (m_1 + m_2) \frac{1}{t^2} \quad (13)$$

$$-T_h e^{\phi\mu} = \frac{(m_1 + m_2)}{t^2} - T_l \quad (14)$$

$$\phi\mu = \ln \frac{\frac{(m_1 + m_2)}{t^2} - T_l}{-T_h} \quad (15)$$

$$\phi\mu = \ln \frac{\frac{(m_1+m_2)}{t^2} - T_l}{-T_h} \quad (16)$$

$$\mu = \frac{\ln \frac{\frac{(m_1+m_2)}{t^2} - T_l}{-T_h}}{\phi} \quad (17)$$

For en serie tester med identiske startbetingelser, er dette en ligning med en variabel t og en ukjent μ .

Resultater

Måling nr.	Δt (s)	Posisjon nr.	μ (dimensjonsløs)
1	13,831	1	0,2203
2	14,227	1	0,2204
3	14,210	1	0,2204
4	13,471	1	0,2204
5	14,013	2	0,2204
6	13,551	2	0,2204
7	12,940	2	0,2203
8	12,929	2	0,2203
9	16,039	3	0,2206
10	13,633	3	0,2203
11	14,054	3	0,2204
12	13,701	3	0,2203

Tabell 2: Resultater av statisk friksjonstest

Resultatene må karakteriseres som svært jevne, nesten litt for gode til å være troverdige. Det må derfor konkluderes at vi enten har a) funnet en svært presis metode for å regne ut dynamisk friksjonskoeffisient, eller b) ikke har regnet ut riktig uttrykk. På en side så skal friksjonskoeffisienten samt begge lastene være konstante, og dermed produsere jevne resultater, men måleparameteren, som er tid, blir i ligning (17) svært lite utslagsgivende, og er derfor muligens feil parameter å måle. Når det er sagt er koeffisienten på ca. 0,22 midt i det intervallet gruppen forventer for denne parameteren.

Våt friksjon



Figur 6: Forsøk på å oppnå våt friksjon

Det ligger i oppgavens natur at smurt, eller ”våt” friksjon er det som er mest interessant. Renseenhet og vaieren som holder og flytter den vil bevege seg i røragaten mens den er fylt med vann. Regelen brukt ovenfor angående konstant friksjon gjelder ikke for smurte overflater, og når testen ble utført på samme måte, men i resultatene var det høyeste resultatet like over 40 sekunder og det laveste omkring 7 sekunder. Det gikk med andre ord ikke an å reprodusere resultater i tilstrekkelig grad til at de kan gis noen tillit.

Antatte årsaker til dette er at testtrigg ikke ble påført tilstrekkelig mengde vann til at en vannhinne greide å bygge seg opp mellom vaier og rør, ellers var det også problemer med målemetoden da laseren til tider ble forstyrret av fallende vann. Det ble på et tidspunkt bestemt at det var uhensiktsmessig å fortsette testing med dette oppsettet, og at videre testing fordret en bedre testtrigg.

Et utkast til dette ble uttenkt, men aldri bygget og testet på grunn av dårlig tilgang på utstyr og tidsmangel.

Konklusjon

Alt i alt har de to testene i stor grad bekreftet informasjon gruppen kjente på forhånd.

En statisk friksjonskoeffisient i intervallet 0,21-0,27 med modus på 0,24 betegnes som et troverdig, om ikke veldig nøyaktig resultat.

Resultatene for den dynamiske testen settes det mindre lit til, da disse nesten er for gode til å være sanne, samt øvrige anmerkninger (se eget avsnitt).

En viktig ting å huske på er at våt friksjon med få unntak alltid er lavere enn tørr friksjon, og at verdien for dynamisk for alle praktiske formål alltid er lavere enn for statisk[1]. Sistnevnte kan dermed kan brukes som et overslag i andre beregninger.

Kode for testtrigg

```
//Kode til friksjonstest
```

```
int photocellPin1 = A0;    // Øvre fotocelle
int photocellPin2 = A1;    // Nedre fotocelle
int photocellReading1;    // verdi for øvre
int photocellReading2;    // verdi for nedre
unsigned long tid1;        // tid for øvre
unsigned long tid2;        // tid for nedre
unsigned long resultat;
bool forstemoling = 0;    // verdi for å sikre riktig rekkefølge på målingen
void setup(void) {

    Serial.begin(9600);
}

void loop(void) {
    if (forstemoling == 0) {
        photocellReading1 = analogRead(photocellPin1);
        if (photocellReading1 <= 800){
            tid1 = millis();
            forstemoling = 1;    // muliggjør måling av nedre fotocelle
        }
    }
    else {

        photocellReading2 = analogRead(photocellPin2);
```

```
if ( photocellReading2 <=800 && forstemoling == 1){
  tid2 = millis();
  resultat = tid2-tid1;    // resultatet er tidsrommet mellom målingene
  Serial.println(resultat); // Printing av resultat til COM
  forstemoling = 0; // muliggjør måling av øvre fotocelle
  resultat = 0; // nullstiller resultat og tidtaking
  tid1 = 0;
  tid2 = 0;
  delay(1000); // delay for å unngå dobbelmåling
}
}
}
```

Kilder

Referanser

- [1] Frictional contact mechanics, wikipedia.org (14/05 2016)
- [2] Friction, wikipedia.org (14/05 2016)
- [3] Young, Hugh og Freedman, Roger A; University Physics 13th edition, seksjon 5.3 - frictional forces.

Fem-analyse av første prototype. Rensesystem for rørgate Gruppe 19

Truls
07/04 2016
Version 1.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
0.1	07/04 2016	Truls	Opprettet
1.0	22/05 2016	Truls	publisert

Sammendrag

Dette dokumentet beskriver gjennomføring, resultat og diskusjon om FEM-analysen av første prototype.

Innhold

Sammendrag	1
Figurer	2
Innledning	3
Forenklinger og antagelser	3
Materialer	3
Mesh	4
laster	6
resultater	8
Spenning	8
Sikkerhetsfaktor	9
konklusjon	9
kilder	9

Figurer

1	Polyoxymetylen	4
2	Stål	4
3	Meshegenskaper	5
4	Mesh	6
5	Last på blader	7
6	Spenning	8
7	Sikkerhetsfaktor	9

Innledning

Gruppen har designet en prototype for testing. Denne skal testes både fysisk og ved hjelp av simulering. Testene skal gi gruppen informasjon om viktige faktorer før neste designiterasjon.

Forenklinger og antagelser

Analysen blir kjørt på en modell uten børstehår på grunn av vanskeligheter med å simulere demping fra børstehårene.

Alle kreftene i analysen er omtrentlige tilnærminger og er ikke 100 % i samsvar med virkeligheten. Det har ikke vært anledning til å regne ut reaksjonskraften på alle flater, og resultatene må derfor vurderes med skjønn.

Analysen er statisk og man får dermed ikke anledning til å beregne sentrifugalkrefter. Snordraget er på dette stadiet uvisst, og vil derfor ikke være en del av analysen. Man må derfor regne med at kreftene i virkeligheten vil være høyere enn det beregningene i analysen viser.

$$\omega * r \tag{1}$$

Skibrakettene er uten hull for å forenkle mesh.

Sveiser er kun utformet som fillets i solidworksmodellen. Dette er fordi Solidworks Simulation har problemer med å lage mesh til, og regne ut spenninger i sveiseområder. Motkreftene til snordraget er ikke tatt med i analysen da snordraget ikke er kjent for gruppen enda.

Materialer

Til skia og propellbladene blir termoplasten POM brukt. Dette er et allsidig materiale som kanskje kan bli brukt i det endelige produktet. Strekkgrensen til materialet lå ikke i biblioteket til Solidworks, og måtte derfor hentes fra en annen kilde. Strekkgrensen ble hentet fra <http://www.polytechindustrial.com>.

Grensen er kryss-sjekket med andre kilder og skal stemme bra med virkeligheten.

Property	Value	Units
Elastic Modulus	2600	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.3859	N/A
Shear Modulus	932.8	N/mm ²
Mass Density	1390	kg/m ³
Tensile Strength	71.5	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	68	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient		/K
Thermal Conductivity	0.221	W/(m·K)
Specific Heat	1378	J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

Figur 1: Polyoxymetylen


Til strukturelle deler blir det brukt lav-karbonstål. Dette blir brukt på grunn av tilgjengelighet, og gruppen ser for seg å ende opp med et annet materiale til det ferdige produktet. Stålet har ulemper med høy vekt og dårlig korrosjonsbestandighet.

Property	Value	Units
Elastic Modulus	200000	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.29	N/A
Shear Modulus	77000	N/mm ²
Mass Density	7900	kg/m ³
Tensile Strength	420.507	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	351.571	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient	1.5e-005	/K
Thermal Conductivity	47	W/(m·K)
Specific Heat	420	J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

Figur 2: Stål

Mesh

I en arbeidssituasjon ville man ofte forenkle modellen for å forkorte tiden til meshet og dermed også forkorte analysetiden. I dette tilfellet har gruppen valgt å ikke forenkle modellen utover nødvendige geometriske tiltak. Mesh ved tynn og avansert geometri, er det tyngste for datamaskinen å lage, men det er også på slike steder man kan få spenningskonsentrasjoner. Derfor har man valgt en curvature based mesh, som gjør at antall elementer avhenger av tykkelsen av materialet og radien. Dette gir et godt kompromiss mellom ytelse og nøyaktighet.

Mesh Details		
Study name	nytt studie (-Default-)	▲
Mesh type	Solid Mesh	
Mesher Used	Curvature based mesh	
Jacobian points	4 points	
Max Element Size	15 mm	
Min Element Size	1.5 mm	
Mesh quality	High	
Total nodes	1216970	
Total elements	729447	
Maximum Aspect Ratio	186.29	
Percentage of elements with Aspect Ratio < 3	80.6	
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	5.66	
% of distorted elements (Jacobian)	0	
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off	
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:01:58	▼

Figur 3: Meshegenskaper



Figur 4: Mesh

laster

Vi regner med en konstant reaksjonskraft på armene i rotasjonsretning. For enkelthets skyld blir den høyeste hastigheten valgt. (punktet lengst fra aksen)

reaksjonskraften per flate blir da:

$$\rho U^2 S_i \quad (2)$$

med rotasjonshastighet

$$\omega * r \quad (3)$$

med omdreining på 70 rpm får vi $\omega = (7/3)\pi$

med radius på 0.15 meter blir høyeste punkthastighet til armene $(7/3)\pi * 0.15m = 1.1m/s$

dermed blir reaksjonskraften på hver av armene (med areal $2.4 * 10^{-3}m^2$)

$$1000 * 1.1^2 * 2.4 * 10^{-3} = 3N \quad (4)$$

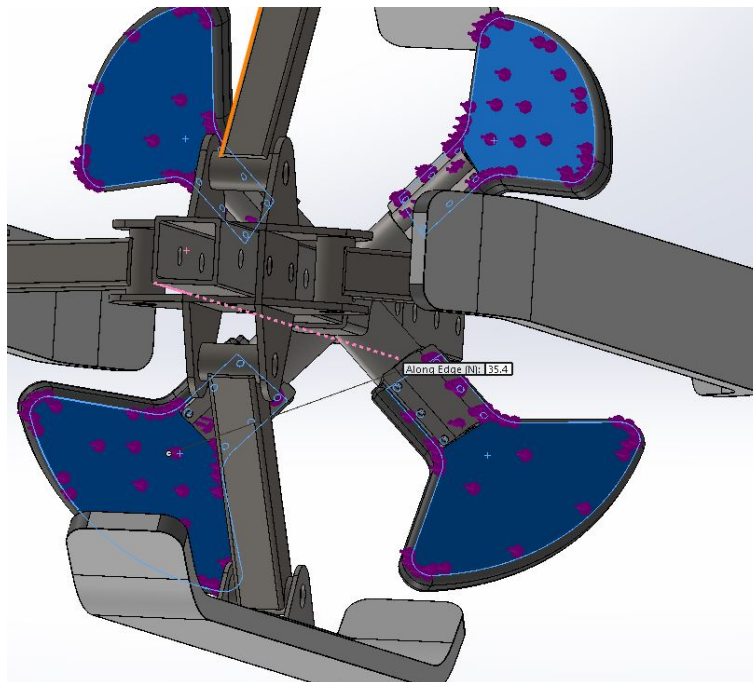
Ligningen for reaksjonskraften på en skovel (plate) som beveger seg med hastighet U_0

$$\rho(U - U_0)^2 S_i \quad (5)$$

Skovlen har areal på $6.49 * 10^{-3} m^2$ Renseenheten blir senket nedover med en hastighet på 0.15m/s. dermed får vi

$$1000 * (2.5 - 0.15)^2 * 6.49 * 10^{-3} = 35.8N. \quad (6)$$

Denne kraften virker normalt fra vannet som vist i figuren under.



Figur 5: Last på blader

reaksjonskraften til skia er

$$1000 * 1.1^2 * 5 * 10^{-3} = 6N \quad (7)$$

resultater

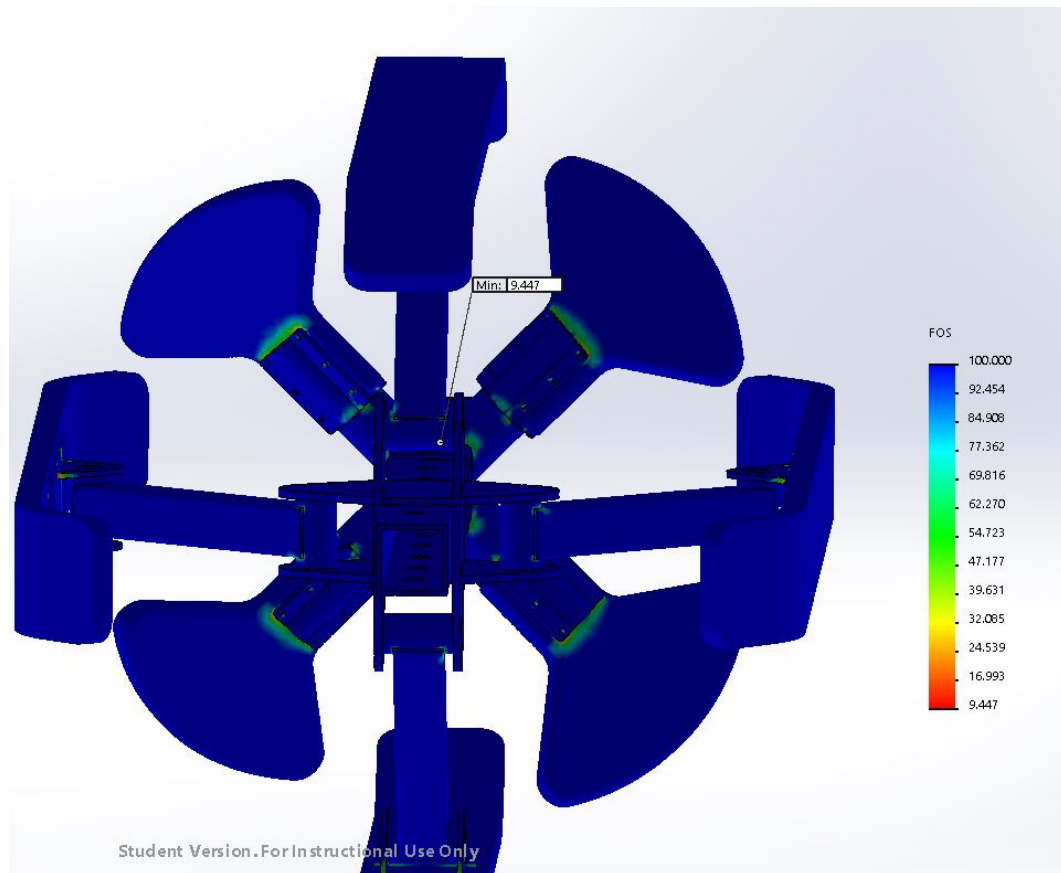
Spenning



Figur 6: Spenning

Som antatt ser vi at spenningene er høyest i sammenføyningspunktene. Plottet viser at den høeste spenningen (von mises) ligger på 37 mpa. Dette er langt under tåleevnen til det valgte materialet.

Sikkerhetsfaktor



Figur 7: Sikkerhetsfaktor

Som vist i figur 7 ser vi at den laveste sikkerhetsfaktoren er på hele 9,5. Vi ser at sikkerhetsfaktoren er lavest i festeområdene, mens senterstaget er veldig overdimensjonert.

konklusjon

Resultatene viser at ståldelene av renseenheten er overdimensjonert og kan med fordel byttes ut med lettere materialer eller omdesignes for vektbesparelser. Analysen viser også at spenningene er høyest i sammenføyningspunktene, og at man burde vise en viss forsiktighet ved sammenføyningspunkter ved bruk av POM. Fem-analyse av deler som blir påvirket av så usikre krefter som i dette tilfellet, vil også avvike en del fra virkeligheten. For videre testing foretrekker gruppen å gjennomføre fysiske tester.

kilder

- <http://www.polytechindustrial.com/products/plastic-stock-shapes/acetal-copolymer>

CFD-optimalisering iterasjon 3

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Lars Berg
20/05 2016
Version 1.0



Versjon	Utgitt	Bruker	Kommentar
0.1	02/05 2016	Lars Berg	Opprettet
1.0	20/05 2016	Lars Berg	Publisert

Sammendrag

Dette dokumentet beskriver arbeidet gjort for å optimalisere turbinløsning på RE Mk. 2, i iterasjon 3 av utviklingsarbeidet.

Innhold

Sammendrag	1
Figurer	2
Innledning	3
Oppsett	3
Forenklinger og antagelser	4
Resulater	7
15, 10 og grader (runde skovler)	8
45 grader firkantede skovler	10
40 og 50 grader EL	11
Konklusjon	12
Kilder	12
Referanser	12

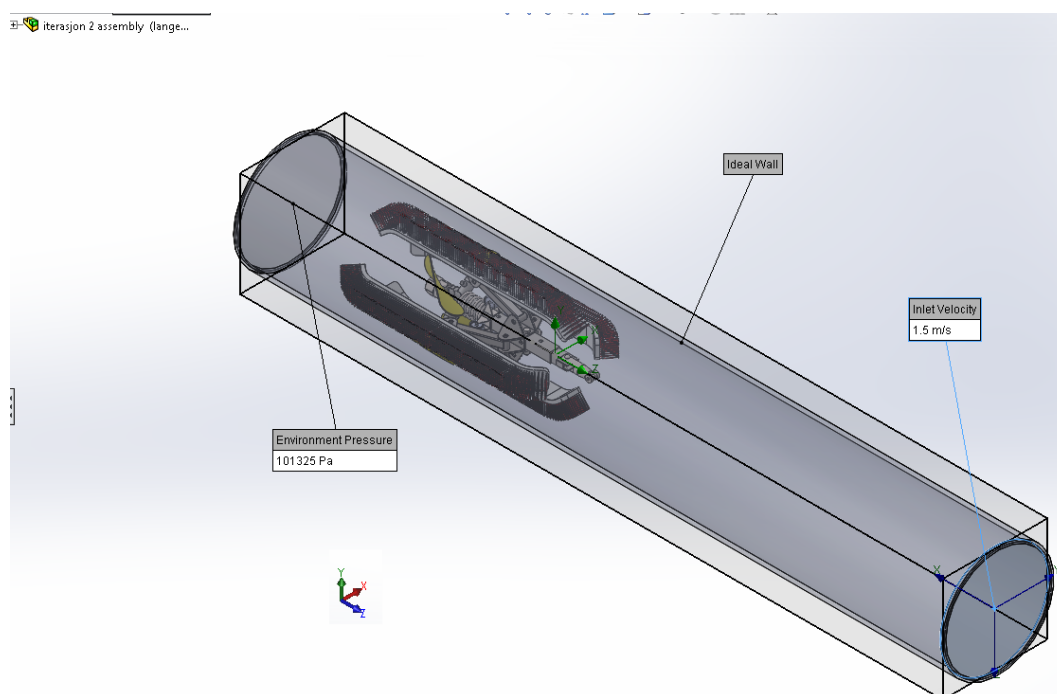
Figurer

1	Oppsett i SWS	3
2	Dreiemoment vs. friksjon	4
3	Boundary conditions	5
4	Feature tree	6
5	Surface parameters	7
6	Nye skovler	8

Innledning

Strømingstilstanden lokalt rundt bladene på renseenheten er relativt vanskelig å tilnærme seg uten dataverktøy. Etter fysisk test av referanseblader med kjent geometri og i kjent strømningshastighet, fant gruppen ut at det med fordel kunne lages et antall blader for testing i SolidWorks Flow Simulation, i tillegg til den brukt under testing. På dette grunnlaget vil gruppen kunne velge et bedre bladdesign med sikte på å øke rotasjonsevnen til RE, som er hovedmålet med designiterasjon 3 av RE.

Oppsett



Figur 1: Oppsett i SWS

Testen måler de krefter som oppstår i form av last i lengderetning og dreiemoment produsert av turbinløsning, i statisk strøm.

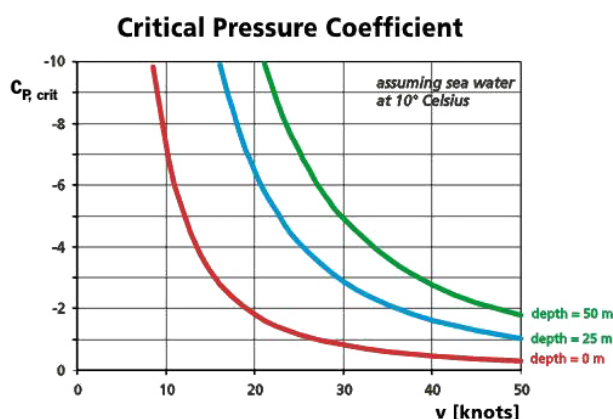
Modellen er plassert inne i en to meter lang rørseksjon tilsvarende det brukt i fysisk test (se eget dokument), innerflaten av dette røret definerer volumet hvor vannet er i bevegelse (fluid domain), ytterflaten bestemmer utregningsvolumet (computational domain).

I hver ende av røret blir det plassert to lokk (Solidworks trenger en "fysisk" flate til å angi grenseparametre (boundary conditions)).

Testen vår bruker, foruten selve renseenheten, tre flater: fremre lokk (inntak med strømningshastighet $Q = 1,5 \text{ m/s}$), røret (modellert som en friksjonsløs adiabatisk vegg, en "Ideal wall"), og bakre lokk som besørger utløp for vannet uten trykkforskjell [2].

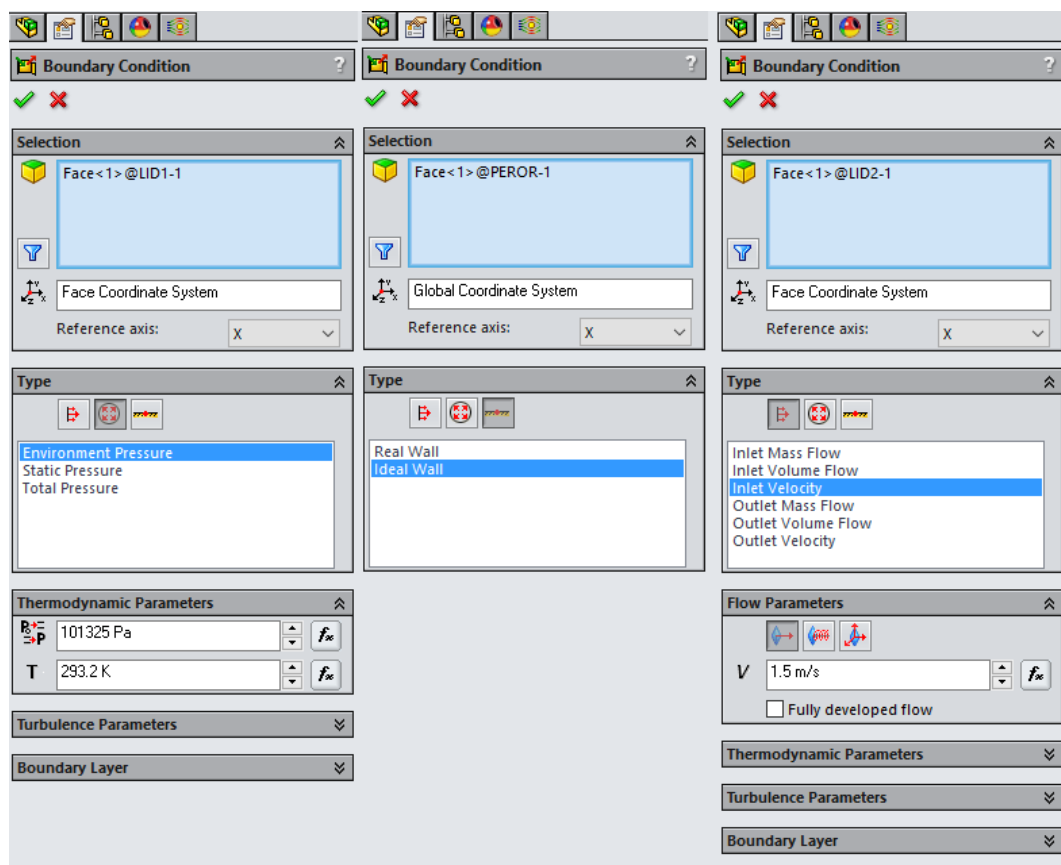
Forenklinger og antagelser

Testen ser altså bort ifra rørfriksjon, børstefriksjon mot rørvegg, og høydeforskjell mellom rørender. Den er som tidligere nevnt statisk, noe som innebærer at RE ikke roterer som følge av påført dreiemoment. I den virkelige verden vil produsert dreiemoment være en funksjon av rotasjon, som oftest resultere i ikke-linnære kurver. Denne effekten er relativt svak ved lavt turtall og siden gruppen arbeider i et smalt intervall i området 20-70 rpm anser vi denne forenklingen som akseptabel, da meningen med testen ikke er eksakt måling av produsert moment, men snarere om "bladsett A er bedre enn bladsett B".

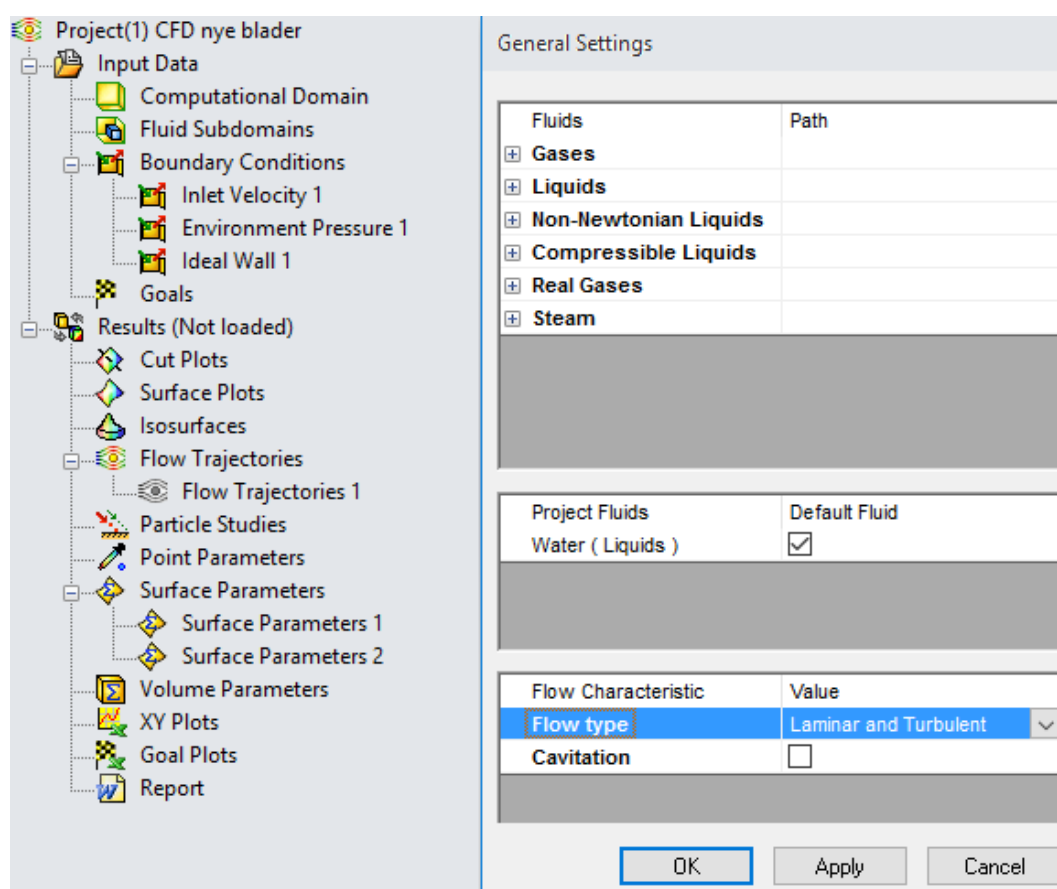


Figur 2: Trykkoeffisient som funksjon av fart, denne dimensjonsløse konstanten angir hvor sannsynlig det er at kavitasjon oppstår.

Analysen er kjørt uten hensyn til kavitasjon da alle strømningshastigheter assosiert med denne testen er for lave til at trykktilstander som forårsaker dette kan oppstå. Analysen tar hensyn til både laminær og turbulent strømningstilstand.

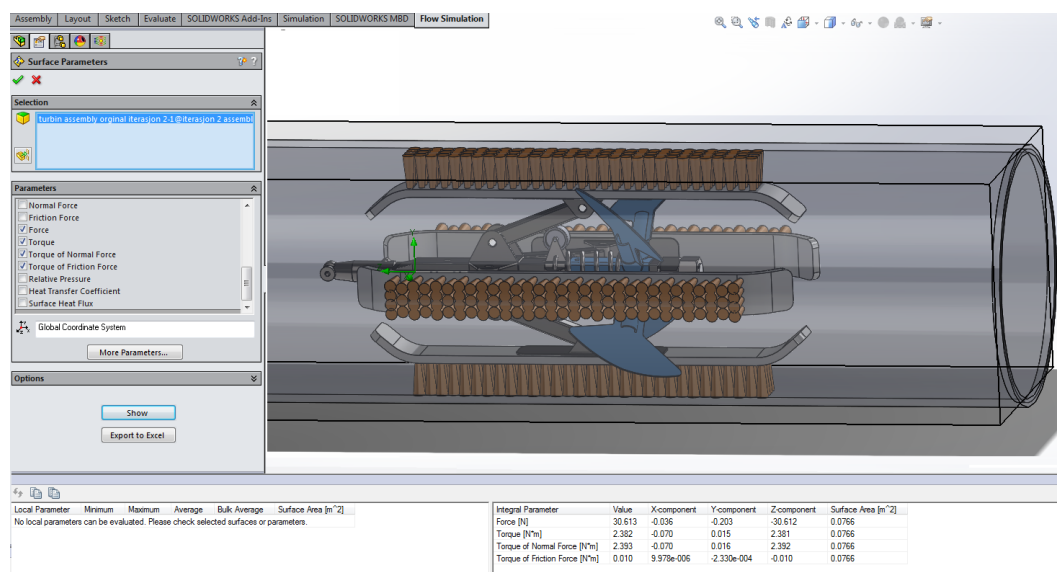


Figur 3: Boundary conditions; fra venstre: uttak, rørvegg, inntak



Figur 4: Feature tree for analysen, med instillinger for testmedium

Når den primære analysen er gjennomført for hele systemet kan det defineres såkalte surface plots som produserer relevant data. For gruppen er det primært kraften normalt på bladoverflatene og det totale dreiemomentet om den globale Z-aksen til modellen (rørets lengderetning), samt total kraft i Z retning (vaierlast). For å generere disse dataene definerer man et surface plot med relevante flater, før man velger hvilke parametre som skal plottes (se fig. 4).



Figur 5: Definisjon av overflateparametre som skal måles

Programmet kjører deretter en mindre omfattende utregning hvor den tar i bruk data funnet i den primære analysen og kjører dette opp mot valgte parametre. Disse kan så eksporteres til Excel.

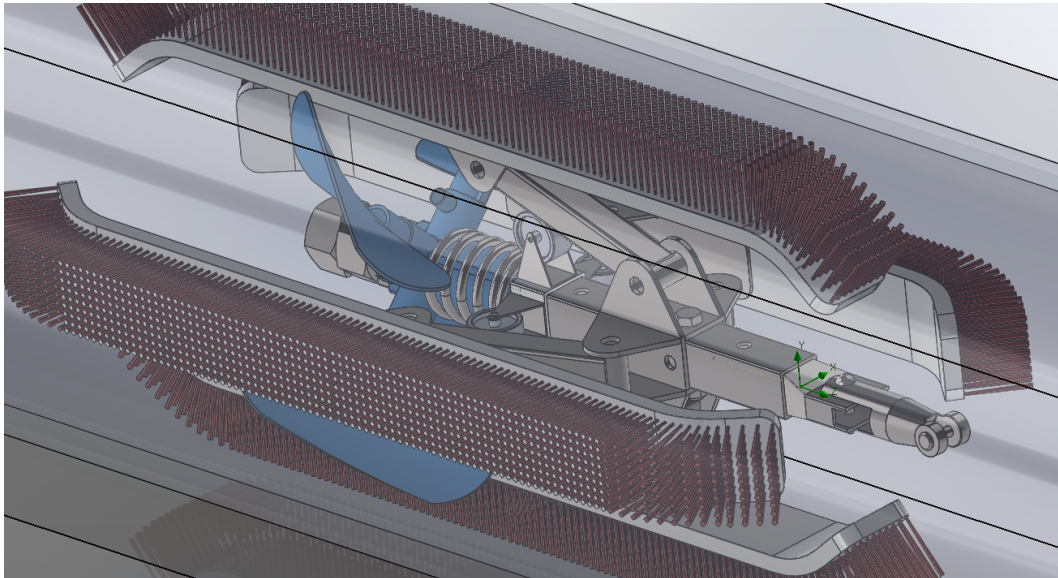
På forhånd er de forskjellige bladsettene definert som forskjellige konfigurasjoner i SW, og kan dermed lett testes individuelt under identiske betingelser.

Resulater

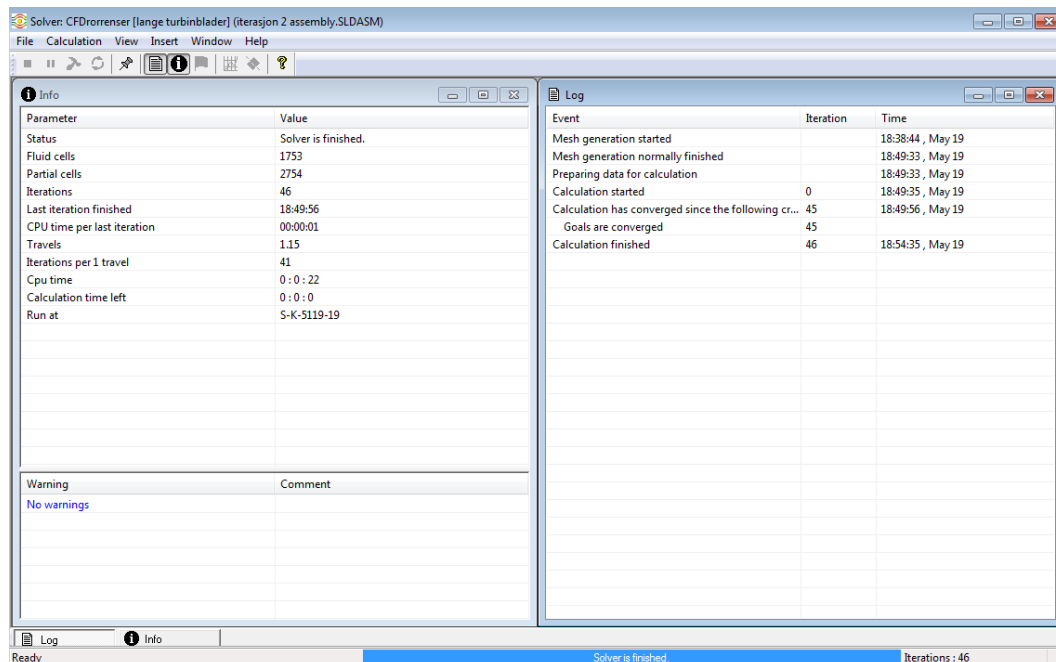
Totalt ble det kjørt 6 nye analyser på totalt tre blader, i forskjellige inklinasjonsvinkler (pitch), modellen ble også oppdatert med en mer realistisk børstemodel. For å korte ned analysetiden er bare overflaten av turbinundersystemet (dvs. blader + monteringsbrakett) analysert for krefter. Lasten fra resten av renseenheten er altså her ikke medregnet, da den burde være tilnærmet lik for alle analysene. For å understreke: hele modellen er selvfølgelig testet i den primære analysen, men kun turbinblader er analysert i den sekundære analysen for å hente ut last i Z-retning og moment om denne.

- 15 grader runde skovler
- 10 grader runde skovler
- 5 grader runde skovler
- 45 grader firkantede skovler
- 50 grader eksisterende løsning
- 40 grader eksisterende løsning

15, 10 og grader (runde skovler)



Figur 6: Nye skovler for iterasjon 3



Figur 7: Ferdig kjørt primæranalyse, totalt 45 iterasjoner

Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]	(a)
Force [N]	17.888	-0.189	0.502	-17.880	0.0846	
Torque [N*m]	2.621	0.106	0.049	2.619	0.0846	
Torque of Normal Force [N*m]	2.630	0.107	0.049	2.628	0.0846	
Torque of Friction Force [N*m]	0.009	-0.001	5.462e-004	-0.009	0.0846	

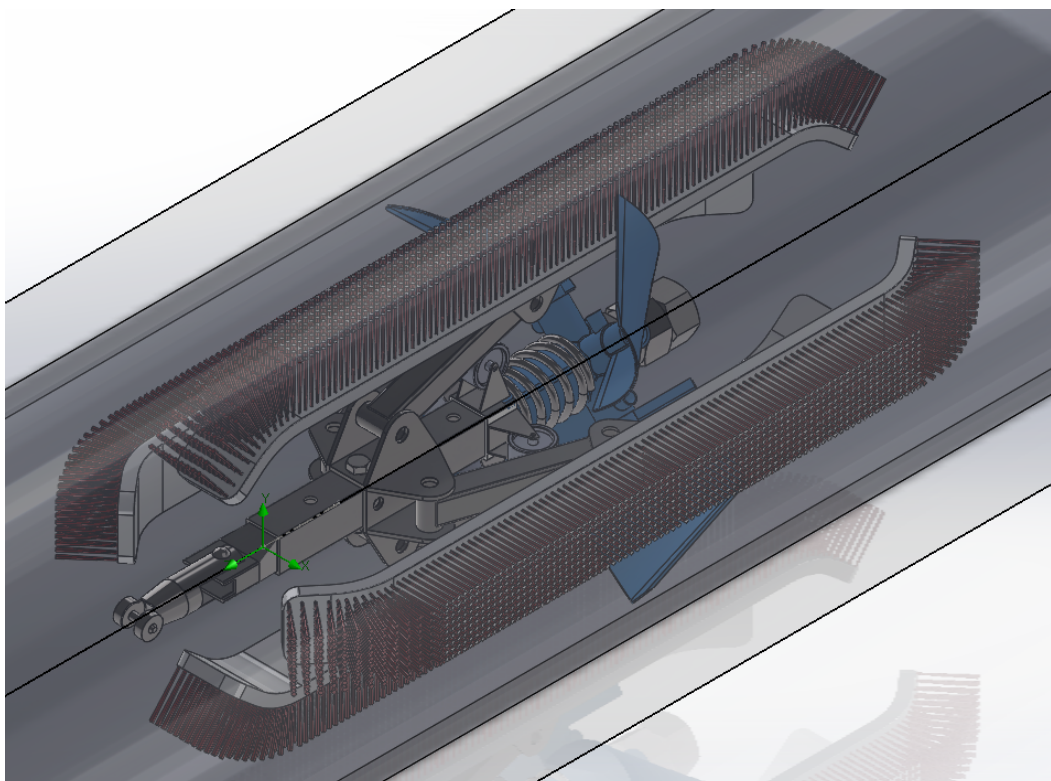
Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]	(b)
Force [N]	14.212	-0.193	0.206	-14.209	0.0841	
Torque [N*m]	2.488	0.045	0.052	2.487	0.0841	
Torque of Normal Force [N*m]	2.496	0.045	0.052	2.495	0.0841	
Torque of Friction Force [N*m]	0.008	-4.732e-004	1.639e-004	-0.008	0.0841	

Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]	(c)
Force [N]	6.556	-0.286	0.293	-6.544	0.0831	
Torque [N*m]	1.490	0.065	0.079	1.487	0.0831	
Torque of Normal Force [N*m]	1.497	0.065	0.079	1.493	0.0831	
Torque of Friction Force [N*m]	0.006	-5.397e-006	1.707e-004	-0.006	0.0831	

Figur 8: Kraft og momentresultater for (a): 15 grader, (b): 10 grader, og (c): 5 grader

Her kan man se at både last og dreiemoment øker med pitch (Fig. 8, se Z-component, force og torque), det kunne vært interessant å teste dette for enda høyere pitch, men dessverre forhindres dette av renseenhetens geometri; dersom bladene skal ha større inklinasjon treffer de børstene.

45 grader firkantede skovler



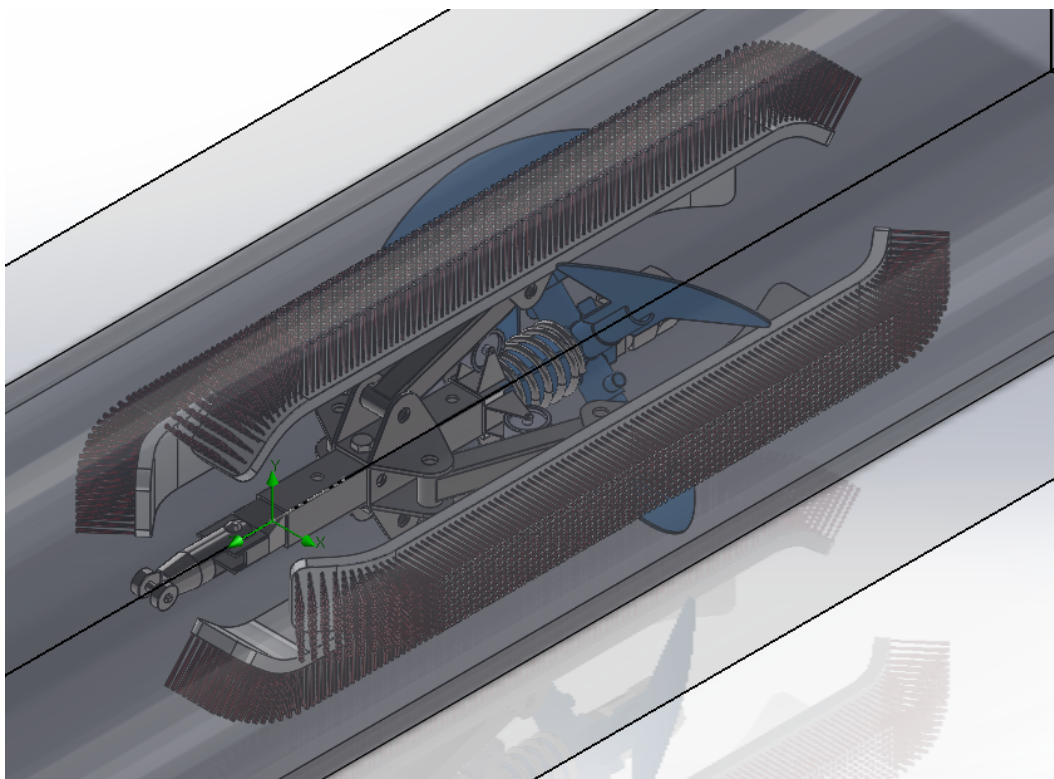
Figur 9: "Firkantede" skovler

Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Force [N]	45.675	0.072	0.735	-45.669	0.0880
Torque [N*m]	3.583	0.143	-0.035	-3.580	0.0880
Torque of Normal Force [N*m]	3.593	0.143	-0.035	-3.590	0.0880
Torque of Friction Force [N*m]	0.010	1.801e-004	3.968e-004	0.010	0.0880

Figur 10: Resultater for F. skovler

Til denne analysen kan det bemerkes at bladene er noe store. Dette er ikke nødvendigvis noe problem i en testsituasjon i et rett rør, men vil i en brukssituasjon by på problemer. Når det er sagt er resultatene tentativt gode, maks dreiemoment på 3,590 Nm, som er marginalt høyere enn nåværende løsning. Lasten er derimot relativt høy på nesten 46 N.

40 og 50 grader EL



Figur 11: Originalblader brukt i fysisk test

Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Force [N]	35.279	1.727	0.949	-35.224	0.0728
Torque [N*m]	3.436	0.233	-0.367	3.408	0.0728
Torque of Normal Force [N*m]	3.447	0.234	-0.367	3.420	0.0728
Torque of Friction Force [N*m]	0.012	-9.206e-004	-5.367e-005	-0.012	0.0728

Figur 12: Resultater for 50 grader pitch.

Integral Parameter	Value	X-component	Y-component	Z-component	Surface Area [m ²]
Force [N]	48.167	-0.124	0.366	-48.166	0.0728
Torque [N*m]	2.992	0.062	-0.012	2.992	0.0728
Torque of Normal Force [N*m]	3.011	0.063	-0.012	3.010	0.0728
Torque of Friction Force [N*m]	0.019	-0.002	6.461e-005	-0.019	0.0728

Figur 13: Resultater for 40 grader pitch.

Her er dreiemoment høyest (3,4 Nm) og last lavest (35,2 N) for 50 grader pitch konfigurasjon.

Konklusjon

Testresultatene gir ikke grunnlag for bytte til nye skovler per dags dato, med mindre behovet for lavere vaierlast overstiger behovet for produsert dreiemoment i svært stor grad. De runde skovlene i vinkel 15 grader produserer et brukbart dreiemoment, til en meget lav last (17 N), og peker således veien for videre utvikling, men representerer ikke en vesentlig forbedring i sin nåværende form.

Kilder

Referanser

- [1] Kilde for figur 2, mh-aerotools.de (16/05 2016)
- [2] SW-Flowsimulation-hjelpeside, informasjon om boundary conditions, help.solidworks.com (14/05-2016)
- [3] Gjevik, Bjørn; Innføring i fluidmekanikk, (kompendium 2014).

Risikovurdering rensesystem for rørgate

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Bjørn Erik Gjøvland og Odinn Gudmundsson
22/05 2016
Version 1.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
0.1	14/04 2016	Bjørn Erik	Opprettet
0.2	10/05 2016	Truls Einen	Rettet
1.0	22/05 2016	Bjørn Erik	Publisert

Sammendrag

I dette dokumentet skal gruppen risikovurdere sensesystemet. Dette gjøres for å identifisere hvilke risikoer man må ta hensyn til, og hvordan forebygge ulykker.

Innhold

Sammendrag	1
Innledning	3
Hvordan forebygge	3
Risikovurdering av el-systemet	3
Software systemet	3
Hardware systemet	3
Software system løsning	4
Hardware systemløsning	4
Risikovurdering av mekanikk-systemet	4
Renseenhet	4
Vaier	4
Mater	5
Referanser	6

Innledning

Hvordan forebygge

Målet er at ingen blir skadet eller syk. Ulykker og dårlig helse kan ødelegge et menneskeliv, samtidig som det kan få konsekvenser for virksomheten i form av fravær, produksjonstap, ødelagt utstyr, osv. Arbeidsmiljøloven krever at alle virksomheter skal kartlegge risiko på arbeidststedet. Det er arbeidsgiveren som har ansvaret for å gjennomføre kartleggingen.

Man følger 3 enkle trinn som er kjerne for en risikovurdering av et system.

- Hva kan gå galt
- Hva kan gjøres for å hindre det
- hvordan kan man redusere konsekvensen hvis det skjer

En risikovurdering kan beskrives med 4 trins modell

- Finn farekilden
- Hva kan skje og hvor sannsynlig er det
- Hva kan gjøre for å hindre det
- Tiltak og videre arbeid

Risikovurdering av el-systemet

For dette systemet i 1. iterasjonen så er det eneste sikkerhet lagt til i programmet en nødstopps funksjon, mekaniske har gruppen satt opp en nødstopps bryter på hoved strømmen som man har 2 steder hvor man kan få stengt av systemet under nøds tilfeller.

I 2. iterasjon så blir det lagt litt mer i risiko for systemet hvis skal skje noe galt under bruk/drift vil gruppe at det skal være kontrollert eller ryke der gruppen vil at det skal.

Software systemet

Lastsensor ikke fungere lenger, viser feil eller kutter ut slik at software-systemet ikke vet at den har nådd brudstyrken til vaier å skal stoppe ikke dra mer.

Hardware systemet

Den store konsekvensen som kan skje med hardwaren i vinsj systemet er hvis elmotoren til kveiler ryker eller at bryteren som skal bli brukt ryker.

Hvis kveilmotoren ryker blir den stående bare på et sted, og kabalen på 1640 meter blir bare en stor klump på et sted av vinsjen.

Det samme gjelder for bryteren som skal styre retningen på motoren til kveileren og kan skade motoren samtidig.

Software system løsning

For å passe på at systemet fungerer som det skal, har det blitt satt inn en datalogger som passer på å registrere alt som skjer i systemet.

Hvis det skjer noe, kan man gå inn for å finne ut hvor det har skjedd en feil, eller gå inn og se på verdier etter hver gang den har vært i drift for å sammenligne at det ikke er store avvik.

Hardware systemløsning

For dette systemet må det være en person som passer på systemet ved demningen mens renseprosessen er i gang.

Risikovurdering av mekanikk-systemet

Renseenhet

Renseenheten kan kile seg fast i rørgaten. For å få ut en eventuelt fastkilt renseenhet må man identifisere posisjonen til renseenheten før man demonterer rørgaten i det punktet. Dette må man unngå for å slippe store økonomiske heftelser. Et system som forhindrer eller løser fastkiling bør vurderes.

Første test viste at dette er et reelt problem som må tas hensyn til.

Skraping av rørgaten er en risiko som renseenheten påfører systemet. Skraping unngås ved å velge kontaktmaterialer med gode friksjonsegenskaper og rimelig elastisitet samt velge optimale parametere for fjærtrykk.

Integriteten til renseenheten er viktig å ivareta da løse deler garantert vil skade turbinen. Grundig analyse og testing av renseenhets fysiske egenskaper skal forhindre mekanisk svikt.

Vaier

Vaierbrudd kan oppstå ved for høyt snordrag og vil ha katastrofale følger for vannkraftverket. Tiltak for å forhindre vaierbrudd er gode beregninger av snordrag samt velge vaier med tilstrekkelig sikkerhetsfaktor.

Vaier kan ripe opp innsiden av rørgaten hvis pvc-belaget går i oppløsning eller på en annen måte blir ødelagt. Dette vil føre til store økonomiske tap for kraftverket grunnet dårligere friksjonsegenskaper på innsiden av røret. Man unngår dette ved grundig testing av vaier før implementering av rensesystemet.

Mater

Under mating av renseenheten må man minimalisere muligheten for fastklemming av armer og ben.

Mater bør fasilitere retningsendring uten vesentlig friksjon.

Referanser

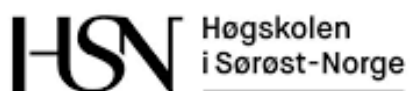
[1] Arbeidstilsynet, arbeidstilsynet.no (14/04 2016)

Økonomi

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Bjørn Erik Gjøvland
22/05 2016
Version 1.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
0.1	22/04 2016	Bjørn Erik	Opprettet
1.0	22/05 2016	Bjørn Erik	Publisert

Sammendrag

Økonomilister for prosjektet innen for design og drift økonomi.

Innhold

Sammendrag	1
Prototype kostnad	3
Økonomi El-design, Arduino	3
Økonomi El-design Kretskort	4
Økonomi Maskin-design	5
Økonomi Tot-design	5
Drift kostnad	5
Kjøre kostnad	5
Bompenger	6
Kontormidler	6
Referanser	7

Prototype kostnad

Økonomi El-design, Arduino

Komponent	Pris	Enhet	Leverandør	Sum
Motor shield	359 NOK	1 stk	kjell.com	359 NOK
Arduino mega	499 NOK	1 stk	kjell.com	499 NOK
Fargesensor	150,48 NOK	1 stk	arduino-elektronika.eu	150,48 NOK
LCD skjerm	112,2NOK	1 stk	store.arduino.cc/ product	112,2 NOK
DC motor	27,34 NOK	2 stk	store.arduino.cc/ product	54,86 NOK
Motstander	0,84 NOK	8 stk	store.arduino.cc/ product	6,72 NOK
Knapper	2,98 NOK	6 stk	store.arduino.cc/ product	17,91 NOK
Dioder	1,79 NOK	3 stk	store.arduino.cc/ product	5,37 NOK
Portmeter	8,49 NOK	1 stk	store.arduino.cc/ product	8,49 NOK
Ledninger	2,54 NOK	63 stk	store.arduino.cc/pr	160,02 NOK
HX711 Sensor AD Module	35,70 NOK	1 stk	www.dx.com	35,70 NOK
Load sensor	41,18 NOK	1 stk	www.dx.com (3kg)	41,18 NOK
SD Shield	140 NOK	1 stk	store.arduino.cc	140 NOK
Micro bryter	3 NOK	2 stk	www.dx.com	6 NOK
SD kort	250 NOK	1 stk	biltema.no	250 NOK

Økonomi El-design Kretskort

Komponent	Pris	Enhet	Leverandør	Sum
ATmel ATmega2560-16AU	142.22 NOK	1stk	no.mouser.com	142.22 NOK
ATmel ATMEGA16U2-AU	37.34 NOK	1 stk	no.mouser.com	37.34 NOK
TCS3200D-TR	27.81 NOK	1 stk	no.mouser.com	27.81 NOK
IRFS7530TRL7PP	31.35 NOK	12 stk	no.mouser.com	376.2 NOK
PB5006-E3/45	32.49 NOK	1 stk	no.mouser.com	32.49 NOK
BLM21PG221SN1D	0.95 NOK	1 stk	no.mouser.com	0.95 NOK
CD1206-S01575	1.35 NOK	2 stk	no.mouser.com	2.70 NOK
LTST-C171KSKT	2.95 NOK	2 stk	no.mouser.com	3.90 NOK
ABM3B-16.384MHZ-10-1-U-T	10.45 NOK	2 stk	no.mouser.com	20.90 NOK
CG0603MLC-05E	1,71 NOK	2 stk	no.mouser.com	3.42 NOK
TL3301PF160QG	3.39 NOK	1 stk	no.mouser.com	3.39 NOK
STM32F4	93.96 NOK	2 stk	no.mouser.com	187.92 NOK
DRV8302DCA	55.2 NOK	2 stk	no.mouser.com	110.40 NOK
WSLP27261L000FEA	25.84 NOK	4 stk	no.mouser.com	103.36 NOK
CGA9P3X7S2A156M250KB	31.64 NOK	4 stk	no.mouser.com	126.56 NOK
APT2012QBC/D	3.65 NOK	2 stk	no.mouser.com	7.30 NOK
LTST-C171KFKT	2.70 NOK	2 stk	no.mouser.com	5.40 NOK
LTST-C171KRKT	2.78 NOK	2 stk	no.mouser.com	5.56 NOK
PMEG6020ER,115	3.78 NOK	2 stk	no.mouser.com	7.56 NOK
SMAJ5.0A	3.70 NOK	1 stk	no.mouser.com	3.70 NOK
SDR0805-220ML	5.22 NOK	2 stk	no.mouser.com	10.44 NOK
NCP18XH103F03RB	1.98 NOK	2 stk	no.mouser.com	3.96 NOK
ABM3B-8.000MHZ-10-1UT	9.47 NOK	2 stk	no.mouser.com	18.94 NOK
TE-1981568-1	9.47 NOK	3 stk	no.mouser.com	18.81 NOK
SCHA5B0200	12.35 NOK	1 stk	no.mouser.com	12.35 NOK

Økonomi Maskin-design

Enhet	Enhetspris	Antall	Leverandør	Sum
FStål 20x20x2	22 NOK/m	0,5 m	Norsk Stål	11 NOK
FStål30x30x2	37 NOK/m	0,4 m	Norsk Stål	14,8 NOK
Stålrør 26x2	30 NOK/m	0,6 m	Norsk Stål	15 NOK
POM plate 10x220x1800	100 NOK/stk	1 stk	Ukjent	100 NOK
Assorterte festartikler	500 NOK/kg	0,2 kg	Swedol	120 NOK
Bust	200 NOK/stk	2 stk	Swedol	400 NOK
Rørstuss	400 NOK/stk	1 stk	Hallingplast	400 NOK
Fjær	30 NOK/stk	4 stk	Ukjent	120 NOK

Økonomi Tot-design

Komponent	Sum
El-design	3120,28 NOK
Maskin-design	1180,80 NOK
Totale sum	4301,08 NOK

Drift kostnad**Kjøre kostnad**

Fra og til	Km	kilometergodtgjørelse	Dato	Sum
HSN - Fønhus AS	163,6 Km	3,45 NOK	05,02,2016	562,3 NOK
HSN - Fønhus AS	163,6 Km	3,45 NOK	05,02,2016	562,3 NOK
HSN - Larvik	114,5 Km	3,45 NOK	20,04,2016	393,3 NOK
HSN -Larvik	114,5 Km	3,45 NOK	02,05,2016	393,3 NOK
HSN - Larvik	114,5 Km	3,45 NOK	04,05,2016	393,3 NOK
HSN - Halingsplast	185,1 Km	3,45 NOK	18,03,2016	638,5 NOK

Bompenger

Fra og til	Bom NOK	Sum
HSN - Fønhus AS	20 NOK	40 NOK
HSN - Fønhus AS	20 NOK	40 NOK
HSN - Larvik	38 NOK	76 NOK
HSN - Larvik	38 NOK	76 NOK
HSN - Larvik	38 NOK	76 NOK
HSN - Halingplast	75 NOK	150 NOK

Kontormidler

Program	NOK/Måned	Sum/6 måned
Sharelatex	60 NOK/Måned	360 NOK/6 måned
Zoho	167 NOK/Måned	1002 NOK/6 måned

Referanser

- [1] Kilometergodtgjørelse, autogear.no (09/05 2016)

Sluttdokument

Rensesystem for rørgate

Gruppe 19

Gruppemedlemmer
22/05 2016
Version 1.0



Version	Utgitt	Bruker	Kommentar
0.1	11/05 2016	Odinn	Opprettet
1.0	22/05 2016	Odinn	Publisert

Sammendrag

Dette dokumentet går igjennom analysering og vurderinger av gruppens arbeid og prosjektets gjennomgang. Hver gruppe-medlem skal også gi en kort egenvurdering deres rolle i prosjektet, tanker og læreutbytte.

Innhold

Sammendrag	1
Prosjektanalyse	3
Planlegging	3
Timebruk	3
Prosjektarbeidet	5
Presentasjonen	5
Løsningsanalyse	6
Konseptvalg	6
Mekanisk utvikling	6
Elektro utvikling	7
Egenvurderinger	8
Bjørn Erik Gjøvland	8
Lars Berg	9
Odinn Gudmundsson	10
Truls Einen	11
Konklusjon	12

Prosjektanalyse

Ved prosjektets oppstart utviklet gruppen planer og retningslinjer for hvordan prosjektets framgang skulle se ut. I prosjektanalysen skal den faktiske fremdriften og planen sammenlignes, etterfulgt av en diskusjon over hva gikk bra og hva kunne ha gått bedre.

Planlegging

Prosjektets planlegging begynte i midten av januar 2016 når gruppen ble formelt dannet og oppgaven var klar. Dette ga gruppen liten tid for å danne en robust gruppestruktur, og arbeidet mot første presentasjon ble prioritert. En grovt framdriftsplan ble utarbeidet, som tok sikte på å utføre tre designiterasjoner under prototypefasen. Et internt mål var å i slutten av prosjektarbeidet ha en fungerende prototype for å vise fram i hovedpresentasjonen.

Prosjektarbeidets milepeler var lenge i stor grad definert av de forskjellige fristene satt av skolen (fortrinnsvis fremføringer og innleverings dato-er assosiert med disse). Dette utgjorde lenge gruppens primære milepeler, men gruppen begynte etterhvert å definere egne målsetninger for hvor langt utvikling av enkeltsystemer skulle være til et angitt tidspunkt, noe som forbedret gjennomføringsevnen og evnen til å møte tidsfrister betraktelig.

Spesielt for utviklingen av den første renseenhet-prototypen forekom det tidsoverskridelser da arbeidet assosiert med fysisk produksjon av denne var noe undervurdert. Planleggingen av utviklingen av denne og gjennomføringen av tester ble gradvis bedre i løpet av prosjektet.

Prosjektets målsetninger ble flere ganger i løpet av prosjektarbeidet endret i forhold til gjestående tid, fra komplett fungerende prototype til prototyper av undersystemer, et mål gruppen har nådd for de to viktigste undersystemene.

Timebruk

Som veiledning under estimeringen av tidsbruk bruktes det estimerte tidsbruket for 20 ECTS punkter på 600 timer. Det er i overkant mye timer, for de antall dagene prosjektet skulle utføres i, fordi hvis det sammenlignes med antall arbeidsdager og 7.5 timers arbeidsdag ender summen på 455 timer. Inne i denne utregningen er det tatt hensyn til at gruppe-medlemmer et 10 ECTS punktets fag som bruker opp 1/3 del av timene på den 91 arbeidsdags prosjekt kalenderen.

Et tidsskjema ble laget hvor forventet tidsbuk til hver del av prosjektet ble antatt. Med å sammenligne den med uttak ut av prosjektets timelister kan vi se hvordan denne estimeringen passer mot aktuelle utførte timer:

Tabell 1: Prosjektets ressursplan

Prosjekt: Rensesystem til rørgate (gruppe 19)										Ressursplan					
Nr	Aktivitet	Total			Lars		Bjørn		Odinn		Truls		Status		
		est	reg	avvik	est	reg	est	reg	est	reg	est	reg	est	reg	%
1	Innledningsdokument	46	48	2	15	15	7	4	14	19	10	8	100 %		
2	Kravspesifikasjon	40	46	6	27	32	4	7	5	3	9	12	100 %		
3	Testspesifikasjon	28	23	5	4	3	16	13	2	3	8	7	100 %		
4	Prosjektplan	123	169	46	45	54	14	2	37	49	25	64	100 %		
5	Administrativt	192	114	78	48	43	48	15	48	23	48	35	100 %		
6	Elskursjon	54	48	6	10	10	22	17	10	10	12	11	100 %		
7	1. presentasjon	108	101	7	21	23	29	39	31	30	32	20	100 %		
8	Konseptvalg	160	162.5	2.5	40	62	40	25	40	31	40	47	100 %		
9	Testplan	100	8	92	25	6	25	0	25	0	25	6	100 %		
10	Mekanisk design 1. iterasjon	100	147	47	50	74	0		0		50	73	100 %		
11	Elektrisk design 1. iterasjon	170	176.5	6.5	0		85	85	85	91.5	0		100 %		
12	Solidworks-modellering 1. fase	100	36	64	50	19	0		0		50	17	100 %		
13	2. Presentasjon	100	101	1	25	21	25	33	25	33	25	14	100 %		
14	Test 1. iterasjon	100	90	10	25	32.5	25	9.5	25	11	25	2 5.5	100 %		
15	Mekanisk design 2. iterasjon	100	61	39	50	20	0		0		50	41	100 %		
16	Elektrisk design 2. iterasjon	150	245.5	95.5	0		75	55.5	75	202.5	0		100 %		
17	Solidworks-modellering 2. iterasjon	50	21	29	25	0	0		0		25	21	100 %		
18	Test 2. fase	72	71	1	18	27	18	9.5	18	11	18	23.5	100 %		
19	Nettside	35	41.5	6.5	0		15	21.5	20	20	0		100 %		
20	Prototype 1	100	55	45	25	33	25		25		25	22	100 %		
21	Prototype 2	90	20	70	15	20	25		25		25		100 %		
22	Friksjonsberegninger	35	43	8	20	34					15	9	100 %		
23	El-prototype	62	129	67			37	129	25				100 %		
24	Mekanisk design 3. iterasjon	80	73	8	45	24					35	49	100 %		
25	Rettskriving av dokumentasjon	70	129		15	41	15	23	25	37	15	41	100 %		
26	3. Presentasjon	200			55		55		55		55		0 %		
		Total			Lars			Bjørn		Odinn		Truls		Prosjekt	
		est	reg	avvik	est	reg	est	reg	est	reg	est	reg	est	reg	total
sum		2485	2212		645	591	602	490	599	568	615	563	2212		

Som vi kan se i denne i denne timelisten har gruppen varierende diskrepans i timelisten. Dette viser at det har vært vanskelig å estimere timer. Samtidig har det blitt oppdaget avvik i Zoho og timene fra ukeplanene. Dette har vært veldig vanskelig å rette opp i da timelistesystemet er veldig klønete, og man må gå gjennom hele kalenderen for å prøve å finne det aktuelle avviket. Samtidig kan det dårlig brukergrensesnittet til Zoho ha bidratt til feil i timelistene. Ellers har gruppen generelt hatt en arbeidsbelastning som er godt over en gjennomsnittlig arbeidsuke.

Prosjektarbeidet

Prosjektarbeidet med generell prosjektplanlegging og papirarbeid rundt det. Dersom ingen av gruppemedlemmene hadde mye erfaring med prosjektarbeid på dette nivået, krevde det en ekstra innsats. Denne fasen var mer tidskrevende enn gruppen forventet i starten, men det har vært en veldig lærerik prosess og har gitt medlemmene bedre innsikt i hvordan et slikt arbeid planlegges og utføres.

Da oppdragsgiver er et mindre firma med begrensede midler uten noe formelt utviklingsbudsjett valgte gruppen å jobbe med lavkostnadsutvikling. Det var et visst fokus på å bruke løsninger og deler som kunne lånes eller kunne skaffes til veie så billig som mulig eller gratis.

Samarbeidet mellom gruppemedlemmer var positivt og gikk lett igjennom hele prosjektet. Medlemmene var tilgjengelige igjennom flere kommunikasjons metoder stort sett når som helst på døgnet for diskusjoner. Diskusjoner om diverse saker som kunne lede til konstruktiv argumentering hvor medlemmer halveis kranglet om saken, men det endte alltid opp som positiv framgang for prosjektet, og alle er fortsatt venner.

Gruppen har satt opp en modell for arbeidsmetodikken som vi fulgte utover i prosjektet. Denne modellen er bygget på prototype-prinsippet og er iterativ. Modellen hjalp til å strukturere arbeidsmetodikken, og pekte hele tiden til neste skritt i forhold til hvor gruppen skulle videre. Den gjorde at man lærte av sine feil å kunne forbedre designet eller dokumentasjonen underveis i prosjektet uten å måtte gå helt tilbake til start.

I arbeidet i dette prosjekt så var gruppen veldig flink til å følge modellen som den var satt opp, før man fikk lov til å gå videre med neste tema så ble dokument eller prototype sjekket når det kravene til gruppen var oppnådd så kunne man gå videre med neste tema.

Presentasjonen

Gruppen har gjennomgått to fremføringer av prosjekt arbeidet fram til nå og har en siste framføring igjen. Første framføringen satt fokus på prosjektplanen og hvordan prosjektet skulle utvikle seg i løpet av prosjekttiden. Andre framføring skulle gruppen vise fram arbeidet dem hadde utført fram til da og presentere løsningen de hadde valgt og skulle bruke resten av prosjekttiden til å utvikle.

Tredde og siste presentasjonen er dobbel så lang som de andre to og er delt i to. Først er det presentasjon av gruppens prosjektarbeid i sin helhet og etter det en salgspresentasjon

hvor produktet skal presenteres mot oppdragsgiver som en eventuell kjøper og bruker av produktet.

Løsningsanalyse

Sånn som for fleste problemer så finnes det flere måter de kan løses på. For en prosjektgruppe er det viktig å gjennomføre en analyse av problemet for å velge rett løsning for utvikling. For å få bedre forståelse for problemstillingen reiste gruppen opp til Fønhus kraftverk og gjennomførte en renseprosess slik den gjennomføres i dag. Dette besøket sammen med ekstern veileders erfaring ga godt og nyttig informasjon som kunne brukes under prosjektarbeidet.

Konseptvalg

Etter gjennomgang av flere mulige løsninger, både aktuelle og uaktuelle, ble fire valgt for mer grundig undersøkelse. De fire løsningene ble fordelt mellom gruppemedlemmene og det ble produsert en konseptstudie for hver. Disse løsningene ble så vurdert og satt inn i en PUGH-matrise hvor forskjellige deler av løsningen kunne veklegges og gis poeng etter nøye valgte kriterier. Hver løsning fikk da en poengsum som ga en mer kvantitativ pekepinn mot den beste løsningen.

Konsept 2 ble valgt. Den består av en fritt roterende børsteenhet som drives med vannstrømmen i rørgata og en vinsj som styrer posisjoneringen av børsteenheten via en stålvaier. Det har vist seg i etter tester som har blir gjort under prosjektet at denne løsningen vil fungere og er gjennomførbar, så gruppen valgte riktig konsept å gå videre med.

Mekanisk utvikling

Målet for den mekaniske utviklingsdelen etter konseptvalg var å lage en fungerende prototype. Denne fasen av utviklingen startet med at man prøvde å regne på å regne ut nødvendig dreiemoment på renseenheten i forhold til alle motkreftene for å få tilstrekkelig rotasjon. Gruppen fant fort ut at dette ble et alt for komplisert regnestykke for gruppen å regne ut. Gruppen hadde i starten planlagt å bygge småskala prototype, men på grunn av vanskeligheten for å regne ut relevante data, ble det besluttet å heller lage en fullskala prototype. Prototypen ble bygd med tanke på økonomi og hvilke verktøy gruppen hadde tilgjengelig. Denne prototypen skulle bevise konseptet, en såkalt "proof of concept".

Materialene som ble brukt i prototypen var det gruppen hadde tilgjengelig, eller kunne få tak i for en billig penge. Prototypen bærer derfor preg av å være en prototype produsert på lavt budsjett. Samtidig som man designet prototypen, ble flere dataanalyser gjennomført. Disse dataanalysene ga viktig info om renseenhetens tåleevne, samt fluiddynamiske egenskaper. Ved hjelp av dataanalysene og fysiske tester har man laget flere utviklingsiterasjoner. Testen av utviklingsiterasjon 2 ga det første positive testresultatet med tanke på

rotasjon. Utviklingsiterasjon 3 har gått ut på utredning av friksjonsegenskaper og bedre turbinblader.

I et fremtidig utviklingsscenario ville gruppen ha fokusert på vektreduksjon av renseenheten, da nåværende prototype er veldig overdimensjonert og i konstruksjonstål. Gruppen ville også analysert sikkerhetsbehovene for resesystemet, og mulig bestemt seg for om man vil bruke "safe fail" eller "designed to fail"-metoden, som tidligere nevnt er også optimalisering av turbinfunksjon en faktor det kunne jobbes videre med.

Elektro utvikling

Utviklingen av det elektriske systemet begynte med en vurdering av systemkrav og hva systemet måtte innholde for å oppnå ønsket funksjon. Styreenhet sammen med en driveenhet er nøkkelpunktene i designet, og ekstra funksjoner er bygget inn i hver av dem. Utilisting av mulige funksjoner ble rangert etter hvor viktige de var for systemet og i hvilken rekkefølge de skulle implementeres. Målet er halvautomatisk vinsj som klarer gitte laster og hastigheter.

Som en styreenhet i prototypefasen ble Arduino Mega brukt. Den ble valgt på grunn av at den er lett programmert og at gruppen hadde tilgang til en mengde billige moduler for småskala prototype. Igjennom prototype iterasjonene ble flere og flere funksjoner lagt til som bryter panel samt måling, framvisning og lagring av viktige parametere. Disse funksjonene antas til å være et godt startpunkt for en helhets system. Videre utvikling av produktet antas til å være implementering av avansert fjernkontroll og skjermstyring som muligens krever oppgradering av styreenheten.

Implementering av disse forskjellige funksjonene har gått som forventet utenfor implementering av last sensor som har en oppgave å måle strekklasten på vaiere matet fra vinsjen. Sensoren viser seg å fungere som den skal når den er implementert aleine men årsaker treg operasjon i mikrokontrolleren og ubrukelig måleverdi. Dette problemet har gruppelemmer ikke klart å fikse nå ved prosjektets innlevering.

Drivenheten består av en motorkontroller og en motor. Leting etter brukbare motor-kontroller som oppfylte kravene om ytelse og funksjoner resulterte i et valg av en åpen kilde prosjekt som kunne endres etter endret behov for ytelse.

Sammen med disse to åpen kilde enhetene kunne dem brytes ned og optimaliseres for prosjektets formål. Dem ble da tegnet opp i et skjemategnings program med det som et formål å få produsert tegninger for eventuell produsering av et kretskort.

Målet med å lage et eget kretskort er å simplifisere enheten og spare plass. En annen fordel med å plassere delene på et felles kretskort er å fjerne mest mulig behovet for intern kabling som krever løse koblingspunkter og løse deler som er mer utsatt for skade og utmattelse. Kretskortet står klart med skjemategninger, kretskortstegninger og materiellliste klar for bestilling og prototypetesting.

Egenvurderinger

Bjørn Erik Gjøvland

Min rolle i prosjekt for rørgaterenser var det elektriske/programmering av mikrokontroller (Arduino Mega), tegning/oppsett av mikrokontrolleren og funksjons testing av systemet etter vær iterasjon som ble fullført.

Det har vært en utfordring å sette seg inn i Arduino programmering etter jeg hadde det som fag.

Alle i gruppen har jobbet bra sammen og vært hjelpsomme vis man har stått fast, så har vært et tett samarbeid fra starten av og vi satt gode retnings linjer åsen ville gå fremover i prosjektet.

Gruppen har slitt litt med estimering av tid hva på forskjellige oppgavene blitt stress faktor og det har gjort vanskelig å holde følge med time antallet på zoho prosjekt verktøyet som ble valg å bruke.

Arbeids prosessen har fulgt modellen som ble satt av starten av prosjektet, fant ut at den ga gruppen en strukturert måte å arbeide på, og ga ås et godt start gruppen gikk forskning, avgjørelse, prototype, implementering og testing, prosjekt modellen gjorde som at vi kan lære av våre feil og dermed hjelpe ås videre til å nå målet.

Modellen som gruppen valgte passet veldig bra i forhold til det prosjekte som gruppen har, å sette opp en god modell er veldig viktig for at gruppen skal fungerer godt, som jeg har funnet under denne prosjekt tiden.

Jeg skulle ha ønsket i dette prosjektet at vi hadde greid å fullføre kretskorte for se om det hadde funket optimalt for dette prosjektet, på grund av tiden som vi hadde ble ikke dette realiteten men lag ferdig teoretisk.

Arbeidsgiveren har ikke vært så aktiv i prosjektet som jeg kunne ønsket lit mere interesse fra han, men arbeidsgiver han gitt gode tips når vi har møtt han og vært veldig hyggelig mot gruppen.

De fleste gruppen kommer fra praktisk bakgrunn så oppgaven ble sett på i et annet lys enn vis alle hadde vært akademikere og har vært igjennom prosjekt arbeid før det hjalp på, men var krevne å sette opp et prosjekt fra start til slutt med dokumentasjonen som krevdes for prosjektet men var veldig lærerikt.

Dette prosjektet har virkelig gitt meg en ekte liv erfaring og lært meg hvordan det er å jobbe innenfor et ingeniørmiljø. Det har vært utfordrene og noen ganger vanskelig finne ut av ting, men har også så vært veldig givende og veldig godt for selvtilliten å få til ting man har sittet lenge med.

Jeg tror at denne erfaringen kan jeg ta med meg videre inn i karrieren fram ti tid.

Dette var et veldig morsomt prosjekt å jobbe med jeg vil anbefale ha et prosjekt med vankraftverk, det er utfordrerer mye som kan gjøres inn for dette tema fremover i framtiden.

Lars Berg

De siste fem månedene har jeg fått prøve meg som prosjektleder, en rolle jeg fra før av ikke har noen relevant erfaring i. Det har vært en svært lærerik prosess, med en del ansvar og til tider litt stress. Jeg er ganske fornøyd, og kanskje litt stolt over det vi har oppnådd som gruppe, og jeg er sikker på at alle gruppemedlemmene vil si seg enig i at dette er en erfaring vi har vokst på og kan gjøre nytte av i kommende prosjekter i yrkeslivet.

Gruppen vår har hatt en god dynamikk, med en flat struktur som har gjort at alle har kunne si sitt og selv sette preg på arbeidet som har blitt gjort. Vi har diskutert problemer og kommet frem til løsninger, uten alt for mye friksjon. Alle har gruppemedlemmer har vist interesse for oppgaven og det har generelt vært et fokus av den typen som gjør at detaljdelegering av arbeidsoppgaver har vært unødvendig. Denne kvaliteten er viktig i et gruppearbeid, og en gruppe hvor folk ikke kan ta beslutninger og jobbe selvstendig fungerer dårlig og får gjort betydelig mindre. Alle gruppemedlemmer har i stor grad vært selvgående, og således gjort min jobb som prosjektleder betydelig lettere.

Dokumentasjonskravene har gjennom arbeidets gang virket tunge og demotiverende, og jeg vil si at denne delen av jobben har vært det mest krevende, og særlig da gruppen vår har utført en oppgave hvor mye var nytt og ukjent. Vi kom ikke til dekket bord, og jeg må nesten litt stolt konstantere at vi har funnet ut det meste på egen hånd. Dette må ikke forstås som noen kritikk av oppdragsgiver, som har vært svært behjelpelig med alle spørsmål og utvist stort engasjement på våre vegne; heller at vi som gruppe ikke har vært flinke nok til å ta kontakt og involvere, noe som igjen er prosjektleders ansvar.

Foruten prosjektlederjobben har jeg drevet en del med prototypebygging, samt planlegging og utførelse av forskjellige tester, og dokumentasjon forbundet med disse. Det har vært mye jobb i forbindelse med disse testene, men jeg vil si at det er de aktivitetene jeg likte best, og kommer til å huske lengst. Særlig de fysiske testene på sjøen var veldig givende. Alt i alt så har jeg en del små ting jeg ville gjort annerledes hvis jeg kunne gjøre dette om igjen; uten at dette egentlig er negativt i den store sammenhengen. Det betyr vel at jeg har lært noe.

Odinn Gudmundsson

Hovedansvarsområdene mine var elektroansvarlig, teknologiansvarlig og kretskortansvarlig. Som eldste gruppemedlemmen kommer jeg med på bordet mest praktisk erfaring innen for prosjektarbeid, både som leder, nestleder og undermann. Erfaringen er likevel ikke innenfor prosjekt utvikling men heller byggebransjen hvor papirarbeid og dokumentering ikke var stor del av ansvaret.

Oppstarten av prosjektet viste seg til å være en del vanskeligere en forventet der som det krevde stort innsats fra gruppemedlemmene å sette retningslinjer for gruppen og bestemme i hvilken form dokumentene skulle lages.

Resultatet var en god prosjektplan som egnet seg denne problemstillingen som har et klart formål men er innenfor et område hvor teori/informasjon finnes lite av. Dette fører til kravet for fleksibilitet og mulighet for å utføre tester for innhenting av informasjon. En annen fordel med iterasjonstester er at den bryter opp den ganske ofte monotone dokumenthverdagen.

Samarbeidet mellom gruppemedlemmer gikk uten problem selv om uenigheter kunne oppstå, men dem dem ble alltid diskutert i god tone. Kommunikasjon igjennom Facebook og andre ny-aldersmiddler førte til å medlemmer var tilgjengelige, og svar kunne fås innen kort tid.

Jeg er fornøyd med prosjektets resultat likevel å jeg kunne godt tenkt meg å komme lengre inn i utviklings prosessen. Dette er en veldig interessant problemstilling som krevde en spesiell løsning. Videre utvikling av produktet hadde vært spennende å følge med samt sammenligning av utført arbeid under prosjekt tiden mot utvikling i et ingeniørfirma.

Hele prosjektarbeidet har vært en stor læreprosess begge faglig og personlig. Faglig har det hjulpet for å skjerpe synet for hvordan en prosjekt prosess bør foregå og hva er viktig og hva er ikke like viktig. Personlig har det dratt fram personlig feiler samt viset fram hvor styrken ligger.

Bachelorprosjektet har definitivt vært ett av den mest, om ikke den mest lærerike delen av studien. Sammenhenget mellom teoretiske og praktiske oppgaver ga en innblikk inn i en mer interessant utnytting av kompetans. Det motiverte en ganske sliten håndverker utdannet student etter en lang teoretisk studie.

Truls Einen

Oppgavene mine i prosjektet har vært mekanisk design, finskriving av dokumenter og Cad-tegninger. Jeg er den eneste fra gruppen uten praktisk erfaring. Dette har ført til en lærerik prosess der jeg føler både gruppen og jeg har hatt fin utvikling.

Prosjektmodellen vår har passet godt og har ledet til en spennende utviklingsfase der gruppen har fått brukt mye tid til praktisk prototypebygging. Dette har vært spesielt gøy for meg da jeg har liten erfaring med lignende. Prototypemodellen har også fungert bra, da vi har gått fra en ikke-fungerende prototype til en fungerende ved hjelp av testing og forbedringer i henhold til testresultater. Jeg er veldig stolt over hva gruppen har oppnådd med begrensede ressurser.

Den største utfordringen med prosjektet har vært dokumentasjonsarbeidet. Ingen på gruppen har deltatt i prosjekter med så stort dokumentasjonstrykk før, så det har krevd tilpasning fra hele gruppen. Min erfaring er at gruppen har blitt bedre på dokumentskriving i løpet av prosjektet, og at det ble lettere på slutten.

I løpet av prosjektet har jeg blitt veldig glad i tekstbehandlingsprogrammet Latex, og tror jeg vil ta med meg det videre til en eventuell masteroppgave i framtiden. Samtidig har jeg vært misfornøyd med prosjektverktøyet Zoho, og vil ikke anbefale noen å bruke det til prosjektformål. Det har vært klønete og tidkrevende å lage timelister fra timer som er ført i Zoho, noe som har vært mitt ansvar.

Den viktigste erfaringen med prosjektet for min egen del har vært hvor nyttig det er å være faglig fleksibel. I løpet av prosjektet har jeg gjort alt fra enkel koding til mekaniske utregninger. De forskjellige arbeidsoppgavene har gjort at en har blitt god til å lære, og det er noe man kan ta med seg videre.

Konklusjon

I sin helhet er gruppen fornøyd med det arbeidet som er gjort og resultatet dette har avstedkommet. Det er konsensus for at oppgaven og prosjektrammene rundt det har gitt gruppemedlemmene en utfordring vi har lært mye av å løse. Gruppen har fått mulighet til å kombinere teori og praksis, og har bygget prototyper for å forsøke å løse en reell problemstilling. Resultatet av alt dette arbeidet er per dags dato ikke i en form som løser problemstillingen, men det er et godt stykke på vei.