

# Sensur av hovedoppgaver

Høgskolen i Buskerud og Vestfold

Fakultet for teknologi og maritime fag



Prosjektnummer: **2015-07**

For studieåret: **2014/2015**

Emnekode: **SFHO3201**

## Prosjektnavn

Strøm til Watt

Stream to Watt

**Utført i samarbeid med:** Knut Henrik Skramstad

**Ekstern veileder:** Knut Henrik Skramstad

**Sammendrag:** Arbeidet har gått ut på utvikling av et kinetisk portabelt elvekraftverk. Kraftverket er tiltenkt hyttemarkedet, men kan også brukes som et supplement til husstander eller hytter som er koblet til strømnettet.

## Stikkord:

- Grønn energi
- Kinetisk vannkraft
- Arkimedesskrue

Tilgjengelig: JA

## Prosjekt deltagere og karakter:

Navn	Karakter
Marte Rognerud	
Mats Frydenlund Evensen	
Jonas Hovde Pedersen	
Andreas Pedersen Blakstad	
Jo Estensen Nysæter	
Joel F. Göransson	

Dato: 4. Juni 2015

---

Bjørn Gjevik  
Intern Veileder

---

Karoline Moholth  
Intern Sensor

---

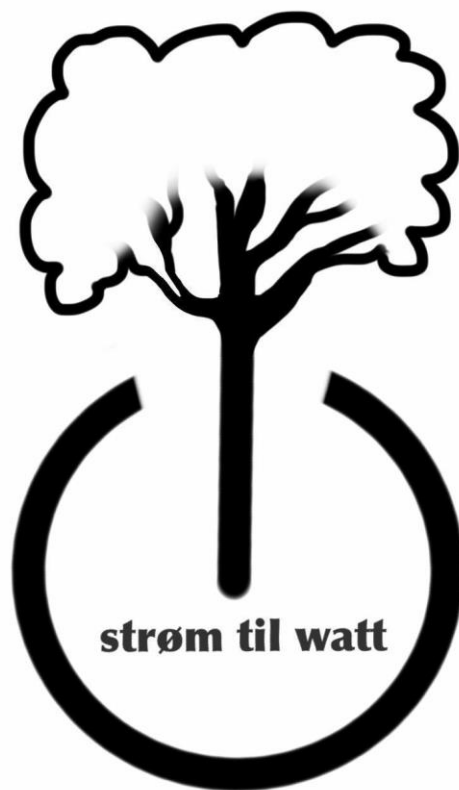
Knut Henrik Skramstad  
Ekstern Sensor

# Strøm til Watt

1. Prosjektplan
2. Kravspesifikasjon
3. Testplan og -spesifikasjon
4. Forstudie
5. Teknologidokumenter
6. Designdokument
7. Kravanalyse
8. Evalueringsrapport



# Prosjektplan



## Innholdsfortegnelse

1	Dokumenthistorie .....	4
2	Innledning .....	5
3	Prosjektets omfang .....	5
3.1	Problemstilling .....	5
3.2	Målsetninger .....	5
3.2.1	Læringsmål .....	5
3.2.2	Produktmål .....	6
3.3	Økonomi .....	6
4	Prosjektstruktur .....	7
4.1	Agil iterativ og inkrementell .....	7
4.2	Visjon .....	9
4.3	Formål .....	9
4.4	Prosjektleveringer .....	9
4.5	Planleggingsverktøy .....	10
4.5.1	Gantt-diagram .....	11
4.6	Samhandlingskort .....	12
4.7	Milepælsplan .....	12
4.8	Risikoanalyse .....	13
4.8.1	Evalueringsmatrise .....	16
4.9	Gruppestruktur .....	17
4.9.1	Ansvarsområder .....	17
4.10	Møtestruktur .....	17
4.10.1	Internmøter .....	17
4.10.2	Eksternmøter .....	18
5	Referanser .....	18



## Vedlegg

Vedlegg A – Versjonsendringer

Vedlegg B – WBS

Vedlegg C – Gantt

Vedlegg D – Aktivitet mot krav

Vedlegg E – Krav mot aktivitet

## Figuroversikt

Figur 1: Iterativ og inkrementell modell.....	8
Figur 2: Gantt diagram .....	11
Figur 3: Samhandlingskort .....	12
Figur 4: Milepælsdiagram.....	13
Figur 5: Evalueringsmatrise.....	16

## Tabelloversikt

Tabell 1: Versjonshistorie .....	4
Tabell 2: Deltakeroversikt.....	4
Tabell 3: Prosjektbudsjett .....	6
Tabell 4: Risikoelementer.....	14
Tabell 5: Sannsynlighet vs. Konsekvens .....	15
Tabell 6: Ansvarsområder .....	17

Strøm til Watt	06.05.2015
Prosjektplan	Versjon 3.0

# 1 Dokumenthistorie

Tabell 1: Versjonshistorie

Versjon:	Dato:	Ansvarlig:
1.0	03.02.2015	JG og JN
2.0	13.03.2015	MR
3.0	06.05.2015	MR

Tabell 2: Deltakeroversikt

Deltakere	Initialer
Andreas Blakstad	AB
Jo Nysæter	JN
Joel Gøransson	JG
Jonas H. Pedersen	JHP
Marte Rognerud	MR
Mats F. Evensen	MFE

## 2 Innledning

Dette dokumentet beskriver prosjektplanene til bacheloroppgaven Strøm til Watt. Det beskriver hvilke valg vi har arbeidet etter i prosjektet. Det ble tidlig avtalt at gruppe-medlemmene skulle jobbe 600 timer hver. Disse timene ble fordelt utover 5 måneder. For Strøm til Watt utgjorde dette 35 timer per uke før påske, 2 uker påske/eksmenslesningsferie og deretter 50 timer per uke frem til 19. mai. Gruppe-medlemmene vil også jobbe 50 timer mellom innleveringen 19. mai og presentasjonen 3. juni, uten at dette føres.

## 3 Prosjektets omfang

Prosjektoppgaven er gitt av Knut Henrik Skramstad, heretter kalt oppdragsgiver. Det er ikke midler i prosjektet til å lage et ferdig fullskala system, men det skal utvikles en prototype til 1500 kr. Prototypen skal ha en virkningsgrad ( $C_P$ ) på minimum 0,05, i henhold til ligningen  $E = \frac{1}{2} \rho v^3 A C_P$ . Prototypen skal brukes som et hjelpemiddel for konstruksjon og design av et fullskala system til kommersielt bruk.

### 3.1 Problemstilling

Oppdragsgiver ønsket en innretning som kan plasseres i en stor bekk eller elv og utnytte den kinetiske energien i vannstrømmen. Innretningen skal være enkel å installere, ha lave konstruksjonskostnader og hente ut energi på en effektivt måte. Det er også viktig at innretningen er portabel for å imøtekomme statlige regler og unngå konsesjon etter vannressursloven. Innretningen skal være et energisupplement til strømforbruket i et hus eller hytte, på lik linje med et solcellepanel eller varmepumpe.

### 3.2 Målsetninger

Det er to hovemålsetninger Strøm til Watt legger vekt på gjennom prosjektet, dette er læringsmål og prosjektmål.

#### 3.2.1 Læringsmål

Det første målet i prosjektet baserer seg ikke direkte på utforming av selve produktet men å utforme prosjektet i henhold til beskrivelsen som er angitt i fagplanen [1]. Ved å gjennomføre dette prosjektet på en god måte vil gruppen utvide sine ferdigheter innenfor "systems engineering". Vi vil få erfaring i å jobbe sammen som en stor gruppe gjennom god struktur, planlegging, utvikling og utforming av arbeid som på best mulig måte er tilrettelagt for den enkeltes ferdigheter og kompetanse. Vi skal kunne vise hvordan etiske og samfunnsmessige vurderinger ligger til grunn for gjennomføring av ingeniørfaglige prosjekter, samt kunne formidle selvstendig arbeid til fagmiljøer og allmennheten.

For å være i stand til å sette dette prosjektet i kontekst må gruppen tilegne seg både grunnleggende, og spesialkunnskap om småkraftverk i Norge. Samt annen nyttig informasjon til hjelp i prosjektet.

### 3.2.2 Produktmål

Strøm til Watt skal utvikle planer for et system som kan være et energisupplement til hyttemarkedet i Norge. Brukeren skal være i stand til å installere dette systemet selv på en enkel og effektiv måte. Vi ønsker også at systemet skal være så tiltalende som mulig. Ettersom Strøm til Watt p.d.d ikke har økonomiske midler til å produsere et fullskala system, så vil Strøm til Watt produsere en prototype som skal gi en innføring i hvordan et fullskala system vil fungere. Utover å produsere strøm så skal brukeren kunne kommunisere med enheten og få kjennskap til produktets viktigste statusområder. Den skal også inneholde et sporingssystem som gir varsling hvis produktet har endret posisjon.

### 3.3 Økonomi

Prosjektbudsjettet er basert på at oppgaven er gitt fra en privatperson uten at midler følger med. Prosjektbudsjettet baseres derfor på at gruppemedlemmene dekker utgiftene for å klare å produsere en prototype. Kostnadene er satt til å å dekke utviklingen samt produksjonen av prototypen. Strøm til Watt har derfor hatt fokus på å kunne gjennomføre prosjektet med et prosjektbudsjett på 1500 kr.

Tabell 3: Prosjektbudsjett

Budsjett:	Stk.		Pris	Sum
<b>3D Printing:</b>				
Plast	1,5	kg	240	360
<b>Elektro:</b>				
Generator	1	stk.	620	620
Ledninger	10	m	20	200
Loddetin	1	stk.	50	50
<b>Mekanikk:</b>				
Skruer	200		0,5	100
Lim	1		70	70
Div.			100	100
<b>Sum</b>				<b>1500</b>

## 4 Prosjektstruktur

### 4.1 Agil iterativ og inkrementell

Strøm til Watt har valgt å bruke en Agil iterativ og inkrementell modell.

“Agile metoder blir sett på som et viktig rammeverk for å ivareta uforutsigelighet i prosjekter og håndtere handlinger som ikke umiddelbart er repeterbare” [2]. Agil utviklingsmodell er en rammemodell. De fire retningslinjene i det agile rammeverket er:

1. Personer og samspill fremfor prosesser og verktøy
2. Fungerende prototype fremfor omfattende dokumentasjon
3. Samarbeid med kunden fremfor kontraktsforhandlinger
4. Å reagere på endringer fremfor å følge en plan

Vi har ikke vektlagt retningslinjen i punkt 2 siden vi må følge høyskolens rammebetingelser og deres krav om dokumentasjon.

De 12 prinsippene i agil utvikling er:

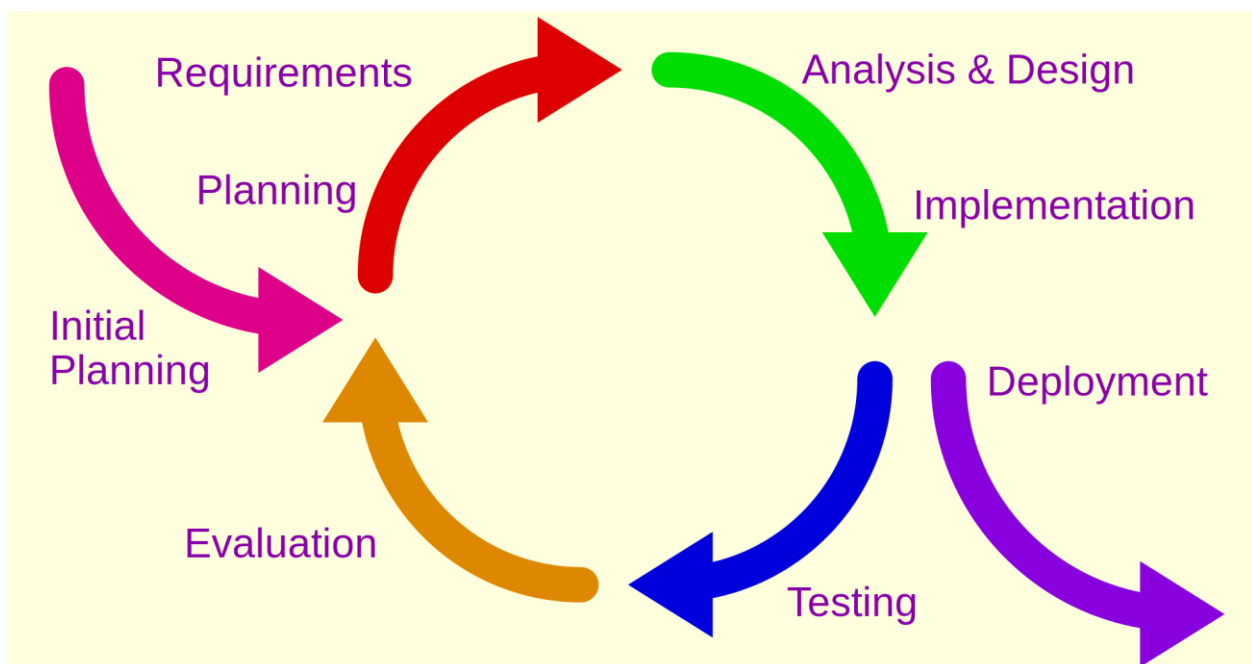
1. Kundetilfredshet ved rask utvikling av fungerende prototype.
2. Møter endring av krav med åpne armer, selv sent i utviklingsprosessen.
3. Fungerende prototyper blir levert ofte (uker fremfor måneder).
4. Tett, daglig samarbeid mellom utviklere og ledelse.
5. Prosjektet er bygget rundt motiverte individer som skal stoles på.
6. Samtaler ansikt til ansikt er den beste formen for kommunikasjon.
7. Fungerende produkter er hovedmålet på fremgang i prosjektet.
8. Bærekraftig utvikling, være i stand til å holde et jevnt tempo i arbeidet.
9. Kontinuerlig fokus på gode tekniske løsninger og design.
10. Enkelhet er avgjørende , kunsten å maksimere mengden arbeid man slipper å gjøre er essensiell.
11. Selvorganiserende team.
12. Jevnlig refleksjon i teamet om hvordan det kan bli mer effektivt, og justering av adferden sin deretter.

Videre har Strøm til Watt valgt en iterativ og inkrementell modell. Denne modellen består av å dele prosjektet opp i inkremerter (mindre deler) og så itereres (repeteres) planlegging av runden, kravinnsamling, analyser, design, konstruksjon, sammenstilling/bygging, testing og evaluering i hver av inkrementene. Målsettingen med hver iterasjon er å levere en fungerende del, som kan bli en del av det totale systemet. Strøm til Watt har valgt å kalle hver iterasjon for en runde.

En runde er delt inn i 4 faser, som er følgende:

- Planlegge runden og kravgjennomgang.  
Denne fasen brukes til å utvikle de mål som skal oppnås i runden. Vurdere kravene som runden må klare, identifisere risikoer og begrensninger. Denne fasen innebærer også å skape/oppdatere prosjektplanen og alternative strategier.
- Analysere, designe og konstruere.  
Analysere valgene som ble gjort i fasen før. Designe prototypedelene og konstruere denne.
- Teste.  
Består av å teste de delene som er konstruert.
- Evaluere.  
Runden evalueres. Har vi kommet dit vi skulle på en enkel og hensiktsmessig måte? Hva må eventuelt endres/forbedres i neste runde?

Strøm til Watt skal gjennomføre 5 runder i prosjektet, for å teste ut og forbedre prototypen.



Figur 1: Iterativ og inkrementell modell

## 4.2 Visjon

Målet med en visjonen er å gi en felles forståelse av hva vi vil oppnå. Visjonen til dette prosjektet er: **Strøm til Watt, Watt til kiloWatt**

## 4.3 Formål

«Formålet har som hovedoppgave å gi et oversiktsbilde av prosjektet. Hva som kan tenkes å omfatte prosjektet, samtidig skal det gi en klar avgrensning om hva prosjektet skal fokusere på» [3].

Systemet skal

- Produsere energi ved å utnytte fornybare ressurser.
- Utnytte energien som ligger i bevegelsen av vann fra elver som ligger nært bebyggelse.
- I størst mulig grad unngå å drepe fisk, fugl eller gjøre skade på fauna.
- Informere bruker om system- og sikkerhetsstatus.
- Skape et konkurrerende produkt til andre alternative energikilder.
- Overføre kinetisk energi fra vannet til elektrisitet på en effektiv måte.

## 4.4 Prosjektleveringer

Prosjektet vil bli delt opp i 3 deler:

### Del 1: Dokumentasjon

Gjennom prosjektet vil vi produsere flere dokumenter i henhold til skolens krav for bachelorprosjektet.

### Del 2: Presentasjoner

Det vil gjennomføres 3 presentasjoner i henhold til bachelorprosjektet.

- 1. Presentasjon
  - o Dato: Fredag 6. februar 2015
  - o Sted: HBV studiested Kongsberg
  - o Møterom (før- og ettermøter): B247 (10.00-10.30, 11.00-11.30)
  - o Presentasjonsrom og tid: C107 (10.30-11.00)
  - o Dokumenter som skal leveres 2 hele arbeidsdager før: Prosjektplan 1.0, Kravspesifikasjon 1.0 og Testplan og -spesifikasjon 1.0. Intern sensor skal også ha en CD/DVD med all dokumentasjon



Strøm til Watt	06.05.2015
Prosjektplan	Versjon 3.0

- 2. Presentasjon
  - o Dato: Fredag 20. mars 2015
  - o Sted: HBV studiested Kongsberg
  - o Møterom (før- og ettermøter): B247 (10.00-10.30, 11.00-12.00)
  - o Presentasjonsrom og tid: C107 (10.30-11.00)
  - o Dokumenter som skal leveres 2 hele arbeidsdager før: Prosjektplan 2.0, Kravspesifikasjon 2.0, Testplan og -spesifikasjon 2.0, Forstudie 1.0 og Teknologidokumentsamling 1.0. Intern sensor skal også ha en CD/DVD med all dokumentasjon
- 3. Presentasjon
  - o Dato: Onsdag 3. juni 2015:
  - o Sted: HBV studiested Kongsberg
  - o Møterom (før- og ettermøter): D354 (08.30-09.00, 10.00-)
  - o Presentasjonsrom og tid: B120 klokken 09.00
  - o Dokumenter som skal leveres innen 19. mai: Prosjektplan 3.0, Kravspesifikasjon 3.0, Testplan og -spesifikasjon 3.0, Designdokument 1.0, Forstudie 2.0, Teknologidokumentsamling 2.0, Kravanalyse 1.0 og Evalueringsrapport 1.0. Intern sensor skal i tillegg ha en ringperm med prosjektets viktigste dokumenter som inkluderer en cd med all dokumentasjon.

## 4.5 Planleggingsverktøy

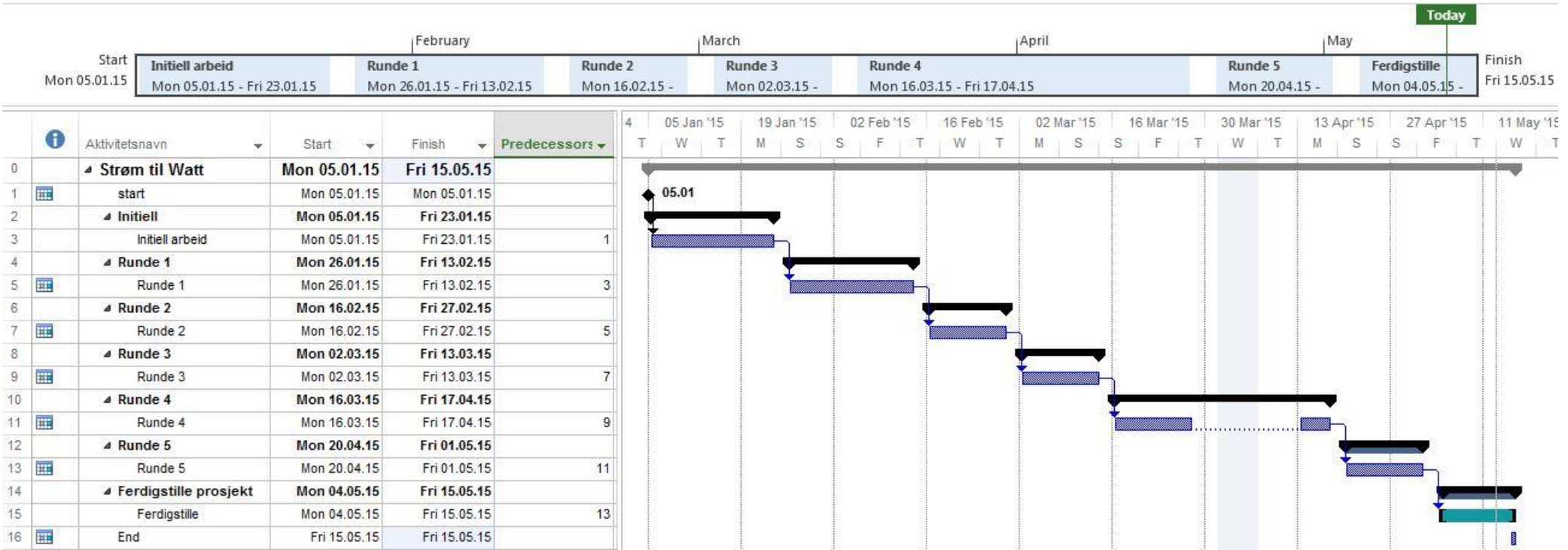
Det er valgt å bruke Microsoft Project som verktøy for å få en god oversikt og ha mulighet til å rapportere etter de retningslinjer som skolen har gitt oss. Programvalget er tatt etter å ha gått gjennom en utvelgelsesprosess der gruppen har sett på forskjellige alternativer. I denne prosessen fant Strøm til Watt flere alternative verktøy, men MS Project ble valg da dette programmet gir oss en god oversikt.

I Microsoft Project kan vi produsere de rapportene som vi trenger for å følge opp prosjektet:

- Ressursoversikt
- Timelisteføring
- Gantt-diagram
- Aktivitetslister
- Hvem som er ansvarlig for aktiviteten

I tillegg til rapporteringsmuligheten gir programmet god oversikt over prosjektet. Selv om det blir brukt tid på opplæring i dette programmet så vil dette bli tjent inn i det lange løp grunnet effektiv rapportering.

4.5.1 Gantt-diagram



Figur 2: Gantt diagram

### 4.6 Samhandlingskort

Strøm til Watt har valgt å bruke samhandlingskort i arbeidet med prosjektoppgaven. Dette for å minimere risikoen for at endringer blir gjort underveis og ikke formidlet til de involverte parter. På denne måten kan vi unngå unødvendig tidsbruk.

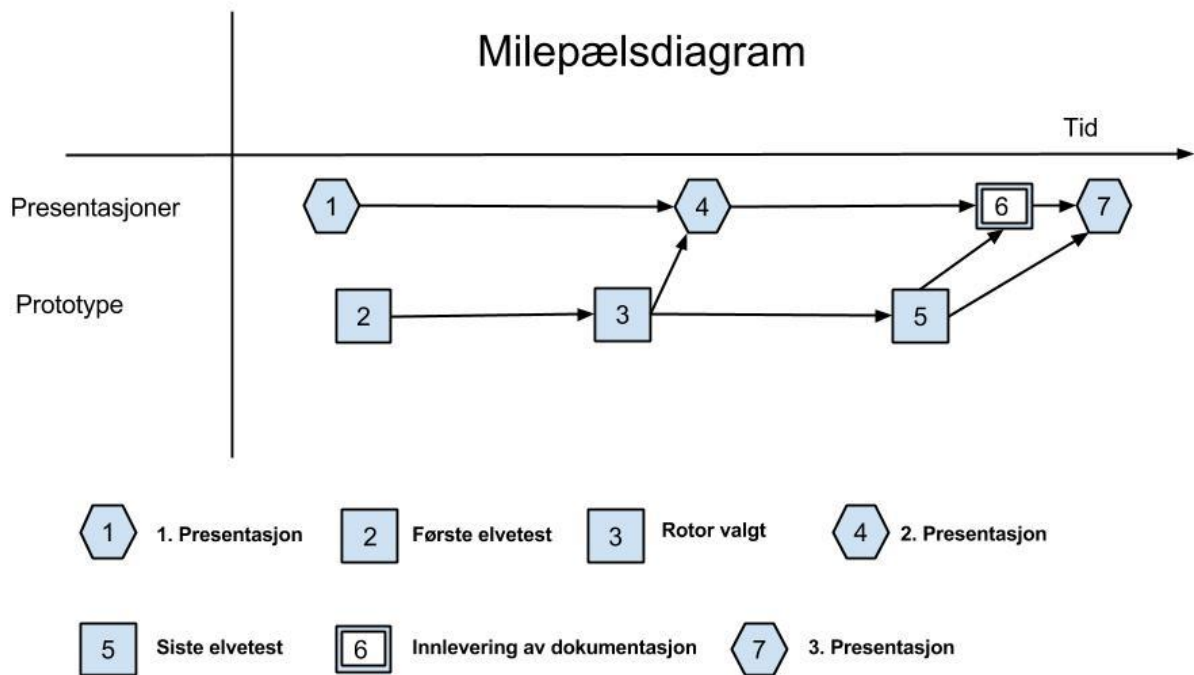
<div>Rolleinnehavere</div> <div>Bemyndigelsesområder</div>	Knut Henrik Skramstad (Oppdragsgiver)	Bjørn Gjevik (Intern Veileder)	Marte (Prosjektleder)	Mats (Teknisk annsvarlig)	Jonas (Beregninger og simuleringsansvarlig)	Joel (Konstruksjon og modellering)	Jo (Hovedansvarlig data)	Andreas (Hovedansvarlig elektro)
Elektriske tester/simulering	KK	KI	SI	B	A			A+B
Mekaniske tester/ simuleringer	KI	KK	SI	A+B	A+B	A		SK
Software testing		KK	SI	B	A	SI	A+B	SI
Administrasjon (presentasjon, dokumentasjon etc.)			A+B	A	A	A	A	A
Prototype Konstruksjon	KI	KK	KK	B	SK	A+B	A	A

B = Hovedansvarlig Beslutningstaker  
 A = Hovedansvarlig for aktivitet utførelsen av arbeidsoppgave  
 SK = Skal Konsulteres  
 SI = Skal Informeres  
 KK = Kan Konsulteres  
 KI = Kan Informeres

Figur 3: Samhandlingskort

### 4.7 Milepælsplan

Strøm Til Watt benytter seg av milepæler som hjelpemiddel. Disse beskriver de mål som forventes oppnådd, men forteller ikke hvordan målene skal nås. For å sette milepælene inn i system er det laget et milepælsdiagram, dette er vist i figur 4. Denne oversikten beskriver hvilke deler av prosjektet som bør være fullført til hvilken tid. Milepælene ses på som prosjektets hjerteslag, det er disse stegene som bringer oss fremover og fungerer som motivasjon innad i gruppen.



Figur 4: Milepælsdiagram

## 4.8 Risikoanalyse

Strøm til Watt har valgt å lage en risikoanalyse tidlig i prosessen, for å redusere/unngå risikoene i og rundt prosjektet. For å lage en god og gjennomarbeidet risikoanalyse kreves det at risikoene blir identifisert og analysert. Hvis risikoene ikke blir gjennomarbeidet så kan den ytterste konsekvens være at prosjektet ikke kan gjennomføres. En god risikoanalyse «passer ryggen din». Det er vanskelig å forutse alle risikoer, så selv med en risikoanalyse kan det komme uforutsette problemstillinger underveis. I tabell 4 vises en overordnet risikoanalyse for gjennomføringen av prosjektet. Innenfor hver iterasjon vil det bli gjennomført risikoanalyser knyttet til den spesifikke iterasjonen.

Tabell 4: Risikoelementer

Nr	Risiko	Sannsynlighet	Konsekvens	Tiltak
1	Gruppemedlemmer som kommer for seint til møter	4	2	Forsentkomming koster 1 kr per minutt
2	Langvarig sykdom/dødsfall i gruppen	1	4	Begrense oppgaven om dette skjer slik at vi får levert med mindre ressurser
3	Kortvarig sykdom i gruppen	5	1	Bruke Google drive, dette gir alle tilgang på dokumentene slik at andre kan fortsette arbeidet
4	Uvennskap i gruppen	4	3	Ha god kommunikasjon i gruppen, ta opp problemer før de blir for store
5	3D-printeren streiker	2	3	Bruke 3D-printeren på skolen
6	Datamaskinsvikt	3	3	Bruke Google drive (skytjeneste) slik at alle har tilgang på dokumentene. Programmet gir også sikkerhetskopi
7	Prototypen blir ikke ferdig	2	4	Lage produksjonsplaner med innleveringstid tidligere enn vi må.
8	At gruppemedlemmene tolker oppgaven forskjellig (jobber mot forskjellige mål)	3	3	Definere hva vi gjør underveis.
9	Et eller flere gruppemedlemmer gjør ikke jobben sin	3	3	
10	Økonomiske utfordringer	3	3	Lage klare grenser på hva som kan kjøpes, og kostnadene på dette.
11	Skolen brenner ned	1	2	
12	At endringer gjøres, som ikke blir fortalt til involverte	3	3	Gruppen bruker samhandlingskort for å minimere sannsynligheten for at de involverte ikke får beskjed

Strøm til Watt	Dato: 06.05.2015
Prosjektplan	Versjon 3.0

Risikoene er klassifisert fra veldig liten sannsynlighet til veldig høy sannsynlighet, og konsekvensene fra veldig små til veldig store.

*Tabell 5: Sannsynlighet vs. Konsekvens*

Sannsynlighet		Konsekvens	
1	Veldig Liten Sannsynlighet	1	Veldig Små Konsekvenser
2	Liten Sannsynlighet	2	Små Konsekvenser
3	Medium Sannsynlighet	3	Medium Konsekvenser
4	Stor Sannsynlighet	4	Høye Konsekvenser
5	Veldig Stor Sannsynlighet	5	Veldig Høye Konsekvenser

#### 4.8.1 Evalueringsmatrise

Evalueringsmatrisen brukes for å sette risikoene inn i et system og gi en visuell oversikt over potensielle risikoer.

	Ikke akseptert risiko
	Krever tiltak
	Akseptabel risiko

		Sannsynlighet				
K o n s e k v e n s		1 (sjelden)	2	3	4	5 (Ofte)
	5 (Stor)					
	4	2	7			
	3		5	6,8,9,12	4	
	2	11			1	
	1 (liten)			10		3

Figur 5: Evalueringsmatrise



## 4.9 Gruppestruktur

### 4.9.1 Ansvarsområder

Strøm til Watt består av seks studenter med representanter fra data, elektro og maskin. Tabell 6 viser en oversikt over gruppemedlemmenes ansvarsområde.

Tabell 6: Ansvarsområder

Navn	Ansvarsområde	Gren
Marte Rognerud	Prosjektleder	Maskin
Joel Gøransson	Konstruksjon, modellering og simulering	Maskin
Jonas Hovde Pedersen	Beregninger og testansvarlig	Maskin
Mats F. Evensen	Teknisk ansvarlig	Maskin
Jo Nysæter	Hovedansvar data	Data
Andreas Blakstad	Hovedansvar elektro	Elektro

## 4.10 Møtestruktur

Strøm til Watt's møtestruktur er delt inn i internmøter og eksterne møter. Oppgaven som referatskriver er en rullerende oppgave og fordeles mellom gruppemedlemmene.

### 4.10.1 Internmøter

På internmøtene er det kun de 6 gruppemedlemmene som deltar. Før påske gjennomføres morgenmøter kl 09.00 på onsdager, torsdager og fredager. Disse møtene vil avholdes via internett, ettersom ikke alle er i Kongsberg. Meningen med disse møtene er å holde god kommunikasjon i gruppa, og gjøre det lett å trekke til seg ressurser når dette er nødvendig. Morgenmøtene har som mål å være gjennomført på 10 minutter. Det blir ikke sendt innkalling til disse møtene og det blir ikke skrevet referat. Det blir også hver tirsdag kl 14.00 gjennomført internmøte der alle skal være til stede. Det blir sendt ut innkalling og skrevet referat fra disse møtene.

Etter påske er det avtalt at alle hovedsakelig må være på kontoret mandag, onsdag og fredag. Dette fordi antall timer med arbeid vil øke (se pkt. 2), derfor er det viktig å holde tettere kontakt. Gjennom hyppige møter kvalitetssikrer Strøm til Watt at arbeidet blir gjennomført på en god måte. Dette vil ha betydelig innflytelse på [4]:

- Om jobben blir gjort.
- Hvor godt den blir gjort

Strøm til Watt	Dato: 06.05.2015
Prosjektplan	Versjon 3.0

#### 4.10.2 Eksternmøter

Eksternmøter gjennomføres med eksterne parter utenfor prosjektgruppen. Eksempel på eksterne parter er veiledere, sensorer og oppdragsgiver. Det sendes ut møteinnkalling minst en dag i forveien. Det skrives referat fra disse møtene.

## 5 Referanser

1. SHFO-3201 Bacheloroppgave for studieåret 2014-2015
2. <http://www.prosjektnorge.no/index.php?special=product&id=120> [11.02.15 kl 16.15]
3. <http://prosjektmadammen.com/prosjektverktoy/mal-og-formal/#.VM59jmiG8eE> [01.02.2015 kl. 20:27]
4. Michel, E. (2009). Prosjekt Oppstart. Risør: Gyldendal Akademi
5. Haugvaldstad, M. (Masteroppgave 2012). Vurdering av agile prosjektledelse metoder
6. Jessen, S. A. (2009). *Prosjektledelse trinn for trinn*. Oslo: Universitetsforlaget.

Strøm til Watt	Dato: 06.05.2015
Prosjektplan	Versjon 3.0

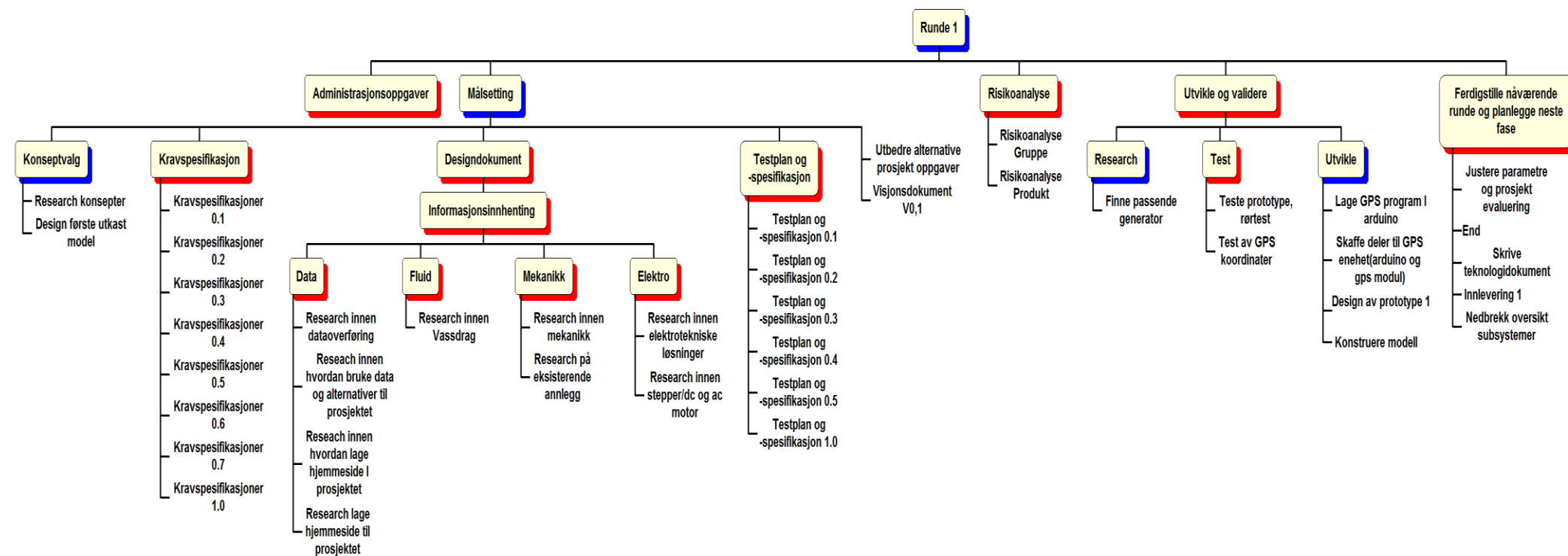
## Vedlegg A

### Versjonsendringer

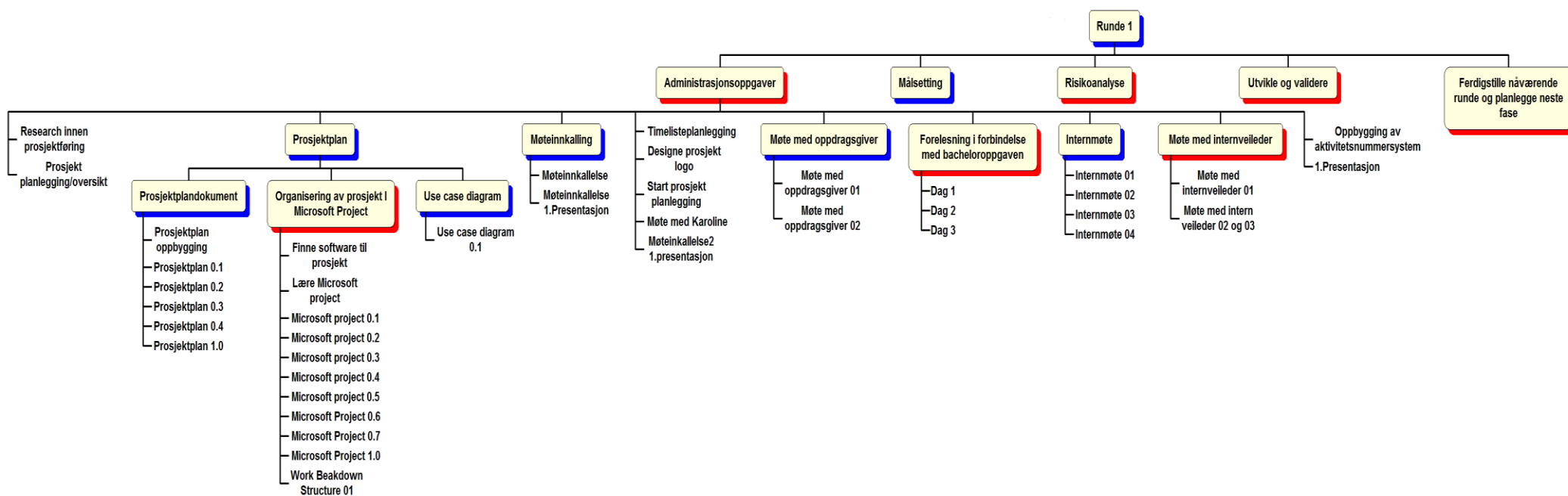
Versjon	Utført av	Dato	Endringer
2.1	MR	21.04.15	Endret teksten under møtestruktur(11), språkvask, lagt til innledning noe som førte til endringer i numrene, Endring i risiko 7 (fra 5 til 4, den har vært feilplassert), i kap 3.3 er budsjett endret til prosjektbudsjett.
2.2	MR	29.04.15	Inledningen ferdigskrevet, bedre definering i kap 3. Kap 4.4, oppdatert tekst på 3 innleveringer. Kap 4.5, punktet budsjett er fjernet, språkvask av dokumentet
2.3	MR	06.05.2015	Endring i innledningen (timer etter innlevering)

## Vedlegg B -WBS

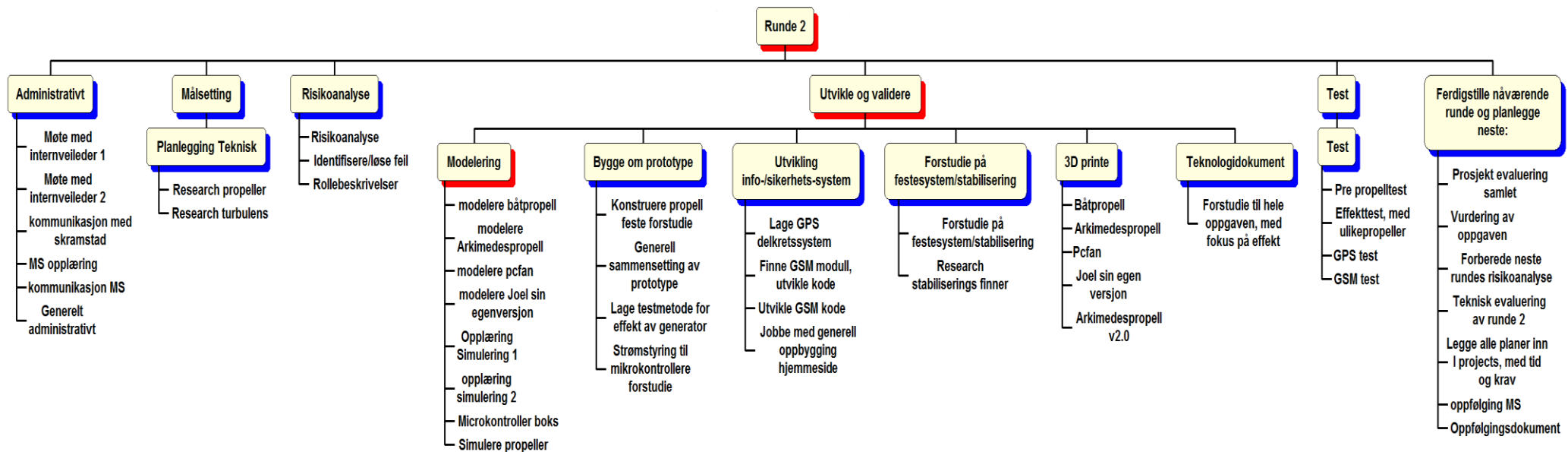
## Runde 1



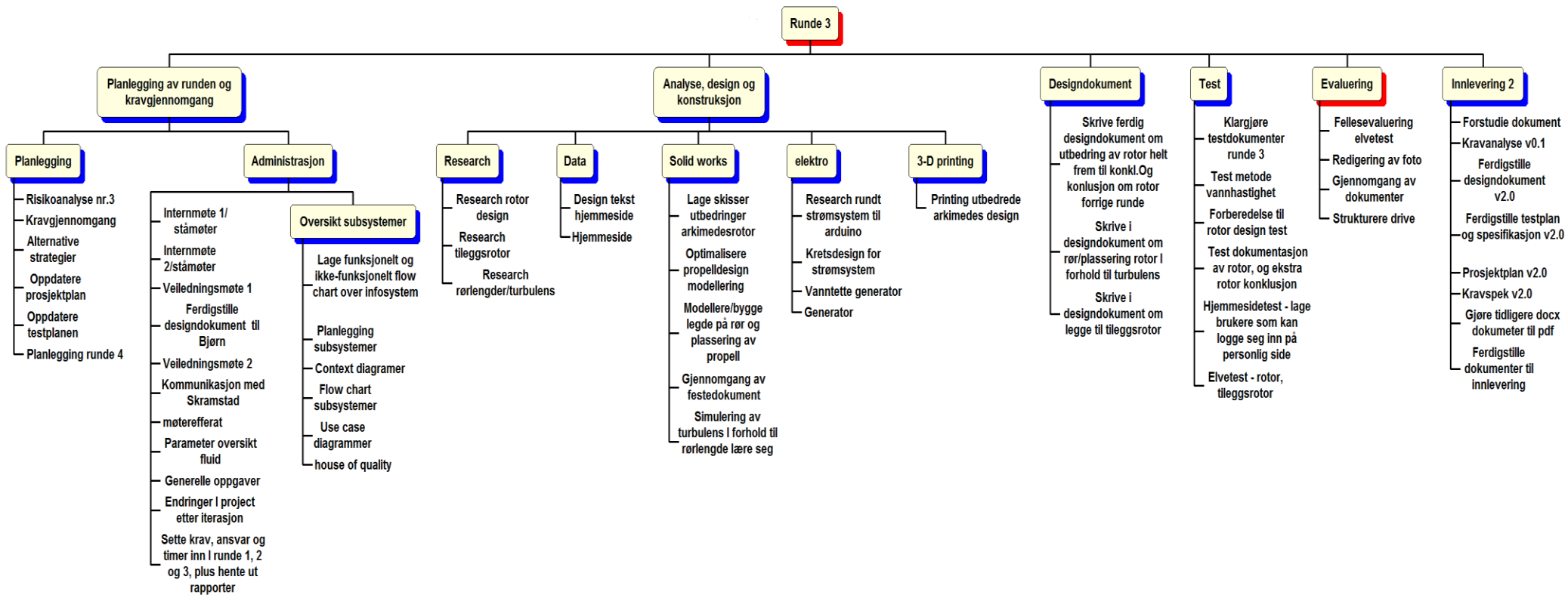
## Runde 1 – Åpen administrasjon



## Runde 2

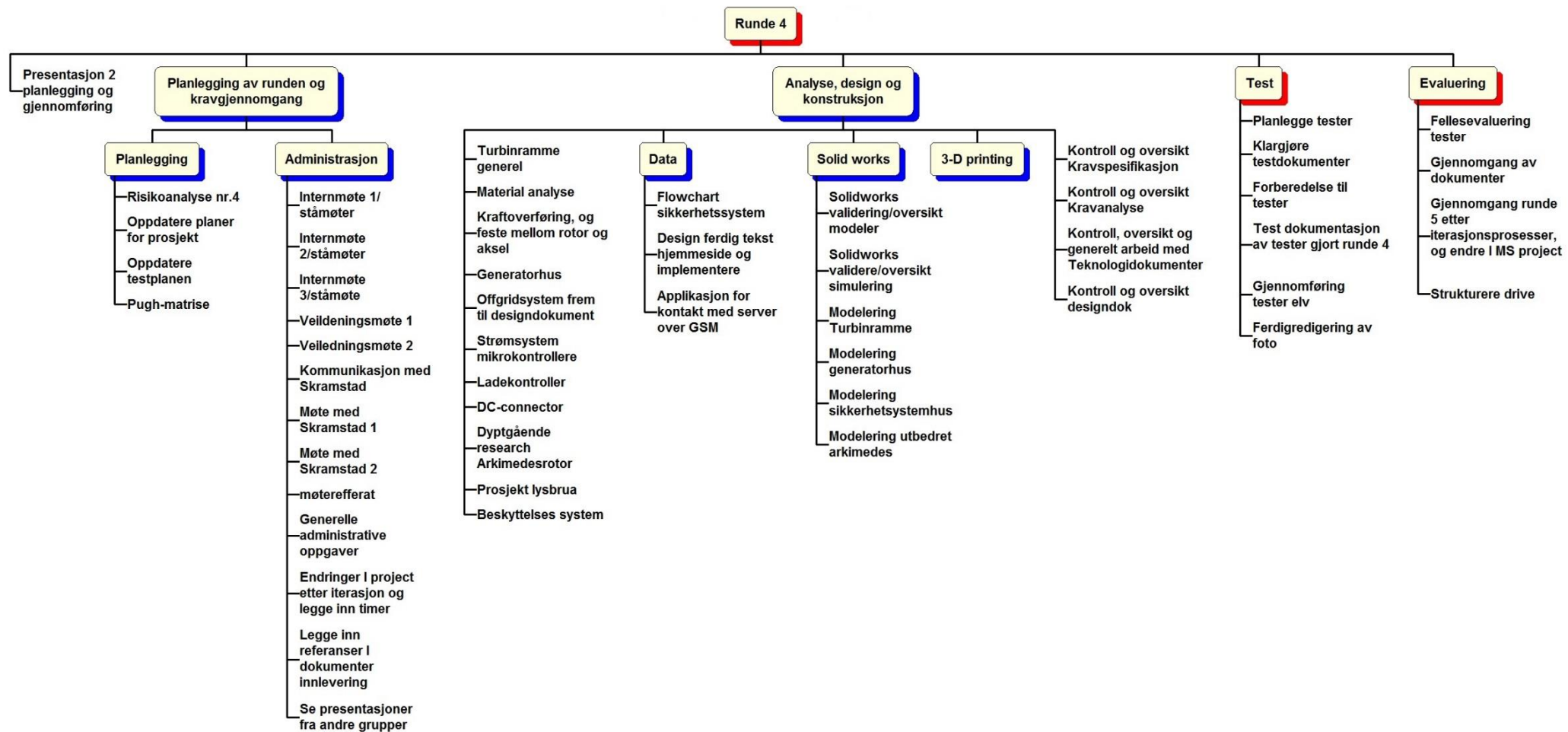


## Runde 3





## Runde 4



## Runde 5

## Runde 5

## Planlegging av runden og kravgjennomgang

## Organisering

- Risikoanalyse nr.5
- Oppdatere/ferdigstille kravspesifikasjon
- Oppdatere/ferdigstille prosjektplan
- Oppdatere/ferdigstille forstudiedokumentet
- Oppdatere/ferdigstille kravanalyse
- Oppdatere Teknologidokumentet
- Oppdatere Designdokumentene
- Evalueringsrapport
- Planlegging presentasjon 3
- Div

## Administrasjon

- Internmøte 1
- Oppdateringsmøter uke1
- Internmøte 2
- Oppdateringsmøter uke 2
- Veiledningsmøte 1
- Veiledningsmøte 2
- Møte med Skramstad
- møterefferat
- Administrative oppgaver
- Planlegging oversikt arbeidsoppgaver fremover

## Analyse, design og konstruksjon

## Nytt navn/omstruktureres

- Oppbevaring sikkerhetssystem
- Forankring
- Synlighet
- Oppbevaring offgridsystem
- Materialer (valg til alle subsystemer)
- Aksel
- Aksellås
- Ladekontroller
- AC/DC omformer
- Spenningsregulator-Generator
- Resursperson Elektro
- Energiproduksjon (hvor mye produseres)

## Data

- Oppdatere hjemmeside
- Sensorovervåking sikkerhetssystem
- Resurspersjon Data

## Solid works

- Modelere
- Modeler aksellås

## 3-D printing

- Begyne printe deler til stor prototype
- Printing av testdeler

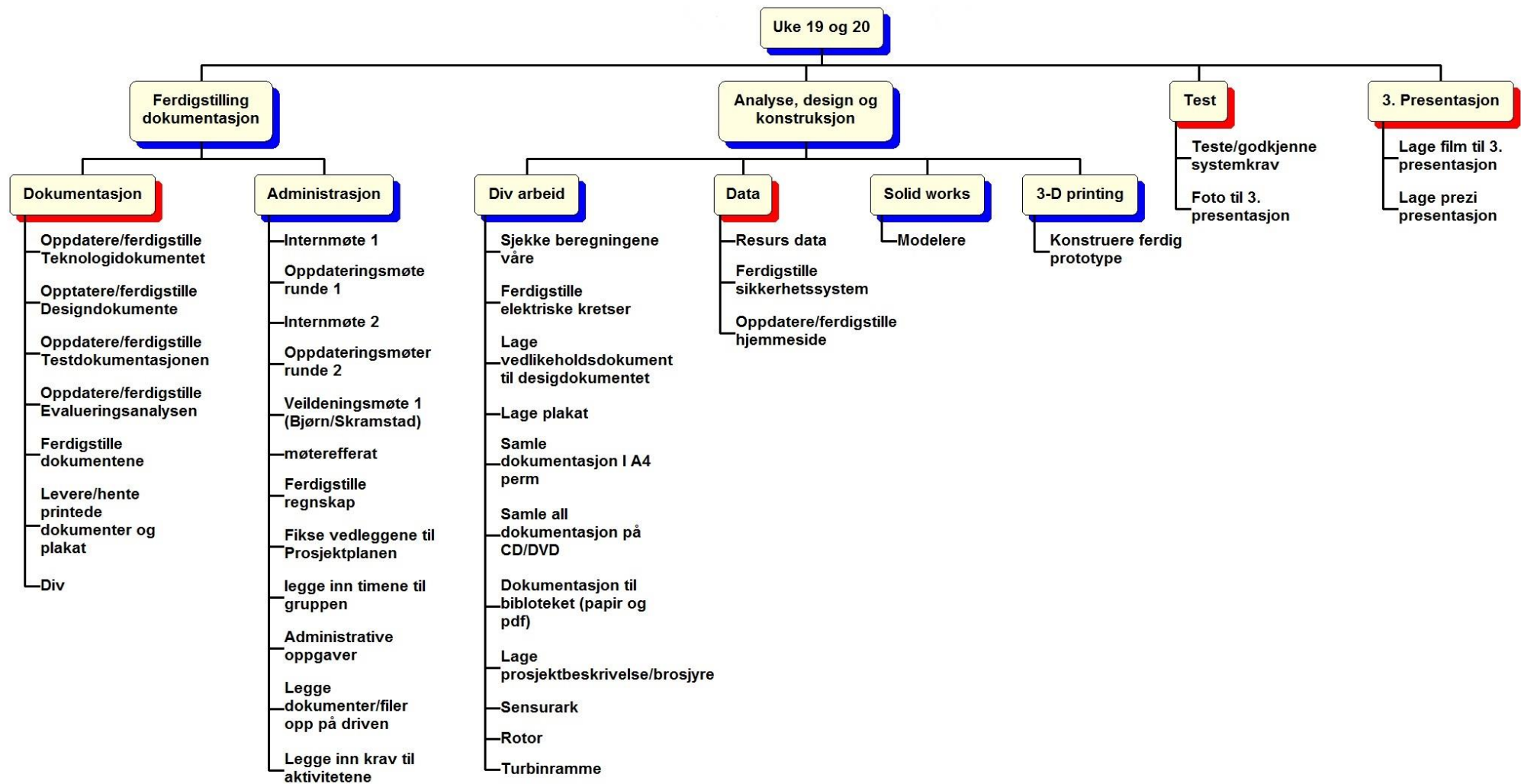
## Test

- Teste/godkjenne systemkrav
- Testdokumentasjon
- Sensorovervåking test
- Bygge/ferdigstille til test
- Gjennomføring tester elv
- Ferdigredigering av foto

## Evaluering

- Fellesevaluering tester
- Prosjektevaluering
- Teknisk evaluering
- Gjennomgang planer fremover etter iterasjonsprosesser

## Uke 19 og 20



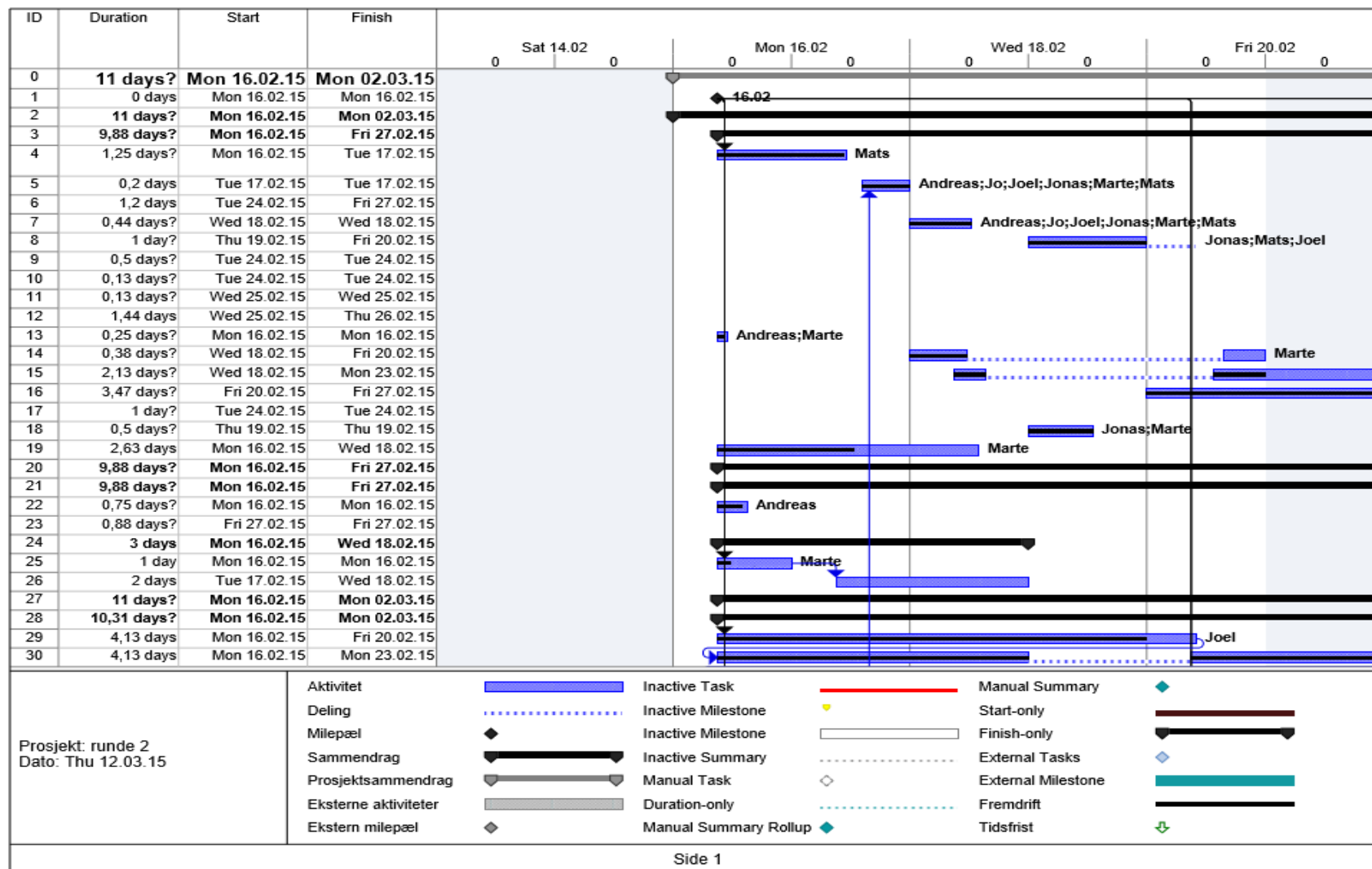
Strøm til Watt	Dato: 06.05.2015
Prosjektplan	Versjon 3.0

## Vedlegg C –Gantt diagram

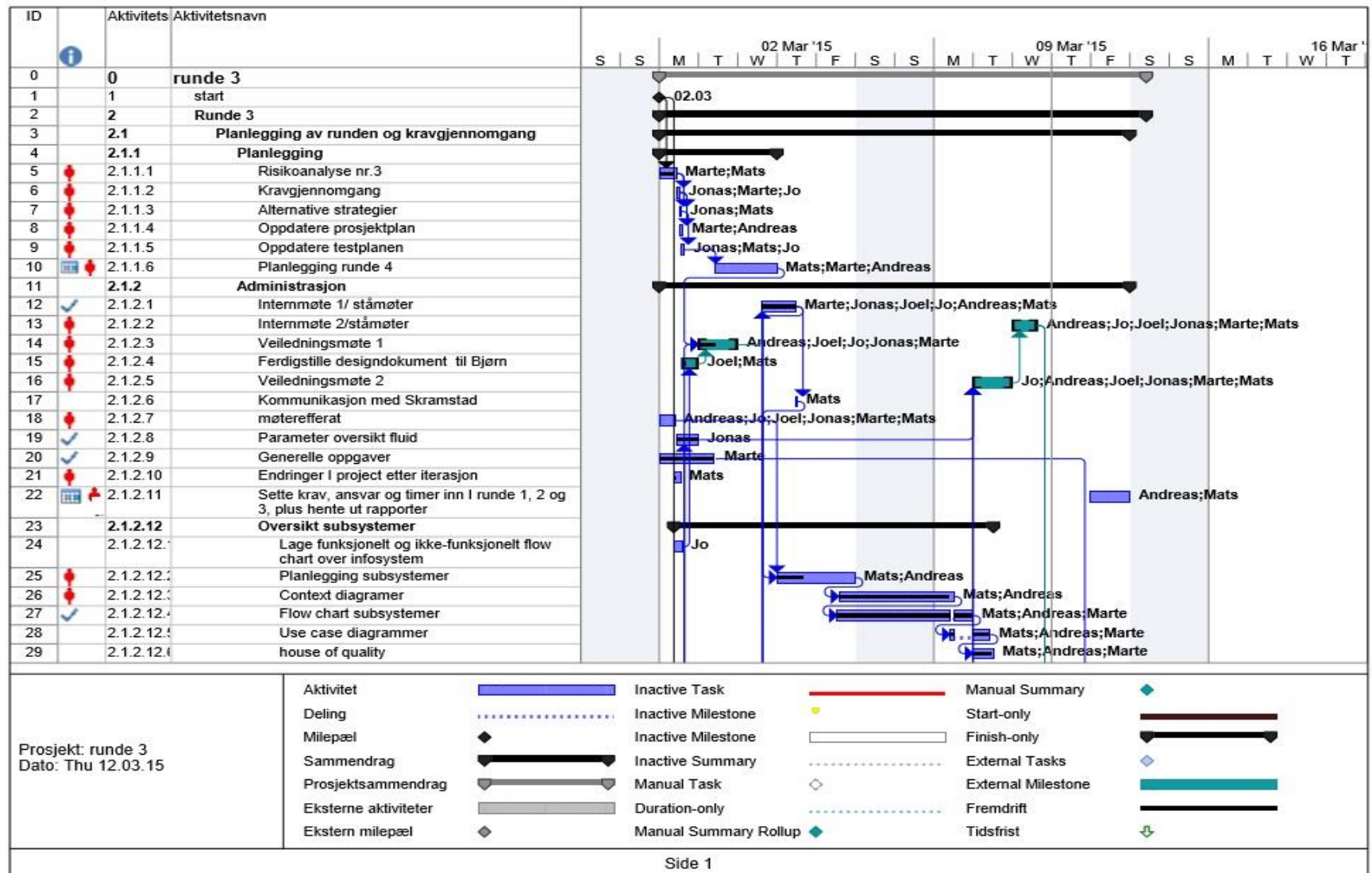
### Runde 1



## Runde 2

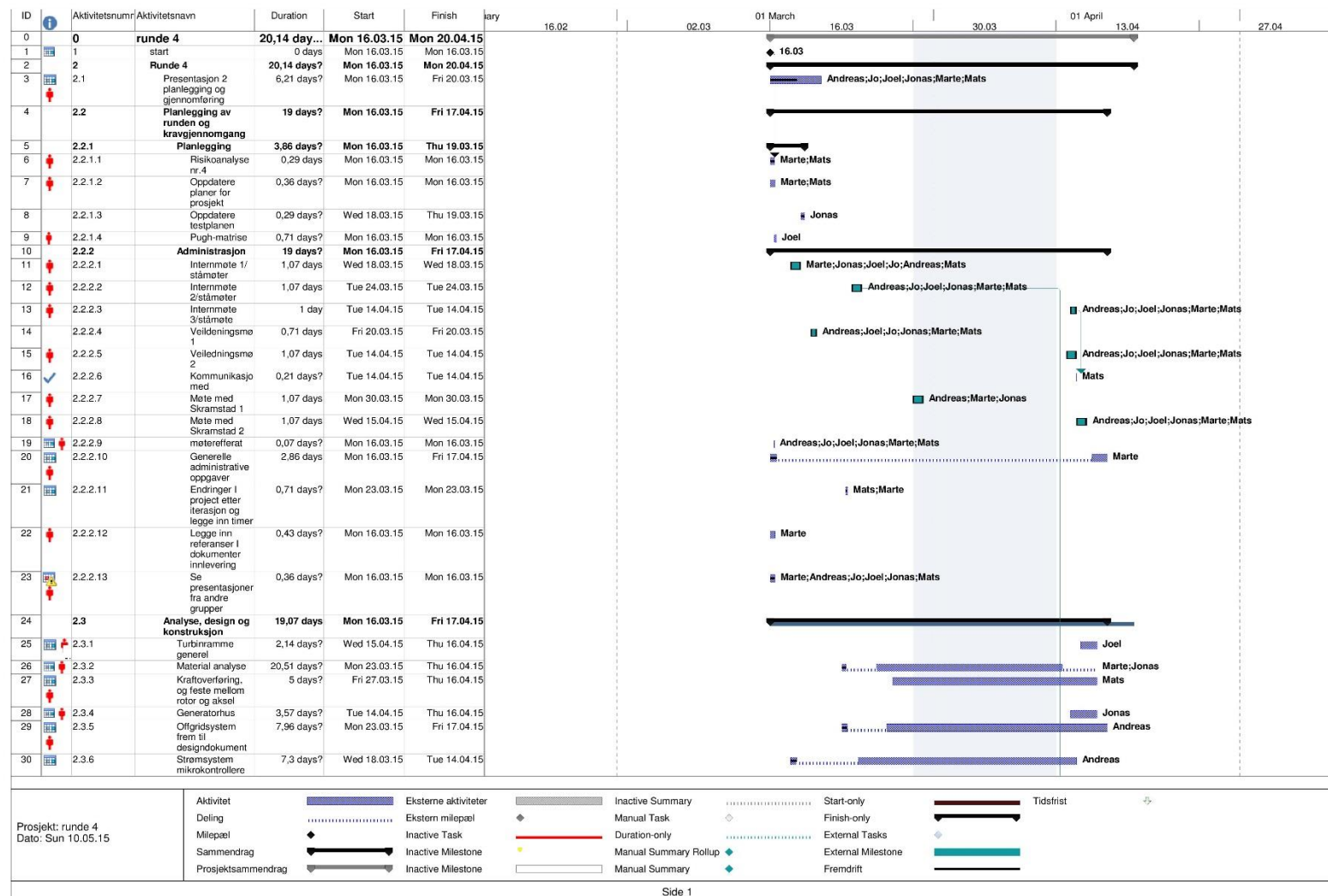


## Runde 3

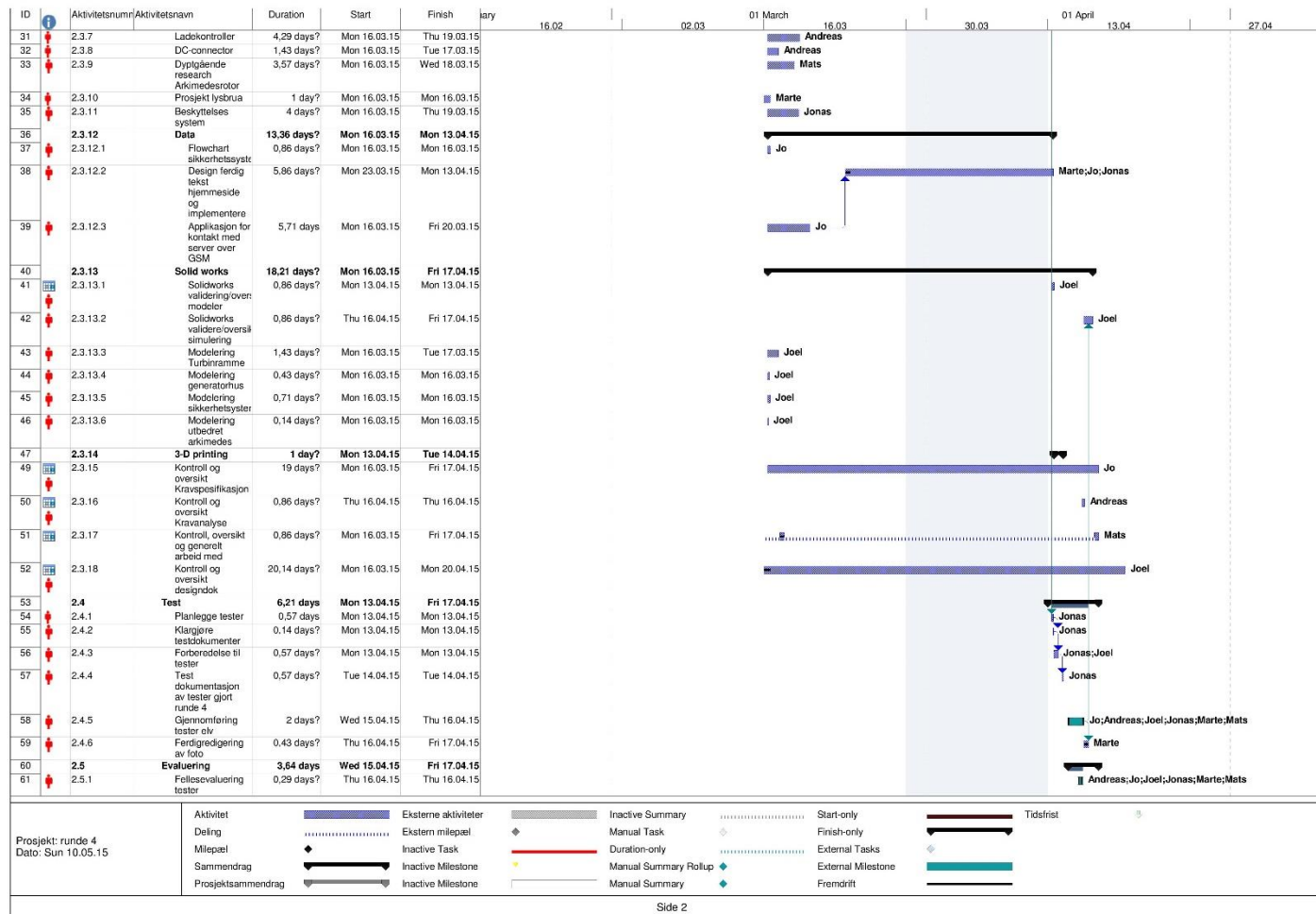




## Runde 4

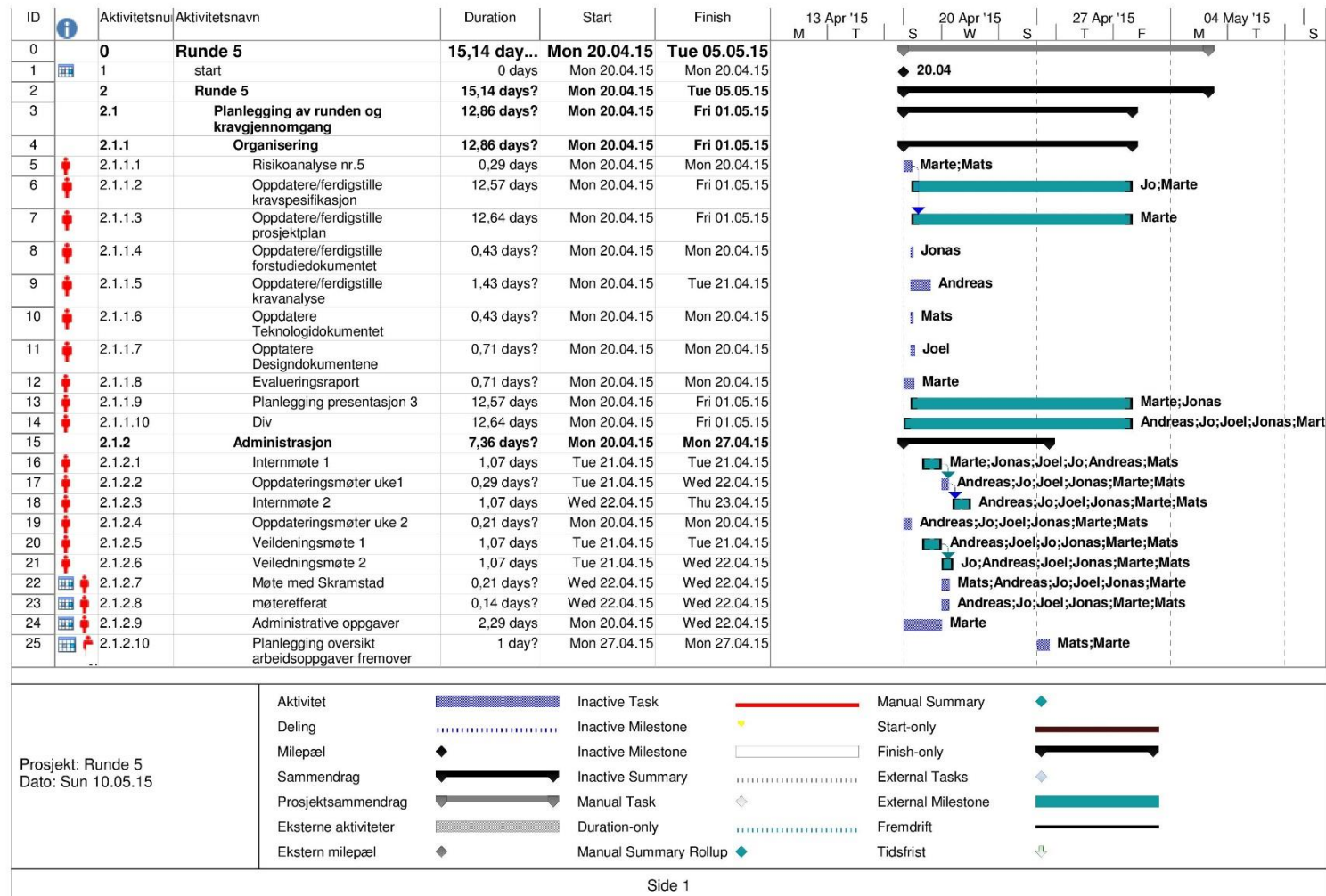


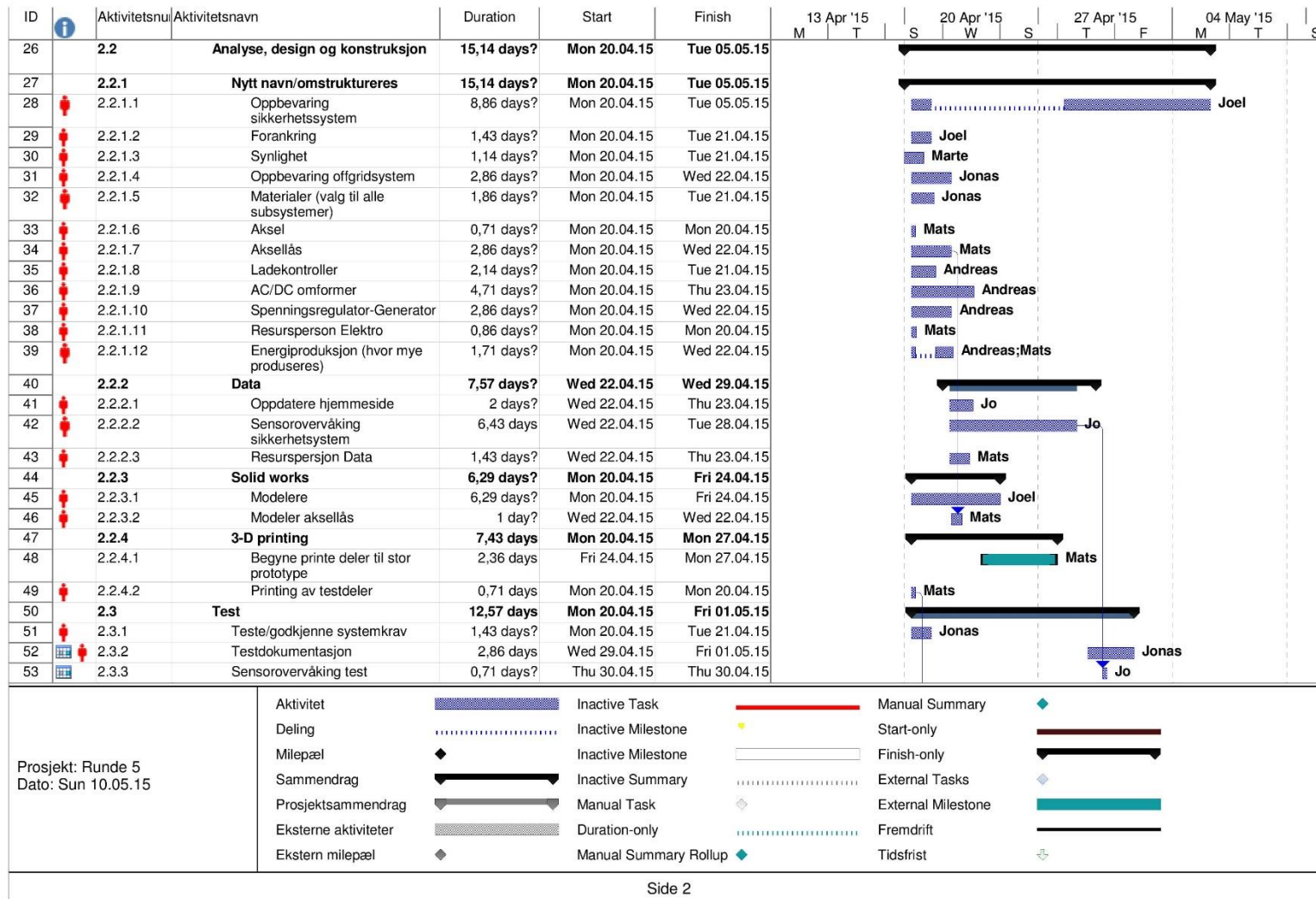


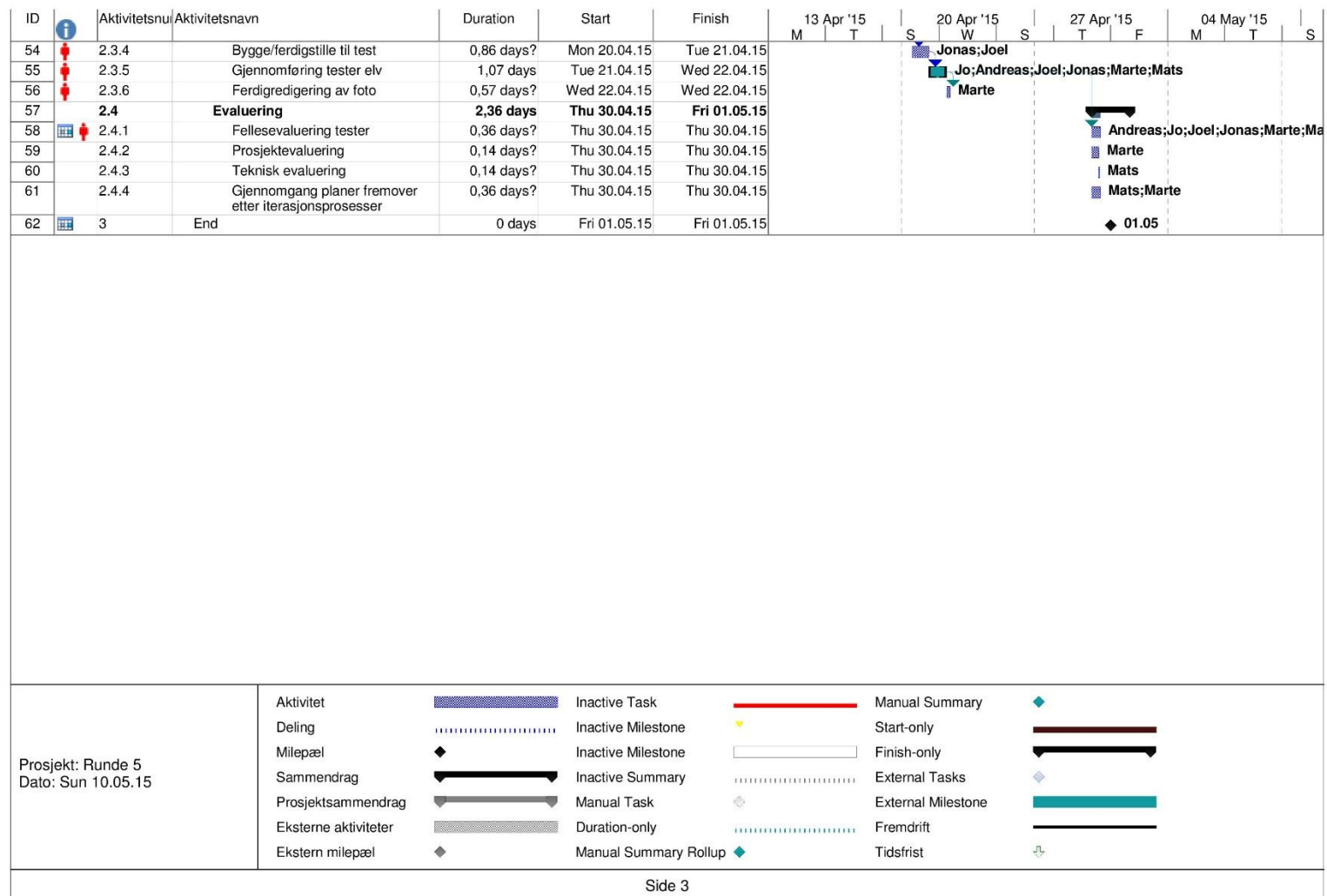


ID	Aktivitetsnumr	Aktivitetsnavn	Duration	Start	Finish	ary
62	2.5.2	Gjennomgang av dokumenter	0,43 days?	Wed 15.04.15	Wed 15.04.15	
63	2.5.3	Gjennomgang runde 5 etter iterasjonsprosess og endre i MS project	0,29 days?	Wed 15.04.15	Wed 15.04.15	
64	2.5.4	Strukturere drive	0,14 days?	Wed 15.04.15	Wed 15.04.15	
65	3	End	0 days	Fri 17.04.15	Fri 17.04.15	

## Runde 5

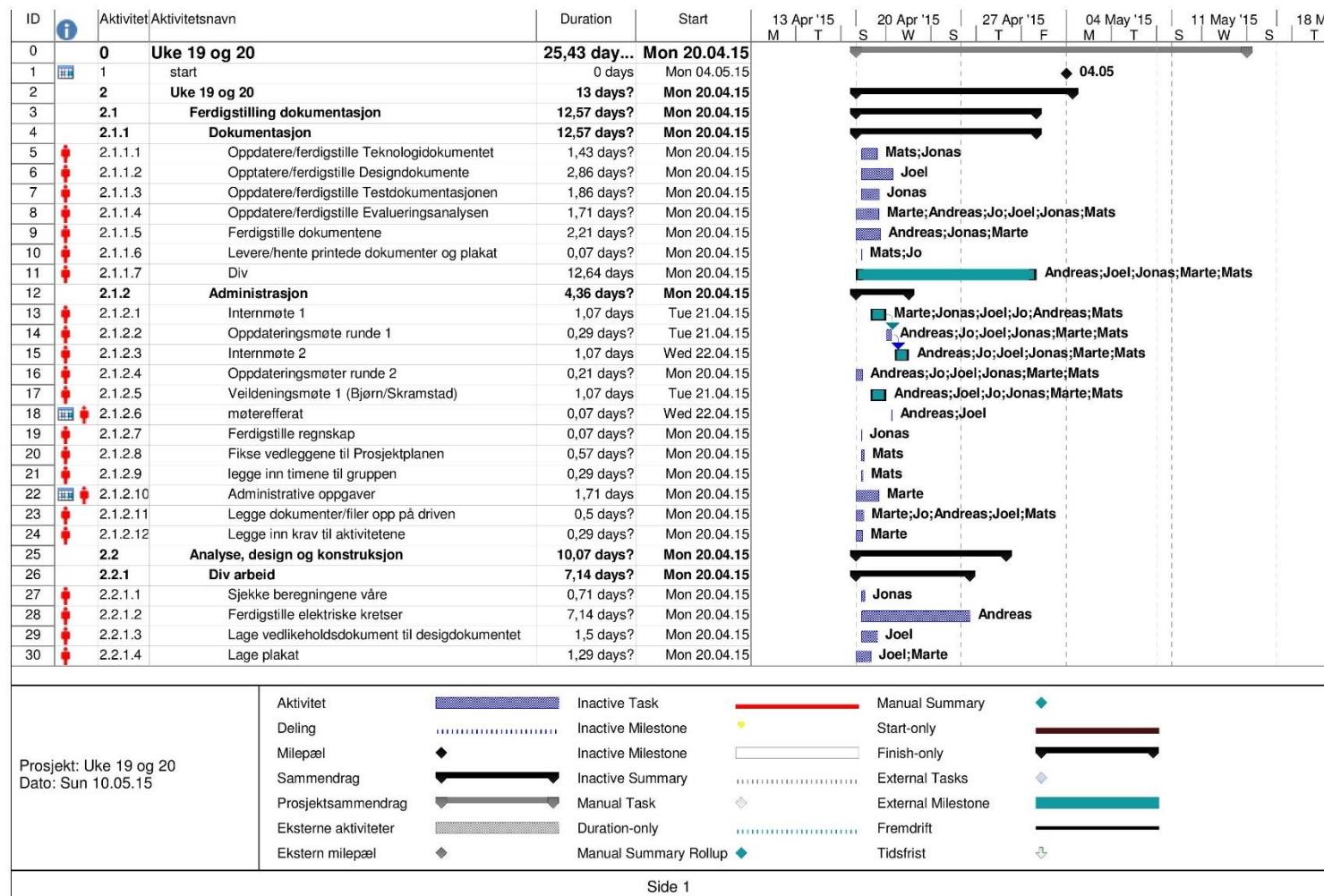








## Uke 19 og 20



ID	Aktivitet	Aktivitetsnavn	Duration	Start	13 Apr '15	20 Apr '15	27 Apr '15	04 May '15	11 May '15	18 May '15
31		2.2.1.5 Samle dokumentasjon I A4 perm	0,57 days?	Mon 20.04.15		Marte				
32		2.2.1.6 Samle all dokumentasjon på CD/DVD	1 day?	Mon 20.04.15		Marte				
33		2.2.1.7 Dokumentasjon til biblioteket (papir og pdf)	0,14 days?	Mon 20.04.15		Jonas				
34		2.2.1.8 Lage prosjektbeskrivelse/brosjyre	0,57 days?	Mon 20.04.15		Jonas				
35		2.2.1.9 Sensurark	0,14 days?	Mon 20.04.15		Jonas				
36		2.2.1.10 Rotor	1,14 days?	Mon 20.04.15		Jonas;Mats				
37		2.2.1.11 Turbinramme	2,86 days?	Mon 20.04.15		Joel				
38		2.2.2 Data	7,57 days	Wed 22.04.15						
39		2.2.2.1 Resurs data	4,29 days?	Wed 22.04.15		Mats				
40		2.2.2.2 Ferdigstille sikkerhetssystem	5,57 days?	Wed 22.04.15		Jo				
41		2.2.2.3 Oppdatere/ferdigstille hjemmeside	2,86 days?	Wed 22.04.15		Jo				
42		2.2.3 Solid works	1,43 days?	Mon 20.04.15						
43		2.2.3.1 Modelere	1,43 days?	Mon 20.04.15		Joel				
44		2.2.4 3-D printing	0,71 days	Mon 20.04.15						
45		2.2.4.1 Konstruere ferdig prototype	0,71 days	Mon 20.04.15		Mats				
46		2.3 Test	12,57 days	Mon 20.04.15						
47		2.3.1 Teste/godkjenne systemkrav	1,43 days?	Mon 20.04.15		Jonas				
48		2.3.2 Foto til 3. presentasjon	0,71 days?	Mon 20.04.15		Marte				
49		2.4 3. Presentasjon	2,36 days	Thu 30.04.15						
50		2.4.1 Lage film til 3. presentasjon	2,71 days?	Thu 30.04.15			Jonas;Joel;Mats;Jo			
51		2.4.2 Lage prezi presentasjon	1,79 days?	Thu 30.04.15			Andreas;Marte;Joel			
52		3 End	1 day	Fri 15.05.15						

Prosjekt: Uke 19 og 20  
Dato: Sun 10.05.15

Aktivitet		Inactive Task		Manual Summary	
Deling		Inactive Milestone		Start-only	
Milepæl		Inactive Milestone		Finish-only	
Sammendrag		Inactive Summary		External Tasks	
Prosjektsammendrag		Manual Task		External Milestone	
Eksterne aktiviteter		Duration-only		Fremdrift	
Ekstern milepæl		Manual Summary Rollup		Tidsfrist	

## Vedlegg D – Aktivitet mot krav

### Runde 1

Aktivitetsnummer:	Krav:
2.1.10.2	3.2.1.1
2.1.13.1	3.2.1.1
2.2.1.1	3.2.1.1 - 4.1.3.3
2.2.1.2	3.4.1.1 ; 3.2.1.1
2.2.2.1	3.2.1.1 - 4.1.3.3
2.2.2.2	3.2.1.1 - 4.1.3.3
2.2.2.3	3.2.1.1 - 4.1.3.3
2.2.2.4	3.2.1.1 - 4.1.3.3
2.2.2.5	3.2.1.1 - 4.1.3.3
2.2.2.6	3.2.1.1 - 4.1.3.3
2.2.2.7	3.2.1.1 - 4.1.3.3
2.2.2.8	3.2.1.1 - 4.1.3.3
2.2.3.1.1.1	4.1.1.1-4.1.3.3
2.2.3.1.2.1	3.2.1.1
2.2.3.1.3.1	3.2.1.1
2.2.3.1.3.2	3.2.1.1
2.2.3.1.4.1	3.2.1.1
2.2.3.1.4.2	3.2.1.2
2.2.4.1	3.2.1.1 - 4.1.3.3
2.2.4.2	3.2.1.1 - 4.1.3.3
2.2.4.3	3.2.1.1 - 4.1.3.3
2.2.4.4	3.2.1.1 - 4.1.3.3
2.2.4.5	3.2.1.1 - 4.1.3.3
2.2.4.6	3.2.1.1 - 4.1.3.3
2.2.5	3.2.1.1
2.3.1	3.2.1.1 - 4.1.3.3
2.4.1.1	3.2.1.2;3.2.1.1
2.4.2.1	3.2.1.2
2.4.2.2	4.1.1.1
2.4.3	4.1.1.1;4.1.1.2
2.4.3.1	4.1.1.1;4.1.1.2
2.4.3.2	4.1.1.1;4.1.1.2
2.4.3.3	3.2.1.2;3.2.1.1
2.4.3.4	3.2.1.2;3.2.1.1
2.5.1	3.2.1.1

## Runde 2

Aktivitetsnummer:	Krav:
2.2.1.1	3.2.1.1;3.2.1.2
2.2.1.2	3.2.1.1;3.2.1.2
2.3.1	3.2.1.1;3.2.1.2
2.3.2	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.1.1	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.1.2	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.1.3	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.1.4	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.1.5	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.1.6	3.5.1.2
2.4.1.7	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.2.1	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.2.2	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.2.3	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.2.4	3.5.1.2;3.7.1.1
2.4.3.1	3.7.1.1
2.4.3.2	3.7.3.1
2.4.3.3	3.7.3.1
2.4.3.4	3.7.3.2
2.4.4.1	3.5.1.1;3.5.1.3
2.4.4.2	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.5.2	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.5.3	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.5.4	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.5.5	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.5.6	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.5.7	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.6.1	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.6.2	3.2.1.1;3.2.1.2
2.5.1.1	3.2.1.1;3.2.1.2
2.5.1.2	3.2.1.1;3.2.1.2
2.5.1.3	3.2.1.1;3.2.1.2
2.5.1.4	3.5.1.2;3.7.1.1
2.5.1.5	3.2.1.1;3.2.1.2
2.5.1.6	3.2.1.1;3.2.1.2
2.5.1.7	3.2.1.1;3.2.1.2
2.5.1.8	3.2.1.1;3.2.1.2
2.5.1.9	3.7.1.2
2.5.1.10	3.7.3.1
2.6.1	3.2.1.1;3.2.1.2;3.7.3.1;3.7.1.2
2.6.2	3.2.1.1;3.2.1.2



### Runde 3

Aktivitetsnummer:	Krav:
2.2.1.1	3.2.1.1;3.2.1.2
2.2.1.2	3.2.1.1;3.2.1.2
2.2.1.3	3.2.1.1;3.2.1.2
2.2.2.1	3.7.3.2
2.2.2.2	3.7.3.2;3.7.3.1
2.2.3.1	3.2.1.1;3.2.1.2
2.2.3.2	3.2.1.1;3.2.1.2
2.2.3.3	3.2.1.1;3.2.1.2
2.2.3.4	3.5.1.1
2.2.3.5	3.2.1.1;3.2.1.2
2.2.4.1	3.7.3.1;3.7.1.1
2.2.4.2	3.2.1.1
2.2.4.3	3.2.1.2
2.2.4.4	3.2.1.1
2.2.5.1	3.2.1.1;3.2.1.2
2.3.1	3.2.1.1;3.2.1.2
2.3.2	3.2.1.1;3.2.1.2
2.3.3	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.1	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.2	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.3	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.4	3.2.1.1;3.2.1.2
2.4.5	3.7.3.2;3.7.3.1
2.4.6	3.2.1.1;3.2.1.2
2.5.1	3.2.1.1;3.2.1.2
2.5.2	3.2.1.1;3.2.1.2
2.5.3	3.2.1.1;3.2.1.2
2.6.1	3.2.1.1;3.2.1.2

## Runde 4

Aktivitetsnummer:	Krav:
2.3.1	3.5.1.1;3.5.1.3;3.5.2.1;3.5.2.2;3.6.1.1;3.6.2.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.3.2	3.5.1.1;3.5.1.3;3.5.2.1;3.5.2.2;3.6.1.1;3.6.2.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.3.3	3.5.3.1;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.3.4	3.2.2.2;3.2.2.3;3.2.2.1;3.6.3.1;3.6.3.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3;
2.3.5	3.2.1.1;3.2.1.3;3.2.1.4;3.7.2.1;3.8.2.5
2.3.6	3.2.1.1;3.2.1.3;3.2.1.4;3.7.2.1;3.8.2.5
2.3.7	3.2.1.1;3.2.1.3;3.2.1.4;3.7.2.1;3.8.2.5
2.3.8	3.2.1.1;3.2.1.3;3.2.1.4;3.7.2.1;3.8.2.5
2.3.9	3.5.3.1;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.3.11	3.5.1.1;3.5.1.3;3.5.2.1;3.5.2.2;3.6.1.1;3.6.2.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.3.12.2	3.7.3.2;3.7.3.1
2.3.12.3	3.7.3.2;3.7.3.1
2.3.13.3	3.5.1.1;3.5.1.3;3.5.2.1;3.5.2.2;3.6.1.1;3.6.2.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.3.13.4	3.2.2.2;3.2.2.3;3.2.2.1;3.6.3.1;3.6.3.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3;
2.3.13.5	3.2.2.2;3.2.2.3;3.2.2.1;3.6.3.1;3.6.3.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3;
2.3.13.6	3.5.3.1;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.4.5	3.2.1.1;3.2.2.2;3.2.2.3;3.4.1.1;3.5.1.1;3.5.1.3;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3;3.6.1.1
2.4.6	3.2.1.1;3.2.2.2;3.2.2.3;3.4.1.1;3.5.1.1;3.5.1.3;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3;3.6.1.1

## Runde 5

Aktivitetsnummer:	Krav:
2.2.1.1	3.5.1.2;3.5.1.3;3.5.2.2;3.7.1.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.1.2	3.5.1.1;3.5.1.3;3.5.2.1;3.5.2.2;3.6.1.1;3.6.2.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.1.3	3.5.2.1;3.5.2.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.1.4	3.2.1.1;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.1.5	3.2.2.2;3.2.2.3;3.2.2.1;3.6.3.1;3.6.3.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3;
2.2.1.6	3.5.1.1;3.5.1.3;3.5.2.1;3.5.2.2;3.6.1.1;3.6.2.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.1.7	3.5.3.1;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.1.8	3.2.1.1;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.1.9	3.7.3.3;3.7.3.2;3.7.3.4;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.2.1	3.5.1.2;3.5.1.3;3.5.2.2;3.7.1.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.2.2	3.5.1.1;3.5.1.3;3.5.2.1;3.5.2.2;3.6.1.1;3.6.2.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.2.3	3.5.2.1;3.5.2.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.2.4	3.2.1.1;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.2.5	3.2.2.2;3.2.2.3;3.2.2.1;3.6.3.1;3.6.3.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3;
2.2.2.6	3.5.1.1;3.5.1.3;3.5.2.1;3.5.2.2;3.6.1.1;3.6.2.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.2.7	3.5.3.1;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.2.8	3.2.1.1;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3

2.2.2.9	3.7.3.3;3.7.3.2;3.7.3.4;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.3.1	3.7.3.2;3.7.3.1
2.2.3.2	3.7.3.3;3.7.3.2;3.7.3.4;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.4.1	3.5.1.2;3.5.1.3;3.5.2.2;3.7.1.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.4.2	3.5.1.1;3.5.1.3;3.5.2.1;3.5.2.2;3.6.1.1;3.6.2.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.4.3	3.5.2.1;3.5.2.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.4.4	3.2.2.2;3.2.2.3;3.2.2.1;3.6.3.1;3.6.3.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3;
2.2.4.5	3.2.2.2;3.2.2.3;3.2.2.1;3.6.3.1;3.6.3.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3;
2.2.4.6	3.5.1.1;3.5.1.3;3.5.2.1;3.5.2.2;3.6.1.1;3.6.2.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.4.7	3.5.3.1;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.5.1	3.2.1.2
2.2.6.1	3.5.1.2;3.5.1.3;3.5.2.2;3.7.1.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.6.2	3.5.1.1;3.5.1.3;3.5.2.1;3.5.2.2;3.6.1.1;3.6.2.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.6.3	3.5.2.1;3.5.2.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.6.4	3.2.2.2;3.2.2.3;3.2.2.1;3.6.3.1;3.6.3.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3;
2.2.6.5	3.2.2.2;3.2.2.3;3.2.2.1;3.6.3.1;3.6.3.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3;
2.2.6.6	3.5.1.1;3.5.1.3;3.5.2.1;3.5.2.2;3.6.1.1;3.6.2.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.6.7	3.2.1.1;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.2.6.8	3.7.3.3;3.7.3.2;3.7.3.4;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.3.5	3.7.3.3;3.7.3.2;3.7.3.4;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3
2.4.1	3.2.1.2

## Uke 19 og 20

Aktivitetsnummer:	Krav:
2.2.1.2	3.2.1.1;3.2.1.3;3.2.1.4;3.7.2.1;3.8.2.5
2.2.2.2	2.2.2.1;3.2.2.3;3.2.2.4;3.5.1.2;3.7.1.1.;3.7.1.2;3.7.3.1;3.7.3.2;3.7.3.3;3.7.3.4
2.2.2.3	3.7.3.2;3.7.3.1
2.2.3.1	3.5.1.2;3.5.1.3;3.5.2.2;3.7.1.2;3.8.1.1;3.8.2.1;3.8.2.2;3.8.2.3

## Vedlegg E – Krav mot aktivitet

## Runde 1

Krav:	Aktivitet:
3.2.1.1	1.1.9.2;1.1.12.1;1.2.1.1;1.2.1.2;1.2.2.1;1.2.2.2;1.2.2.3;1.2.2.4;1.2.2.5;1.2.2.6;1.2.2.7;1.2.2.8;1.2.3.1.2.1; 1.2.3.1.3.1;1.2.3.1.3.2;1.2.3.1.4.1;1.2.4.1;1.2.4.2;1.2.4.3;1.2.4.4;1.2.4.5;1.2.4.6;1.2.5;1.2.6;1.2.7;1.4.1.1; 1.5.1;2.2.1;2.2.2;2.3.1;2.3.2;2.4.2;2.4.3;2.4.5.1
3.2.1.2	1.2.1.1;1.2.2.1;1.2.2.2;1.2.2.3;1.2.2.4;1.2.2.5;1.2.2.6;1.2.2.7;1.2.2.8;1.2.3.1.4.2;1.2.4.1;1.2.4.2;1.2.4.3; 1.2.4.4;1.2.4.5;1.2.4.6;1.2.7;1.4.1.3;2.2.1;2.2.2;2.3.1;2.3.2;2.4.2;2.4.3;2.4.5.1;2.5.1
3.3.1.1	1.2.1.1;1.2.2.1;1.2.2.2;1.2.2.3;1.2.2.4;1.2.2.5;1.2.2.6;1.2.2.7;1.2.2.8;1.2.4.1;1.2.4.2;1.2.4.3;1.2.4.4; 1.2.4.5;1.2.4.6;1.2.7;2.2.1;2.3.1;2.3.2;2.4.2;2.4.3
3.5.1.1	1.2.1.1;1.2.2.1;1.2.2.2;1.2.2.3;1.2.2.4;1.2.2.5;1.2.2.6;1.2.2.7;1.2.2.8;1.2.4.1;1.2.4.2;1.2.4.3;1.2.4.4; 1.2.4.5;1.2.4.6;1.2.7;2.2.1;2.3.1;2.3.2;2.4.2;2.4.3
3.5.1.2	1.2.1.1;1.2.2.1;1.2.2.2;1.2.2.3;1.2.2.4;1.2.2.5;1.2.2.6;1.2.2.7;1.2.2.8;1.2.4.1;1.2.4.2;1.2.4.3;1.2.4.4; 1.2.4.5;1.2.4.6;1.2.7;2.2.1;2.3.1;2.3.2;2.4.2;2.4.3
3.5.1.3	1.2.1.1;1.2.2.1;1.2.2.2;1.2.2.3;1.2.2.4;1.2.2.5;1.2.2.6;1.2.2.7;1.2.2.8;1.2.4.1;1.2.4.2;1.2.4.3;1.2.4.4; 1.2.4.5;1.2.4.6;1.2.7;2.2.1;2.3.1;2.3.2;2.4.2;2.4.3
3.5.2.1	1.2.1.1;1.2.2.1;1.2.2.2;1.2.2.3;1.2.2.4;1.2.2.5;1.2.2.6;1.2.2.7;1.2.2.8;1.2.4.1;1.2.4.2;1.2.4.3;1.2.4.4; 1.2.4.5;1.2.4.6;1.2.7;2.2.1;2.3.1;2.3.2;2.4.2;2.4.3
3.6.1.1	1.2.1.1;1.2.2.1;1.2.2.2;1.2.2.3;1.2.2.4;1.2.2.5;1.2.2.6;1.2.2.7;1.2.2.8;1.2.4.1;1.2.4.2;1.2.4.3;1.2.4.4; 1.2.4.5;1.2.4.6;1.2.7;2.2.1;2.3.1;2.3.2;2.4.2;2.4.3
3.6.1.2	1.2.1.1;1.2.2.1;1.2.2.2;1.2.2.3;1.2.2.4;1.2.2.5;1.2.2.6;1.2.2.7;1.2.2.8;1.2.4.1;1.2.4.2;1.2.4.3;1.2.4.4; 1.2.4.5;1.2.4.6;1.2.7;2.2.1;2.3.1;2.3.2;2.4.2;2.4.3
3.6.2.1	1.2.1.1;1.2.2.1;1.2.2.2;1.2.2.3;1.2.2.4;1.2.2.5;1.2.2.6;1.2.2.7;1.2.2.8;1.2.4.1;1.2.4.2;1.2.4.3;1.2.4.4; 1.2.4.5;1.2.4.6;1.2.7;2.2.1;2.3.1;2.3.2;2.4.2;2.4.3
3.6.2.2	1.2.1.1;1.2.2.1;1.2.2.2;1.2.2.3;1.2.2.4;1.2.2.5;1.2.2.6;1.2.2.7;1.2.2.8;1.2.4.1;1.2.4.2;1.2.4.3;1.2.4.4; 1.2.4.5;1.2.4.6;1.2.7;2.2.1;2.3.1;2.3.2;2.4.2;2.4.3
4.1.1.1	1.2.1.1;1.2.2.1;1.2.2.2;1.2.2.3;1.2.2.4;1.2.2.5;1.2.2.6;1.2.2.7;1.2.2.8;1.2.3.1.1.1;1.2.4.1;1.2.4.2;1.2.4.3; 1.2.4.4;1.2.4.5;1.2.4.6;1.2.7;1.4.1.2;1.4.2;1.4.2.1;1.4.2.2;2.2.1;2.3.1;2.3.2;2.4.1;2.4.2;2.4.3
4.1.1.2	1.2.1.1;1.2.2.1;1.2.2.2;1.2.2.3;1.2.2.4;1.2.2.5;1.2.2.6;1.2.2.7;1.2.2.8;1.2.3.1.1.1;1.2.4.1;1.2.4.2;1.2.4.3; 1.2.4.4;1.2.4.5;1.2.4.6;1.2.7;2.2.1;2.3.1;2.3.2;2.4.1;2.4.2;2.4.3
4.1.2.1	1.2.1.1;1.2.2.1;1.2.2.2;1.2.2.3;1.2.2.4;1.2.2.5;1.2.2.6;1.2.2.7;1.2.2.8;1.2.3.1.1.1;1.2.4.1;1.2.4.2;1.2.4.3; 1.2.4.4;1.2.4.5;1.2.4.6;1.2.7;2.2.1;2.3.1;2.3.2;2.4.2;2.4.3
4.1.3.1	1.2.1.1;1.2.2.1;1.2.2.2;1.2.2.3;1.2.2.4;1.2.2.5;1.2.2.6;1.2.2.7;1.2.2.8;1.2.3.1.1.1;1.2.4.1;1.2.4.2;1.2.4.3; 1.2.4.4;1.2.4.5;1.2.4.6;1.2.7;2.2.1;2.3.1;2.3.2;2.4.2;2.4.3
4.1.3.2	1.2.1.1;1.2.2.1;1.2.2.2;1.2.2.3;1.2.2.4;1.2.2.5;1.2.2.6;1.2.2.7;1.2.2.8;1.2.3.1.1.1;1.2.4.1;1.2.4.2;1.2.4.3; 1.2.4.4;1.2.4.5;1.2.4.6;1.2.7;2.2.1;2.3.1;2.3.2;2.4.2;2.4.3;2.4.6;2.4.6.1
4.1.3.3	1.2.1.1;1.2.2.1;1.2.2.2;1.2.2.3;1.2.2.4;1.2.2.5;1.2.2.6;1.2.2.7;1.2.2.8;1.2.3.1.1.1;1.2.4.1;1.2.4.2;1.2.4.3; 1.2.4.4;1.2.4.5;1.2.4.6;1.2.7;2.2.1;2.3.1;2.3.2;2.4.2;2.4.3; 2.4.5.1;2.4.5.2;2.5.1

## Runde 2

Krav:	Aktivitetsnummer:
3.2.1.1	2.2.1.1;2.2.1.2;2.4.1.1;2.4.1.2;2.4.1.3;2.4.1.4;2.4.1.5;2.4.1.7;2.4.2.1;2.4.2.2;2.4.2.3;2.4.5.1;2.4.5.2;2.4.5.3;2.4.5.4;2.4.5.5;2.4.5.6;2.4.5.7;2.4.6.1;2.4.6.2;2.5.1.1;2.5.1.2;2.5.1.3;2.5.1.5;2.5.1.6;2.5.1.7;2.5.1.8;2.6.1;2.6.2
3.2.1.2	2.2.1.1;2.2.1.2;2.3.1;2.3.2;2.4.1.1;2.4.1.2;2.4.1.3;2.4.1.4;2.4.1.5;2.4.1.7;2.4.2.1;2.4.2.2;2.4.2.3;2.4.4.2;2.4.5.2;2.4.5.3;2.4.5.4;2.4.5.5;2.4.5.6;2.4.5.7;2.4.6.1;2.4.6.2;2.5.1.1;2.5.1.2;2.5.1.3;2.5.1.5;2.5.1.6;2.5.1.7;2.5.1.8;2.6.1;2.6.2
3.5.1.2	2.4.1.6;2.5.1.4
3.5.1.3	2.4.4.1
3.7.1.1	2.4.2.4;2.4.3.1;2.5.1.4
3.7.1.2	2.5.1.4;2.5.1.9
3.7.3.1	2.5.1.10;2.6.12.4.3.3;2.4.3.2
3.7.3.2	2.4.3.4

## Runde 3

Krav:	Aktivitetsnummer:
3.2.1.1	2.2.1.1;2.2.1.2;2.2.1.3;2.2.3.1;2.2.3.2;2.2.3.3;2.2.3.5;2.2.4.2;2.2.4.4;2.2.5.1;2.3.1;2.3.2;2.3.3;2.4.1;2.4.2; 2.4.3;2.4.4;2.4.6;2.5.1;2.5.2;2.5.3;2.6.1
3.2.1.2	2.2.1.1;2.2.1.2;2.2.1.3;2.2.3.1;2.2.3.2;2.2.3.3;2.2.3.5;2.2.4.3;2.2.5.1;2.3.1;2.3.2;2.3.3;2.4.1;2.4.2;2.4.3; 2.4.4;2.4.6;2.5.1;2.5.2;2.5.3;2.6.1
3.7.3.2	2.2.2.1;2.2.2.2;2.4.5
3.7.3.1	2.4.5
3.5.1.1	2.2.1.1;2.2.1.2;2.2.1.3;2.2.3.1;2.2.3.2;2.2.3.3;2.2.3.5;2.2.4.3;2.2.5.1;2.3.1;2.3.2;2.3.3;2.4.1;2.4.2;2.4.3; 2.4.4;2.4.6;2.5.1;2.5.2;2.5.3;2.6.1
3.7.3.2	2.2.2.1;2.2.2.2;2.4.5
3.7.3.1	2.4.5
3.5.1.1	2.4.5

## Runde 4

Krav:	Aktivitetsnummer:
3.2.1.1	2.3.5;2.3.6;2.3.6;2.3.7;2.3.8;2.4.5
3.2.1.2	2.3.4;2.3.13.4;2.3.13.5
3.2.1.3	2.3.5;2.3.6;2.3.7;2.3.8;2.3.11
3.2.1.4	2.3.5;2.3.6;2.3.7;2.3.8;2.3.13.5
3.2.2.1	2.3.4;2.3.13.4;2.3.13.5
3.2.2.2	2.3.4;2.3.13.4;2.3.13.5;2.4.5;2.4.6
3.2.2.3	2.3.4;2.3.13.4;2.3.13.5;2.4.5;2.4.6
3.5.1.1	2.3.1;2.3.2;2.3.11;2.3.13.3;2.4.5;2.4.6
3.5.1.3	2.3.11;2.3.13.3;2.4.5;2.4.6
3.5.2.1	2.3.1;2.3.2;2.3.11;2.3.12.2;2.3.13.3

3.5.2.2	2.3.1;2.3.2;2.3.11;2.3.13.6
3.5.3.1	2.3.3;2.3.9;2.3.13.6
3.6.1.1	2.3.1;2.3.2;2.3.11;2.4.5;2.4.6
3.6.2.2	2.3.1;2.3.2;2.3.11;2.3.13.3
3.6.3.1	2.3.4;2.3.13.4;2.3.13.5
3.6.3.2	2.3.4;2.3.13.4;2.3.13.5
3.7.2.1	2.3.5;2.3.6;2.3.7;2.3.8
3.7.3.1	2.3.12.2;2.3.12.3
3.7.3.2	2.3.12.2;2.3.12.3;2.3.13.3
3.8.1.1	2.3.1;2.3.2;2.3.3;2.3.4;2.3.9;2.3.11;2.3.13.3; 2.3.13.4;2.3.13.5
3.8.2.1	2.3.1;2.3.2;2.3.3;2.3.4;2.3.9;2.3.13.3;2.3.13.4; 2.3.13.5;2.3.13.6;2.4.5;2.4.6
3.8.2.2	2.3.2;2.3.3;2.3.4;2.3.5;2.3.9;2.3.11;2.3.13.3;2.3.13.4; 2.3.13.5;2.3.13.6;2.4.5;2.4.6
3.8.2.3	2.3.2;2.3.3;2.3.4;2.3.5;2.3.9;2.3.11;2.3.13.3;2.3.13.4; 2.3.13.5;2.3.13.6;2.4.5;2.4.6
3.8.2.5	2.3.2;2.3.3;2.3.4;2.3.5;2.3.9;2.3.11;2.3.13.3;2.3.13.4;2.3.13.5;2.3.13.6;2.4.5;2.4.6

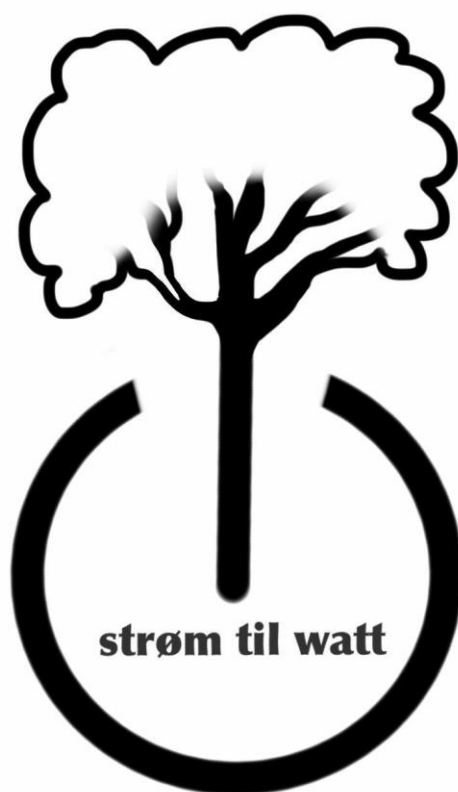
## Runde 5

Krav:	Aktivitetsnummer:
3.2.2.1	2.2.1.1;2.2.1.5;2.2.2.5;2.2.4.4;2.2.4.5;2.2.6.4;2.2.6.5
3.2.2.2	2.2.1.5;2.2.2.5;2.2.4.4;2.2.4.5;2.2.6.4;2.2.6.5
3.2.2.3	2.2.1.5;2.2.2.5;2.2.4.4;2.2.4.5;2.2.6.4;2.2.6.5
3.5.1.1	2.2.1.2;2.2.1.6;2.2.4.5;2.2.4.6;2.2.6.2;2.2.6.6
3.5.1.2	2.2.1.1;2.2.2.1;2.2.4.1;2.2.6.1
3.5.1.3	2.2.1.6;2.2.2.1;2.2.2.2;2.2.2.6;2.2.4.1;2.2.4.2;2.2.4.6;2.2.6.1;2.2.6.2
3.5.2.1	2.2.2.6;2.2.4.2;2.2.4.3;2.2.4.6;2.2.6.2;2.2.6.3;2.2.6.6
3.5.2.2	2.2.4.2;2.2.4.3;2.2.4.6;2.2.6.1;2.2.6.2; 2.2.6.3;2.2.1.1
3.6.1.1	2.2.1.2;2.2.1.6;2.2.2.2;2.2.2.6;2.2.4.2;2.2.4.6;2.2.6.2;2.2.6.6
3.6.2.2	2.2.2.2;2.2.2.6;2.2.4.2
3.6.3.1	2.2.2.5;2.2.4.2;2.2.4.3
3.6.3.2	2.2.1.5;2.2.4.4;2.2.4.5;2.2.6.4
3.7.1.2	2.2.1.1;2.2.6.1;2.2.4.1;2.2.2.1
3.7.3.3	2.2.6.8;2.3.5;2.2.1.7
3.7.3.4	2.2.2.9;2.2.1.9;2.2.3.2;2.2.6.8;2.3.5
3.8.1.1	2.2.1.7;2.2.1.8;2.2.2.1;2.2.2.2;2.2.2.3;2.2.2.4;2.2.2.5;2.2.2.6;2.2.2.7;2.2.2.8;2.2.4.1;2.2.4.2; 2.2.4.3; 2.2.4.4;2.2.4.5;2.2.4.6;2.2.4.7;2.2.6.1;2.2.6.2;2.2.6.3;2.2.6.4;2.2.6.5;2.2.6.6;2.2.6.7; 2.2.6.8
3.8.2.1	2.2.1.2;2.2.1.3;2.2.1.4;2.2.1.5;2.2.1.6;2.2.1.7;2.2.1.8;2.2.1.9;2.2.2.1;2.2.2.2;2.2.2.3;2.2.2.4;2.2.2.5; 2.2.2.6;2.2.2.7;2.2.2.8;2.2.2.9;2.2.3.2;2.2.4.1; 2.2.4.2;2.2.4.3;2.2.4.4;2.2.4.5;2.2.4.6;2.2.4.7;2.2.5.1; 2.2.6.1;2.2.6.2;2.2.6.3;2.2.6.4;2.2.6.5;2.2.6.6;2.2.6.7;2.2.6.8;2.3.5
3.8.2.2	2.2.1.1;2.2.1.2;2.2.1.3;2.2.1.4;2.2.1.5;2.2.1.6;2.2.1.7;2.2.1.8;2.2.1.9; 2.2.2.1;2.2.2.2;2.2.2.3;2.2.2.4; 2.2.2.5;2.2.2.6;2.2.2.7;2.2.2.8;2.2.2.9;2.2.3.2; 2.2.4.1;2.2.4.2;2.2.4.3;2.2.4.4;2.2.4.5;2.2.4.6;2.2.4.7; 2.2.6.1;2.2.6.2;2.2.6.3;2.2.6.4;2.2.6.5;2.2.6.6;2.2.6.7;2.2.6.8;2.3.5
3.8.2.3	2.2.1.1;2.2.1.2;2.2.1.3;2.2.1.4;2.2.1.5;2.2.1.6;2.2.1.7;2.2.1.8;2.2.1.9;2.2.2.1;2.2.2.2;2.2.2.3;2.2.2.4; 2.2.2.5;2.2.2.6;2.2.2.7;2.2.2.8;2.2.2.9;2.2.3.2;2.2.4.1;2.2.4.2;2.2.4.3;2.2.4.4;2.2.4.5;2.2.4.6;2.2.4.7; 2.2.6.1;2.2.6.2;2.2.6.3;2.2.6.4;2.2.6.5;2.2.6.6;2.2.6.7;2.2.6.8;2.3.5

**Uke 19 og 20**

Krav:	Aktivitetsnummer:
2.2.2.1	2.2.1.2;2.2.2.2
3.2.1.1	2.2.1.2;2.2.2.3
3.2.1.3	2.2.1.2
3.2.2.3	2.2.2.2
3.2.1.4	2.2.1.2
3.7.2.1	2.2.1.2
3.8.2.5	2.2.1.2
3.5.1.2	2.2.2.2;2.2.3.1
3.7.1.1	2.2.2.2
3.7.1.2	2.2.2.2;2.2.3.1
3.7.3.1	2.2.2.2;2.2.2.3
3.7.3.2	2.2.2.2;2.2.2.3
3.7.3.3	2.2.2.2
3.7.3.4	2.2.2.2
3.5.1.3	2.2.3.1
3.5.2.2	2.2.3.1
3.7.1.2	2.2.2.2;2.2.3.1
3.8.1.1	2.2.3.1
3.8.2.1	2.2.1.2;2.2.3.1
3.8.2.2	2.2.2.3;2.2.3.1
3.8.2.3	2.2.3.1

# Kravspesifikasjon





## Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Dokumenthistorie</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Oversikt</b>	<b>5</b>
2.1	Omfang	5
<b>3</b>	<b>Overordnede systemkrav</b>	<b>5</b>
3.1	Generelt system	5
3.2	Ytelse	5
3.2.1	Effekt	5
3.2.2	Temperaturbegrensninger	6
3.3	Støy	6
3.3.1	Systemstøy	6
3.4	Vekt	6
3.4.1	Turbinvekt	6
3.5	Sikkerhet	7
3.5.1	Overvåking av eksternt system (turbin)	7
3.5.2	Sikkerhet for allmenn ferdsel	7
3.5.3	Generell sikkerhet	7
3.6	Håndtering av system	8
3.6.1	Installasjon	8
3.6.2	Vassdrags- og vannressursloven	8
3.6.3	Service og vedlikehold	8
3.7	Konfigurerbar data både fullskala og prototype	8
3.7.1	Posisjonering	8
3.7.2	Batteri til GPS	8
3.7.3	Dataprosesering av fullskala system	9
3.8	Materialer	9
3.8.1	Miljø	9
3.8.2	Livssyklus	9
<b>4</b>	<b>Kravprioritet</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Godkjenning av dokument</b>	<b>10</b>

## Vedlegg

Vedlegg A – Versjonsendringer

Vedlegg B – Grunnen til endring av krav 3.2.1.1

## Tabelloversikt

Tabell 1: Versjonsnummer .....	4
Tabell 2: Deltakeroversikt.....	4
Tabell 3: Kravprioritet .....	10
Tabell 4: Godkjenning av dokument .....	10

# 1 Dokumenthistorie

*Tabell 1: Versjonsnummer*

Versjonsnummer:	Dato:	Ansvarlig:
1.0	01.29.2015	AB og MR
2.0	05.03.2015	MR
3.0	04.05.2015	JN

*Tabell 2: Deltakeroversikt*

Deltakere	Initialer
Andreas Blakstad	AB
Jo Nysæter	JN
Joel Gøransson	JG
Jonas H. Pedersen	JHP
Marte Rognerud	MR
Mats F. Evensen	MFE

## 2 Oversikt

### 2.1 Omfang

Interessenter har blitt identifisert ut fra hvem eller hva som kan ha meninger om produktet. Ut fra dette har målbare systemkrav blitt laget for å tilfredsstille disse i størst mulig grad. Hovedfokuset er krav fra oppdragsgiver og de lover og regler som gjelder for produktet, ettersom det er viktigst at disse blir tilfredsstilt.

I dette dokumentet vil det lages krav til planer for et fullskala system som omfatter turbin og festeanordning for turbin, heretter omtalt som et «fullskala system». Det vil også lages krav til en prototype som skal ferdigstilles i løpet av prosjektet, heretter omtalt som «prototype».

## 3 Overordnede systemkrav

### 3.1 Generelt system

Mikrokraftverket vil produsere fornybar energi gjennom å utnytte den kinetiske energien i vannet som strømmer gjennom systemet.

### 3.2 Ytelse

#### 3.2.1 Effekt

##### 3.2.1.1 Fullskala system

Fullskala system med en rotordiameter på 0,5 meter skal produsere en effekt på 70W, ved en vannstrøm på 1,5 m/s.

##### 3.2.1.2 Prototype

Prototypen skal ha en virkningsgrad ( $C_P$ ) på minimum 0,05, i henhold til ligningen  $E = \frac{1}{2} \rho v^3 A C_P$

##### 3.2.1.3 Overlading

Fullskalasystemet skal kunne lade ett 12 volts batteri, uten at det skades/overlades.

##### 3.2.1.4 Ladespenning

Fullskala system skal ha en maks ladespenning på batteriet som ikke overskrider 14,2 volt.

## 3.2.2 Temperaturbegrensninger

### 3.2.2.1 Kulde

Fullskala system skal tåle minusgrader i inntil 2 døgn i bruk hvor elva ikke fryser.

### 3.2.2.2 Vanntemperatur

Fullskala skal i bruk tåle temperatur mellom 1 og 40 grader °C.

### 3.2.2.3 Lufttemperatur

Fullskala system skal tåle en lufttemperatur på 60 °C i direkte sollys.

### 3.2.2.4 Oppbevaring

Fullskala skal kunne lagres i skur mellom -18 og 50 °C

## 3.3 Støy

### 3.3.1 Systemstøy

#### 3.3.1.1 Akustisk støy

Prototypen skal ikke overskride 50 dB.

#### 3.3.1.2 Elektronisk støy

Prototypen skal tåle feltstyrke 10V/m.(IEC 61000-4-3) <sup>1</sup>

#### 3.3.1.3 Utstrålt Emisjon

Prototypen skal ha grenseverdi mellom 80 – 52 dBµV/m.( CISPER 16-2) <sup>2</sup>

## 3.4 Vekt

### 3.4.1 Turbinvekt

#### 3.4.1.1 Fullskala turbinenhet

Fullskala turbinenhet skal ikke veie mer enn 80 kg.

---

<sup>1</sup> Dette er et krav fra oppdragsgiver, men det er ikke økonomi i prosjektet til å teste kravet.

<sup>2</sup> Dette er et krav fra oppdragsgiver, men det er ikke økonomi i prosjektet til å teste kravet.

## 3.5 Sikkerhet

### 3.5.1 Overvåking av eksternt system (turbin)

#### 3.5.1.1 Festeordning

Fullskala system skal ha et festesystem som gjør at enheten ligger fluiddynamisk stabilt på et sted i elven.

#### 3.5.1.2 Overvåking

Prototypen og fullskala system skal kunne spores om nødvendig ved hjelp av GPS-koordinater om den f.eks. løsner eller blir stjålet.

#### 3.5.1.3 Ekstremvær

Fullskala system skal tåle en vannstrøm på inntil 5 m/s.

### 3.5.2 Sikkerhet for allmenn ferdsel

#### 3.5.2.1 Synlighet

Fullskala system skal merkes slik at det ikke er mulig å snuble eller skade seg ved å komme i kontakt med systemet.

#### 3.5.2.2 Skarpe kanter

Fullskala system skal ikke ha skarpe kanter slik at det er mulig å skjære seg på disse.

### 3.5.3 Generell sikkerhet

#### 3.5.3.1 Aksellås

Fullskalasystemets turbinenhet skal utstyres med en aksellås som skal hindre rotorbevegelsen i vann.

#### 3.5.3.2 Rotorbeskyttelse

Fullskalasystemets turbinenhet skal ha beskyttelse som plasseres forran innsuget for å hindre at andre ting enn vann kommer inn til rotoren.

## **3.6 Håndtering av system**

### **3.6.1 Installasjon**

#### **3.6.1.1 Turbinenheten**

Fullskala turbinenhet skal normalt kunne installeres av tre voksne personer.

#### **3.6.1.2 Frakt av system**

Fullskala system skal kunne fraktes med førerkort klasse B.

### **3.6.2 Vassdrags- og vannressursloven**

#### **3.6.2.1 Konsesjon**

Fullskala system skal gjøres portabelt, for å etterkomme kravene fra vassdrags- og vannressursloven for fri installasjon.

#### **3.6.2.2 Ferdsel**

Fullskala system skal ikke være til hinder for fri ferdsel.

### **3.6.3 Service og vedlikehold**

#### **3.6.3.1 Vedlikehold**

Fullskala system skal vaskes 2 ganger per år for å fjerne alger og mose.

#### **3.6.3.2 Service**

Service på fullskala system skal kunne utføres av eier uten spesiell kompetanse.

## **3.7 Konfigurerbar data både fullskala og prototype**

### **3.7.1 Posisjonering**

#### **3.7.1.1 GPS**

GPS skal gi posisjonskoordinatene til systemet når det er ønskelig.

#### **3.7.1.2 Nøyaktighet**

GPS-systemet skal ikke overskride en feilradius på mer enn 10 meter.

### **3.7.2 Batteri til GPS**

#### **3.7.2.1 Batterieffekt**

Fullskalasystemets reservebatteri skal ha nok effekt til å drive en mikrokontroller i 72 timer uten bidrag fra strømgeneratoren.

### 3.7.3 Dataprossesering av fullskala system

#### 3.7.3.1 GSM

GPS-koordinatene skal sendes gjennom GSM.

#### 3.7.3.2 Brukergrensesnitt

Systemet skal lagre informasjon i database på en server.

#### 3.7.3.3 Varsling

Systemet skal varsle bruker/eier av systemet dersom reservebatteri må benyttes.

#### 3.7.3.4 Mikrokontroller

Sikkerhetssystemet skal operere ut fra en mikrokontroller.

## 3.8 Materialer

### 3.8.1 Miljø

#### 3.8.1.1 Gift

Fullskala system skal bygges i miljøvennlige materialer som ikke er vannløselige.

### 3.8.2 Livssyklus

#### 3.8.2.1 Korrosjon

Fullskala system skal bygges i korrosjonsbestandige og UV-bestandige materialer.

#### 3.8.2.2 Tribologi

Materialene valgt for fullskala system skal tåle påkjenningene den vil bli utsatt for ved å ligge i elva i 10 år.

#### 3.8.2.3 Gjenvinning

Fullskala system skal kunne leveres på en gjenvinningsstasjon når det er utslitt.

#### 3.8.2.4 Vanntype

Fullskalasystemet skal tåle ferskvann.

#### 3.8.2.5 Sjokk

Fullskala system skal tåle fall fra 10 cm på betonggulv uten emballasje.



## 4 Kravprioritet

Systemkravene i kapittel 3, overordnede systemkrav, er alle A-krav. For å ha en drivende kraft i prosjektet har det blitt satt opp B og C krav i forbindelse med ytelse på turbinen. Tabell 3 viser hvilke krav som har B- og C-krav tilknyttet.

**A-krav – Skal oppfylles**

**B-krav – Bør oppfylles**

**C-krav – Kan oppfylles**

Tabell 3: Kravprioritet

Krav prioritet:	B	C
<i>Krav ID:</i>		
3.2.1.2	Prototypen skal ha en virkningsgrad ( $C_P$ ) på minimum 0,1, i henhold til ligningen $E = \frac{1}{2} \rho v^3 A C_P$	Prototypen skal ha en virkningsgrad ( $C_P$ ) på minimum 0,2, i henhold til ligningen $E = \frac{1}{2} \rho v^3 A C_P$
3.4.1.1	Fullskala turbinenhet skal ikke veie mer enn 60 kg.	Fullskala turbinenhet skal ikke veie mer enn 40 kg.
3.6.1.1	Fullskala turbinenhet skal normalt kunne installeres av to voksne personer.	Fullskala turbinenhet skal normalt kunne installeres av en voksen person.

## 5 Godkjenning av dokument

Tabell 4: Godkjenning av dokument

Dokument	Ansvarlig	Gruppeleder	Oppdragsgiver
3.0	JN	MR	Knut Henrik Skramstad
	.....	.....	.....

## Vedlegg A

### Versjonsendringer

Tabell 5: Versjonsendringer

Versjon	Utført av	Dato	Endringer
2.1	JNT og MR	15.04.15	3.2.2.1, 3.5.3.2, 3.7.3.4 endret, 3.2.2.4 ,3.2.2.5, 3.3.2.1, 3.3.2.2, 3.8.2.4, 3.8.2.5 nye krav
2.2	JNT	22.03.15	Fjernet: 3.3.2.1, 3.3.2.2 Ferdigstilling av dokument. Innholdsfortegnelse, endring av overskrifter og skriftendring.
2.3	JNT og MR	24.04.15	B og C kravene til 3.5.1.3 er fjernet grunnet fysiske lover. Da vannet ikke renner mye fortere men elva blir høyere Nye krav: 3.2.1.3 , 3.2.1.4 , 3.3.1.2 , 3.3.1.3 Spesifisert: 3.2.2.4, 3.2.2.5, 3.5.3.1, 3.5.3.2, 3.6.3.2, 3.7.2.1, 3.7.3, 3.8.2.4, 3.8.2.5
2.4	JNT	28.04.15	3.3.1.3 Endret skrivefeil(Y til $\mu$ ) Laget fotnote til 3.3.1.2 og 3.3.1.3. Nytt kapittel: kap 5
2.5	JNT	03.05.15	3.2.1.1. Endret fra 100 W til 70W se vedlegg B Fjernet 3.2.2.2 3.2.2.2 er blitt til 3.2.2.5.
2.6	JNT	04.05.15	Lagt til tabell 4. Tidligere tabell 4 er da blitt tabell 5
3.0	AB	10.05.15	Ferdigstilt dokument. Formateringsendringer, skrifttype,

## Vedlegg B

### Endring av krav 3.2.1.1

Da vi satte opp dette kravet tok vi utgangspunkt i effektiviteten til store vindturbiner som selvfølgelig er begrenset av Betz-grense (16/27) og per i dag kun klarer å ta ut 80 % av energien under Betz-grense. I tillegg er det tap i generator og andre friksjonstap som gjør at bare opp mot 70 % av denne energien kommer ut i form av strøm.

Altså:  $(16/27) * 0,8 * 0,7 = 0,33$ . Dette er systemets  $C_P$ -verdi (coefficient of performance) 33 % av energien i vinden blir altså omgjort til strøm.

Ved en vannstrøm på 1,5 m/s, en rotordiameter på 50 cm og samme  $C_P$ -verdi som i vindturbiner gir dette oss følgende:

$$E = (1/2) * \rho * v^3 * r^2 * \pi * C_P = 0,5 * 1000 * 1,5^3 * 0,25^2 * \pi * 0,33 = 109,95 \text{ Watt}$$

Med dette er vi innenfor kravet.

Det som skaper problemer er at vi nå har funnet ut at denne  $C_P$ -verdien er lavere i mindre elvesystemer. Vi har en kilde [1] som sier at  $C_P$ -verdien for små kinetiske elvekraftverk ligger opp mot 0,25. Dette gir oss følgende utregning:

$$E = (1/2) * \rho * v^3 * r^2 * \pi * C_P = 0,5 * 1000 * 1,5^3 * 0,25^2 * \pi * 0,25 = 82,8 \text{ Watt}$$

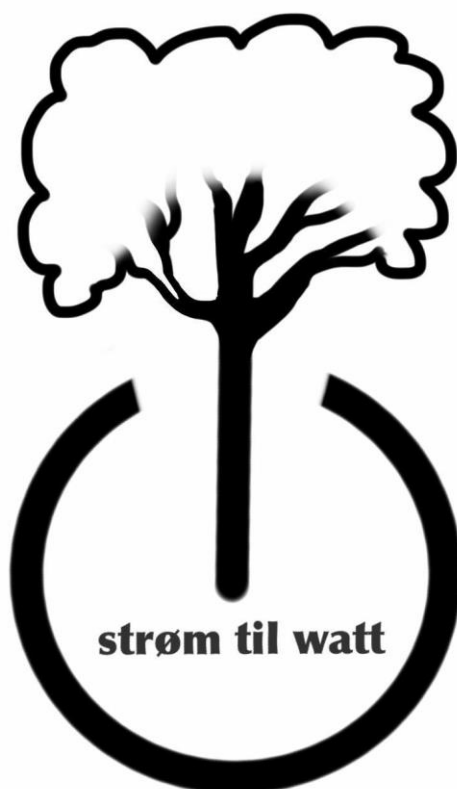
Her er brukt den maksimale  $C_P$ -verdien for systemet tatt fra mindre elvesystemer.

Altså, det er teknisk umulig å nå det kravet vi har satt oss. Kravet blir derfor endret til 70 watt for at det skal være mulig å nå.

### Referanse

1. Mukrimin Sevkett Guney, Evaluation and measures to increase performance coefficient of hydrokinetic turbines, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (2011) 3669–3675.

# Forstudie av portabelt vannkraftverk



## Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Dokumenthistorie .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Innledning.....</b>	<b>5</b>
2.1	Grunnlag for utregninger [2] .....	5
<b>3</b>	<b>Regning på hovedidé.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Regning på prototype .....</b>	<b>7</b>
4.1	Sammenlikning med andre energikilder .....	7
4.1.1	Sammenlikning med solceller .....	7
4.1.2	Sammenlikning med tradisjonelt vannkraftverk .....	8
<b>5</b>	<b>Energi .....</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Sammendrag og konklusjon .....</b>	<b>8</b>
<b>7</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>9</b>

## Vedlegg

Vedlegg A – Versjonsendringer

Vedlegg B – Tradisjonelle vannkraftverk

## Figuroversikt

Figur 1: Viser skjematisk oppsett av et pelton-hjul med dyse [2] .....	11
Figur 2: Viser oppsettet for en Turgoturbin [4] .....	12
Figur 3: Viser oppsettet for en Francisturbin [5].....	12
Figur 4: Viser en fixed pitch propell [6] .....	13
Figur 5: Viser oppsettet for en Kaplanturbin [7] .....	13
Figur 6: Cross flow turbin [9] .....	14
Figur 7: Bilde av en arkimedesskrue i drift [12].....	14
Figur 8: Viser turbinvalg som funksjon av volumstrøm og høydeforskjell [13].....	15

## Tabelloversikt

Tabell 1: Versjonsnummer .....	4
Tabell 2: Deltakeroversikt.....	4

Strøm til Watt	10.05.2015
Forstudie	Versjon 2.0

# 1 Dokumenthistorie

Tabell 1: Versjonsnummer

Versjonsnummer:	Dato:	Ansvarlig:
1.0	10.02.2015	JHP
2.0	10.05.2015	JHP

Tabell 2: Deltakeroversikt

Deltakere	Initialer
Andreas Blakstad	AB
Jo Nysæter	JN
Joel Gøransson	JG
Jonas H. Pedersen	JHP
Marte Rognerud	MR
Mats F. Evensen	MFE

## 2 Innledning

Vår oppdragsgiver vil ha et portabelt vannkraftverk som overfører den kinetiske energien i en vannstrøm til elektrisk energi. Dette dokumentet vil beskrive sammenhengen mellom størrelse på turbinen og energi det er mulig å hente ut. Et tradisjonelt vannkraftverk er en fast installasjon hvor vannet blir demmet opp og ledet mot et løpehjul. I denne oppgaven skal det fokuseres på en portabel løsning som bli plassert i vannstrømmen av en elv og utnytte den kinetiske energien direkte. Det er i dag stort fokus på småkraftverk i Norge. NVE fikk i 2003, av Olje- og energidepartementet, tildelt et spesielt ansvar for å bidra til å fremme teknologi og annen kunnskap knyttet til små kraftverk. [1] Gjennom arbeidet med dette prosjektet vil Strøm Til Watt komme opp med et alternativ til de faste installasjonene som har minimal innvirkning på miljø, fugl, fisk og fauna. Det foregår mye forskning på kinetiske vannkraftverk, hovedsaklig i forbindelse med tidevannsstrømmer ut og inn av fjorder, men også i store elver.

### 2.1 Grunnlag for utregninger [2]

Den kinetiske energien i et fluid som strømmer gjennom et tverrsnitt er gitt ved følgende formel:

$$E = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Hvor  $\rho$  beskriver tettheten til fluidet,  $A$  beskriver tverrsnittsarealet og  $v$  beskriver farten fluidet strømmer med. Det er dessverre ikke mulig å hente ut all denne energien. Den øvre grense for hva som er mulig å hente ut med en turbin er gitt ved Betz-grense som tilsvarer 16/27 av denne verdien. Videre følger ligningen som viser hvor mye energi det er mulig å hente ut fra et strømmende fluid.

$$E = \frac{1}{2} \rho A v^3 * \frac{16}{27}$$

Forløpig har ingen klart å hente ut all den energien som ligningen over beskriver. Ettersom rotor og girkasse ikke er optimale (ideelle) vil det alltid være tap. I dag klarer man å hente ut ca 80% av Betz øvre grense. Utregningen nedenfor viser da at vi i dag kun klarer å hente ut ca 47 % av den energien som finnes i et strømmende fluid. Altså en faktor,  $f$ :

$$f = \left(\frac{16}{27}\right) * 0.80 = 0.47$$

Dette er "best case scenario" og vil være grunnlaget for utregningene i planene for fullskala system. I tillegg gjør friksjonstap og elektriske tap i generatoren at bare 30 -70 prosent av dette blir omgjort til elektrisk energi.

For prototypen blir det regnet med større tap ettersom det vil bli brukt en DC-motor som generator, rotoren er 3D-printet og har langt fra optimal overflate. Vi vil derfor regne med følgende tapsledd:

Betz-grense: 0,5925... (16/27)



Generator: 0,70

Rotor: 0,50

Kraftoverføring: 0,90

Til sammen gir dette et tap på ca 82 %.

Det ble utført hastighetsberegninger ved å slippe en pinne nedover Lågen og ta tiden på en oppmålt strekning. Ut fra dette ble det regnet ut en hastighet på 1,5 m/s. Dette blir brukt som grunnlag for videre utregninger. Dette var nok ikke en veldig nøyaktig metode å måle hastigheten i vannet på. Videre i prosjektet vil det bli utarbeidet alternative metoder å måle hastigheten på væskestrømmen.

### 3 Regning på hovedidé

Oppdragsgiver ville i utgangspunktet ha et portabelt minikraftverk som produserer en effekt på 10-100 kW elektrisk strøm. Forrige avsnitt om grunnlag for utregninger viser at det er en direkte sammenheng mellom tverrsnittsarealet på strømmen og energien man kan hente ut. Om man snur om på ligningen nedenfor

$$10000 \text{ W} = \frac{1}{2} * 1000 \text{ kg/m}^3 * (1,5 \text{ m/s})^3 * 0,47 * A$$

ser man at under optimale forhold må ha et tverrsnitt på væskestrømmen på  $A = 12,61 \text{ m}^2$  for å produsere 10 kW. Dette tilsvarer en sirkel med radius på ca. to meter.

Dette er urealistisk, hverfall om det skal være portabelt og ikke til veldig stor hinder for fri ferdsel. Dessuten bør ikke en portabel modell ha en diameter større enn 0,5 meter. Dette gir følgende utregning:

$$\text{Effekt} = \frac{1}{2} \rho A v^3 * f$$

$$\text{Effekt} = \frac{1}{2} * 1000 \text{ kg/m}^3 * (r^2 * \pi) * (1,5 \text{ m/s})^3 * 0,47$$

$$\text{Effekt} = \frac{1}{2} * 1000 \text{ kg/m}^3 * (0,25^2 * \pi) * (1,5 \text{ m/s})^3 * 0,47$$

$$\text{Effekt} = 155,72 \text{ W}$$

Av dette igjen vil opp mot 70 % av energien bli omgjort til elektrisk energi, altså rundt 100 Watt.

## 4 Regning på prototype

I og med at propellen skal 3D-printes vil maksimal størrelse på denne være 18 cm i diameter. Dette sammen med tapsleddene i generatoren og andre deler av prototypen gir oss grunnlag for hva man kan forvente av en slik konstruksjon. Videre følger utregningen for prototypen

$$Effekt = \frac{1}{2} \rho A v^3 * tapsledd (inkludert betz)$$

$$Effekt = \frac{1}{2} * 1000 \text{ kg/m}^3 * (r^2 * \pi) * (1,5 \text{ m/s})^3 * 0,18$$

$$Effekt = \frac{1}{2} * 1000 \text{ kg/m}^3 * (0,09^2 * \pi) * (1,5 \text{ m/s})^3 * 0,18$$

$$Effekt = 7,73 \text{ W}$$

Disse tallene er svært usikre da det er vanskelig å si noe om hvor store tap det blir i de ulike komponentene. Kravet til prototypen blir derfor satt til at prototypen skal ha en virkningsgrad ( $C_P$ ) på minimum 0,05, i henhold til ligningen  $E = \frac{1}{2} \rho v^3 A C_P$

### 4.1 Sammenlikning med andre energikilder

Ettersom utnyttelse av den kinetiske energien i vannstrømmen gir forholdsvis liten effekt så ble det gjort sammenlikninger med andre energikilder og andre måter å utnytte vannenergi.

#### 4.1.1 Sammenlikning med solceller

Et solcellepanel produserer ikke strøm kontinuerlig ettersom det er avhengig av sol for å fungere optimalt. Et 60 Watt panel klarer derfor rundt 24 Watt i gjennomsnitt året rundt, noe som tilsvarer 40 % effektivitet [3]. For å få ut 100 Watt i gjennomsnitt må panelet ha en maksimal effekt på 250 Watt. Ettersom en kinetisk vannturbin ikke er avhengig av været vil den produsere strøm kontinuerlig, derfor vil en vannturbin på 100 watt produsere like mye energi som et solcellepanel med en maksimal effekt på 250 watt.

$$\frac{24 \text{ Watt}}{60 \text{ Watt}} = 0,4 \quad \frac{155 \text{ Watt}}{0,4} = 250 \text{ Watt}$$

Dette er et bra solcelleanlegg som kan fungere godt på en hytte eller som supplement for en husstand/fritidsbolig.

### 4.1.2 Sammenlikning med tradisjonelt vannkraftverk

Elver renner nedover. Den tradisjonelle metoden å utnytte vannkraften er å skape en høydeforskjell ved å demme opp vannet og utnytte trykket eller fallhøyden. Det finnes ulike måter å gjøre dette på, metodene er beskrevet nøyere i Vedlegg A.

Videre følger et regneeksempel som viser potensialet for et tradisjonelt vannkraftverk med 1 meter høydeforskjell og et rørinntak på 10 cm i diameter. Ettersom denne typen kraftverk avleder vannet fra hovedløpet vil en diameter på 10 cm være i største laget uten for store inngrep i naturen. Strømningshastigheten i dette eksempelet er også satt til 1,5 m/s.

$$\begin{aligned} \text{Kraft i vannet} &= \text{turbineffektivitet} * \text{trykkforskjell} * \text{volumstrøm} \\ &= n * (\rho * g * h) * Q \end{aligned}$$

Turbineffektivitet,  $n=0,9$

Rør er satt til maks 10 cm i diameter.

$$Q = 1,5 \text{ m/s} * (0,05 \text{ m})^2 * \pi = 0,0117 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Kraft mulig hente ut: } 0,9 * (1000 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * 1 \text{ m}) * 0,0117 \text{ m}^3/\text{s} = 103,29 \text{ W}$$

Dette er faktisk lavere effekt enn hva kinetisk elvekraftverk med inntak på 0,5 meter i diameter kan skape, og dette uten å avlede vannet.

## 5 Energi

En gjennomsnittlig norsk husholdning bruker ca. 20 000 kWh per år. Videre følger en utregning som viser at en kinetisk vannturbin som ligger i elven kontinuerlig gjennom hele året kan bidra med 4,38 % av energiforbruket i en norsk gjennomsnittsbolig. Enda større blir andelen i en hytte med lavere forbruk.

$$\begin{aligned} \text{Samlet generering med 100W: } &100 \text{ W} * 365 \text{ dager} * 24 \text{ timer} = 876000 \text{ Wh} = 876 \text{ kWh} \\ 876 \text{ kWh} / 20000 \text{ kWh} &= 0,0438 * 100\% = 4,38\% \end{aligned}$$

## 6 Sammendrag og konklusjon

Gjennom disse utregningene har det blitt vist at 10 kW effekt på et portabelt kinetisk elvekraftverk er nærmest umulig. Det er likevel en spennende oppgave og et portabelt kraftverk i størrelsesorden på 100 Watt er realistisk. Når det gjelder prototype vil det være et realistisk mål å kunne lage en prototype som klarer å ta ut 5 % av energien i vannstrømmen. Det vil være et mål å klare å ta ut mer, men det bør være mulig å klare dette med prosjektets begrensede midler. Ettersom disse tallene var veldig mye lavere enn hva oppdragsgiver ønsket så ble det sett på alternative løsninger med mer permanente installasjoner. Disse undersøkelsene er vist i Vedlegg A. Utregningene og undersøkelsene presentert i dette dokumentet ble lagt frem for oppdragsgiver og det ble avgjort å gå videre med kinetisk elvekraftverk selv om potensialet ikke var så stort som forventet.

## 7 Referanser

1. Program for små vannkraftverk, 3. mars 2015, fra:  
<http://www.nve.no/no/Energi1/Fornybar-energi/Vannkraft/Smaakraftverk/>
2. Innføring i fluidmekanikk, forelesninger og øvelser i MPTF-2200, HiBu Våren 2014,  
Professor emeritus Bjørn Gjevik, Matematisk institutt, Universitet i Oslo.
3. Hyttebutikken, 3. mars 2015, fra: [http://www.hyttebutikken.no/web-content/Katalog%202012/gruppe\\_energilosninger.pdf](http://www.hyttebutikken.no/web-content/Katalog%202012/gruppe_energilosninger.pdf)

## Vedlegg A

### Versjonsendringer

Versjon	Utført av	Dato	Endringer
1.1	JHP	26.04.15	Revidert, rettet opp skrivefeil og tall.
1.2	JHP	02.05.15	Finlesing
2.0	JHP	10.05.15	Ferdigstilling

## Vedlegg B

### 1. Tradisjonelle vannkraftverk

Turbinene som blir omtalt i dette kapitlet er turbiner som drar nytte av høydeforskjellen på vannet som går inn og ut av turbinen for å omgjøre energi. Høydeforskjellen er alt fra 2 meter til 500 meter og større.

### 2. Utrekninger av energipotensialet til tradisjonelle vannkraftverk

For å finne den potensielle kraften i vann i forhold til en høydeforskjell kan man bruke formelen:

$$\text{kraft i vannet} = \text{effektivitet turbin} * \text{trykkforskjell} * \text{volumstrøm} = n * (\rho * g * h) * Q.$$

Som et eksempel kan man si at effektiviteten fra turbinen er på  $n = 0,9$  (90 %), røret vannet går gjennom er 10 cm i diameter, og volumstrømmen bli da:

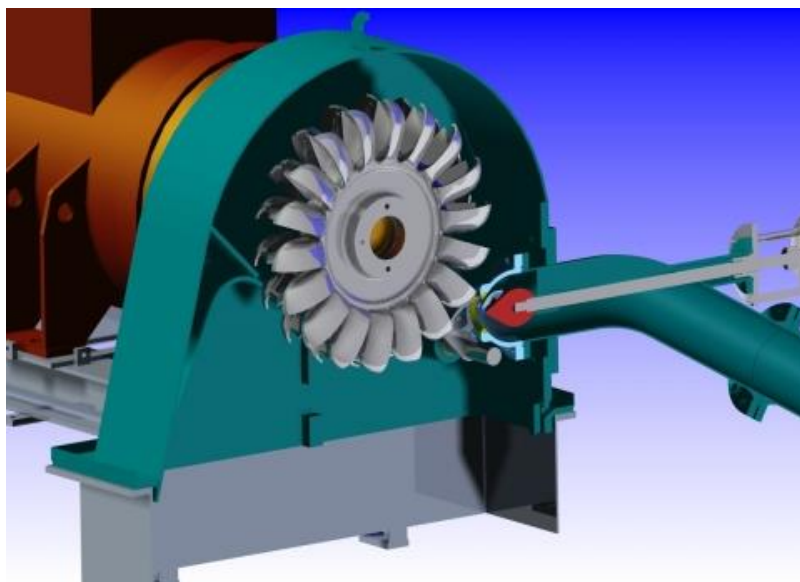
$$Q = 1,5 \text{ m/s} * (0,05\text{m})^2 * \pi = 0,0117\text{m}^3/\text{s}.$$

Videre vil dette si at energien som kan hentes ut i form av strøm:

$$\text{Effekt} = 0,9 * (1000\text{kg/m}^3 * 9,81\text{m/s}^2 * 1\text{m}) * 0,0117\text{m}^3/\text{s} = 103,29\text{W}$$

#### 2.1. Pelton

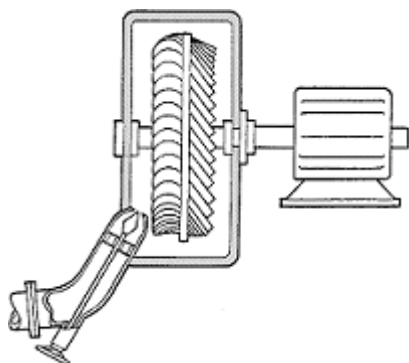
Pelton-turbiner er impulsturbiner, de er beregnet for høydeforskjeller fra 40m og oppover [1]. Dette er noen av de vanligste turbinene og kan turtallstyres ved hjelp av en variabel dyse som vist i Figur 1.



Figur 1: Viser skjematisk oppsett av et pelton-hjul med dyse [2]

## 2.2. Turgo

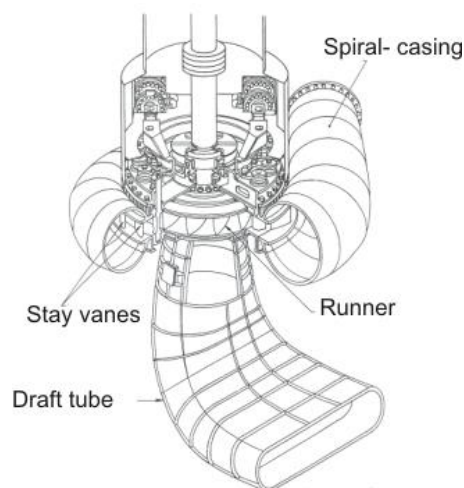
Turgoturbinen ligner mye på peltonturbinen. Den blir brukt med en variabel dyse som spruter vannet inn i turbinen. Den er en impulsturbin, men skal kunne klare å ta unna mer vann enn peltonturbinene. Dette gjør at den er mer egnet for lavere høydeforskjeller enn pelton [3]. Egner seg for høydeforskjeller mellom 50 og 250 meter.



Figur 2: Viser oppsettet for en Turgoturbin [4]

## 2.3. Francis

Francisturbinen sies å kunne brukes fra 300 meter inntil så lite som 2 meter høydeforskjell [3]. Turbinene er heldekket i vann og fungerer derfor like bra i horisontal posisjon som i vertikal. Vannet flyter inn fra sidene i en "spiral-casing" som vist under, altså inn fra siden og gjennom turbinen for til slutt og komme ut på nedsiden.



Figur 3: Viser oppsettet for en Francisturbin [5]

## 2.4. Fixed pitch propell

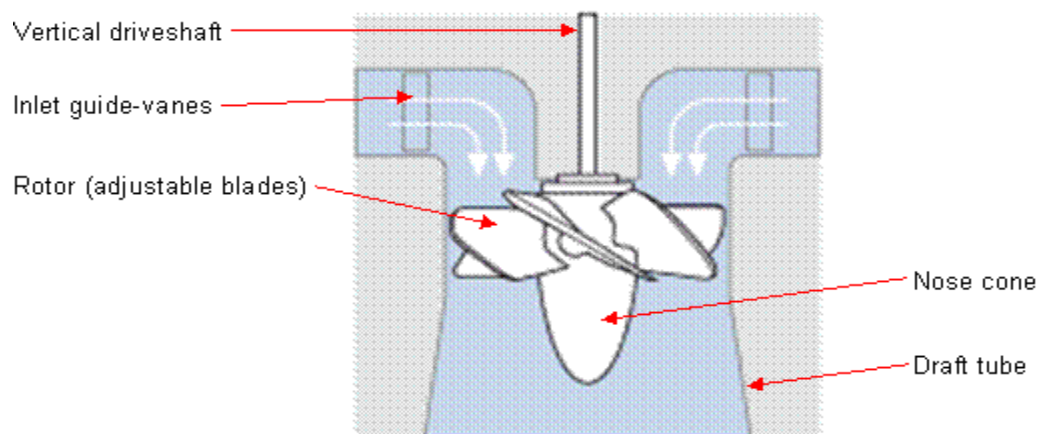
Fixed pitch propell er en propell hvor propellbladene ikke kan endres etter hva slags hydrodynamiske egenskaper som er ønskelig på propellen. Dette gjør at den er best egnet til stabile vannreservoarer, hvor man til enhver tid vet at vannstrømmen er stabil. Propellen er også kalt axial-flow. Denne type kan bli brukt hvor det er stor vannstrøm, men ikke så stor fallhøyde. Den trenger ikke et fall på mer enn 2 meter [3].



Figur 4: Viser en fixed pitch propell [6]

## 2.5. Kaplan

Kaplanturbinen som er vist under er lik med fixed pitch propell, men denne propellen kan endre vinkelen på propellbladene. Dette gjør at den er enklere å justere så man får ut maksimal effekt [3]. Turbineene har tilnærmet de samme egenskapene som fixed pitch propell og egner seg derfor til de samme høydeforskjellene og vannstrømmene.



Figur 5: Viser oppsettet for en Kaplanturbin [7]



## 2.6. Cross flow turbin

Denne typen turbiner er impulsturbiner. De er egnet for høydeforskjeller fra 2-200 meter [8]. De kan fås i store og små kraftverk, i småskalaversjoner kan de egne seg for små isolerte samfunn [3]. Turbinen fungerer ved at vannet blir formet til en bred og tynn stråle før den treffer løpehjulet. Turbinhjulet er derfor avlang, og takler høy volumstrøm. Dette gir denne type turbin et større moment enn for eksempel en peltonturbin i samme situasjon.



Figur 6: Cross flow turbin [9]

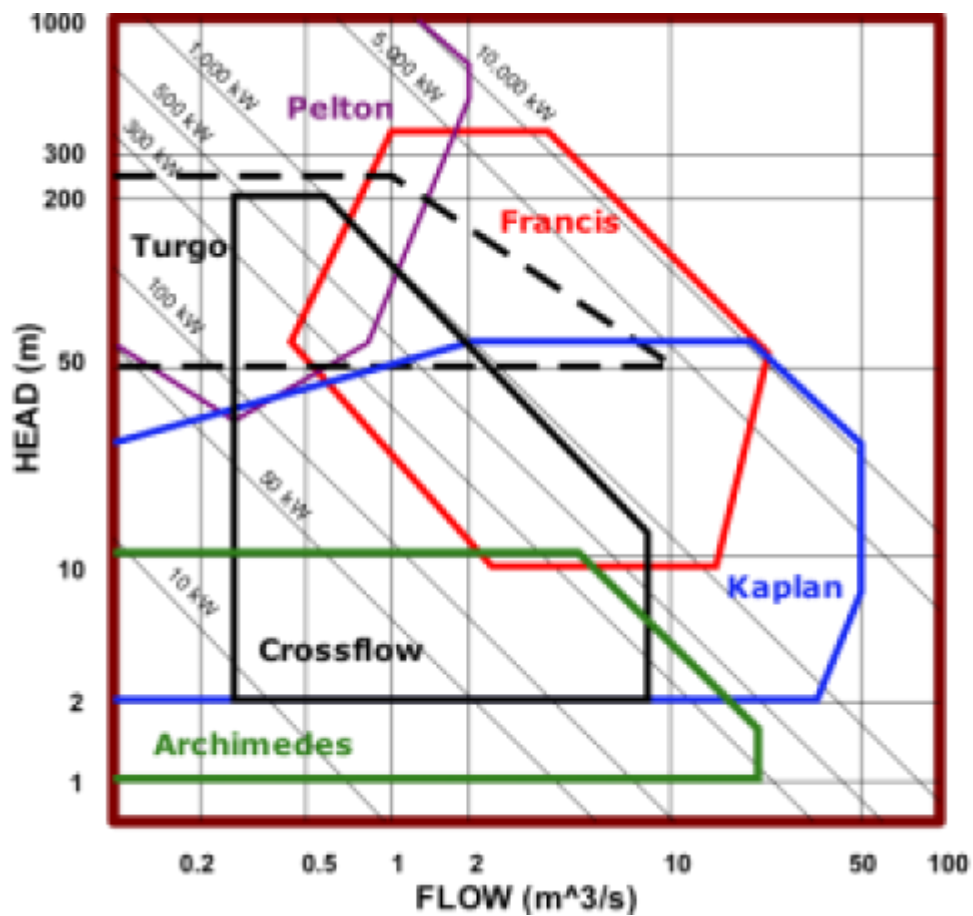
## 2.7. Arkimedesskruen

Arkimedesskruen har for det meste blitt brukt til å heve vann, men kan også brukes som en turbin. Denne typen turbiner passer for veldig lave høyde forskjeller, helt ned til 1 meter, men for økonomiske grunner er de sjelden i bruk under 1.5 meter [10]. De har en veldig høy effektivitet, helt opp mot 92 %. De er også veldig bra for vasdrag hvor det er mye fisk, da de påfører liten eller ingen skadde på fisken [11].



Figur 7: Bilde av en arkimedesskrue i drift [12]

### 3. Krav til turbintype fra spesifikasjoner

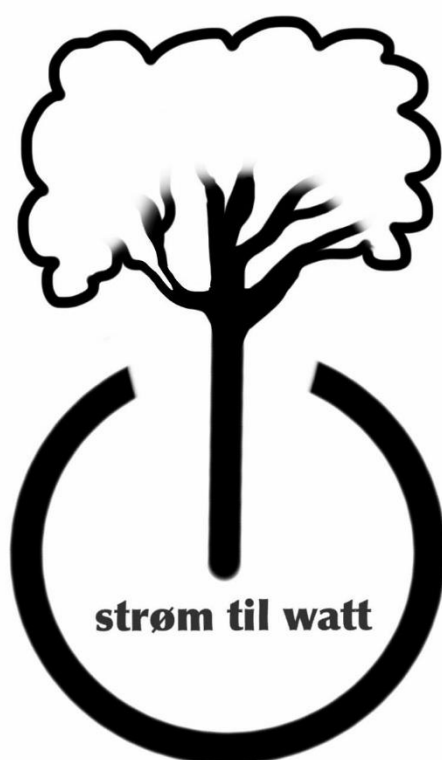


Figur 8: Viser turbinvalg som funksjon av volumstrøm og høydeforskjell [13]

#### 4. Referanser

1. <http://greenbugenergy.com/get-educated-knowledge/types-of-turbines>, 26.01.15, Green Bug Energy Inc.
2. <http://www.wws-wasserkraft.at/pelton-turbinen.html>, 26.01.12, WWS Wasserkraft
3. Godfrey Boyle, 2012, Renewable Energy, third edition, s. 209 - 216
4. [http://www.see.ed.ac.uk/~mzaiser/4thyear/websites05/Bressard/Website%20Bress/A%20modern%20assessment%20of%20hydraulic%20design%20-%20Bressard%20J.\\_fichiers/page0003.htm](http://www.see.ed.ac.uk/~mzaiser/4thyear/websites05/Bressard/Website%20Bress/A%20modern%20assessment%20of%20hydraulic%20design%20-%20Bressard%20J._fichiers/page0003.htm), 26.01.15, The university of Edinburg
5. [http://nptel.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT-KANPUR/machine/ui/Course\\_home-lec28.htm](http://nptel.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT-KANPUR/machine/ui/Course_home-lec28.htm), 26.01.15, Indian Institute of Technology Kanpur
6. [http://www.xindaenergy.com/html\\_news/Classification-of-Hydro-Turbines-13.html](http://www.xindaenergy.com/html_news/Classification-of-Hydro-Turbines-13.html), 26.01.15, Xindia Energy Limited
7. <http://www.renewablesfirst.co.uk/hydro-learning-centre/kaplan-turbines/>, 26.01.15, Renewables First
8. Diagram kapitell 2.3
9. <http://www.freeflowhydro.co.uk/13/24/CINK/CINK.html>, 26.01.15, Free Flow Hydro
10. <http://www.renewablesfirst.co.uk/hydro-learning-centre/archimedean-screw/>, 29.01.15, Renewable Frist
11. <http://www.andritz.com/oi-atro-hydrodynamic-screws-en.pdf>, 29.01.15, Andritz Atro
12. <http://www.dobraenergia.info/>, 26.01.15, Dobra Energia
13. <http://greenbugenergy.com/get-educated-knowledge/types-of-turbines>, 26.01.15, Green Bug Energy Inc.

# Teknologidokumenter



## Dokumenthistorie

Versjon	Dato	Ansvar
1.0	13.03.15	MFE
2.0	10.05.15	MFE

## Innhold

Dokument	Versjon	Forfatter
Teknologidokument Kinetisk energiturbin	2.0	JHP
Teknologidokument Rotortype	2.0	JHP
Teknologidokument Kraftoverføring	1.0	MFE
Teknologidokument Generator	2.0	AB
Teknologidokument Turbinramme og forankring	2.0	MR og JHP
Teknologidokument Offgridsystem	1.0	AB
Teknologidokument Strømsystem til sikkerhetssystem	1.0	AB
Teknologidokument Langdistansekommunikasjon	2.0	MFE
Teknologidokument Posisjonering	2.0	MFE
Teknologidokument Kortdistansekommunikasjon	1.0	JN
Teknologidokument Mikrokontroller	1.0	MFE
Teknologidokument SoftwareWebside	2.0	JN

## Gruppemedlemmer

Deltagere	Initialer
Andreas Blakstad	AB
Jo Nysæther	JN
Joel Gøransson	JG
Jonas H. Pedersen	JHP
Marte Rognerud	MR
Mats F. Evensen	MFE

# 1 Vedlegg A - Versjonsendringer

## Kinetiskenergi turbin

Versjon	Utført av	Dato	Endringer
1.0	JHP	08.03.15	Ferdig skrevet
2.0	MFE	09.05.15	Oppdatering av krav

## Rotor

Versjon	Utført av	Dato	Endringer
1.0	JHP	06.03.15	Ferdig skrevet
2.0	MFE	09.05.15	Endre settninger, lagt inn referanser og oppdatert krav.

## Kraftoverføring

Versjon	Utført av	Dato	Endringer
1.0	MFE	09.05.15	Ferdig skrevet

## Generator

Versjon	Utført av	Dato	Endringer
1.0	AB	11.03.15	Ferdig skrevet
2.0	AB	09.05.15	Endret etter iterasjoner, og oppdatering av krav

## Turbinramme og forankring

Versjon	Utført av	Dato	Endringer
1.0	JHP	06.05.15	Ferdig skrevet

## Offgridsystem

Versjon	Utført av	Dato	Endringer
1.0	AB	09.05.15	Ferdig skrevet

## Strømsystem til sikkerhetssystem

Versjon	Utført av	Dato	Endringer
1.0	AB	09.05.15	Ferdig skrevet

**Langdistansekommunikasjon**

Versjon	Utført av	Dato	Endringer
1.0	MFE	11.03.15	Ferdig skrevet
2.0	MFE	09.05.15	Oppdatering av krav

**Posisjonering**

Versjon	Utført av	Dato	Endringer
1.0	MFE	11.03.15	Ferdig skrevet
2.0	MFE	09.05.15	Oppdatering av krav

**Kortdistansekommunikasjon**

Versjon	Utført av	Dato	Endringer
1.0	JN	08.05.15	Ferdig skrevet

**Mikrokontroller**

Versjon	Utført av	Dato	Endringer
1.0	MFE	08.05.15	Ferdig skrevet

**SoftwareWebside**

Versjon	Utført av	Dato	Endringer
1.0	JN	11.03.15	Ferdig skrevet
2.0	JN	09.05.15	Oppdatering av krav og endring etter iterasjon



# Teknologidokument – Kinetisk energiturbin

## 1 Innledning

Det finnes ulike løsninger for å utvinne energien fra en fluidstrøm. En vanlig måte er å bruke turbiner som er designet for innhenting av den kinetiske energien. Konvensjonelle vannkraftverk utnytter den potensielle energien, gjennom å lagre vann i reservoarer og deretter føre det rennende vannet gjennom turbinen for å utnytte den kinetiske energien.

I dette dokumentet er det beskrevet hvordan det blir gjennomgått og drøftet rundt forskjellige turbinløsninger som kan utnytte den kinetiske energien i vassdrag. Disse drøftingene gjennomføres for å finne den beste løsningen til dette prosjektet. Turbiner av typen som utnytter den kinetiske energien på denne måten kalles gjerne "free flow turbine". Kravene som er knyttet til en kinetisk energiturbin er listet opp i Tabell 1.

Tabell 1: Krav knyttet til kinetisk energiturbin

3.2.1.1	Fullskala system med en rotordiameter på 0,5 meter skal produsere en effekt på 70W, ved en vannstrøm på 1,5 m/s.
3.2.1.2	Prototypen skal ha en virkningsgrad ( $C_P$ ) på minimum 0,05, i henhold til ligningen $E = \frac{1}{2} \rho v^3 A C_P$
3.5.1.3	Fullskala system skal tåle en vannstrøm på inntil 5 m/s.
3.5.3.2	Fullskalasystemets turbinenhet skal ha beskyttelse som plasseres forran innsuget for å hindre at andre ting enn vann kommer inn til rotoren.

## 2 Metode

For å velge blant de ulike konseptene for kinetisk energiturbin er det benyttet en Pugh-matrise hvor kriteriene som ligger til grunn er som følger:

- Pris, hva er kostnaden for å produsere.
- Pålitelighet, er det en velprøvd teknologi eller mye som kan gå galt.
- Enkelhet, er det lett å utføre service/vedlikehold
- Effektivitet, utnyttelse av det areal hvor rotoren snurrer rundt.

De ulike konseptene er gitt en poengsum fra 1 til 3 på hvert punkt, hvor 3 er best.

### 3 Alternativer

Den kinetiske energien i en vannstrøm er sammenlignbar med den kinetiske energien i en luftstrøm som er grunnlaget for en vindturbin. Det er hovedsakelig to måter å utvinne den kinetiske energien fra en fluidstrøm på. Enten er rotasjonsaksen parallelt med fluidstrømmen eller vinkelrett på fluidstrømmen. Etter ønske fra oppdragsgiver så skal dette prosjektet fokusere på horisontal-aksløst turbiner, altså der rotasjonsaksen er parallell med vannstrømmen. Disse anordningene kan igjen deles inn i to grupper. De med generatorens stator montert i rammeverket rundt turbinrotoren, og de med generatoren tilkoblet rotoren via en aksel.

#### 3.1 Generator koblet til rotor via sentralaksel

Disse turbinene finnes i mange utførelser. Horisontale vindmøller er eksempler på denne type turbin, men man finner de også i jetmotorer for fly, da i en helt annen utførelse.



Figur 1: Animasjon av tidevannsturbin [1].

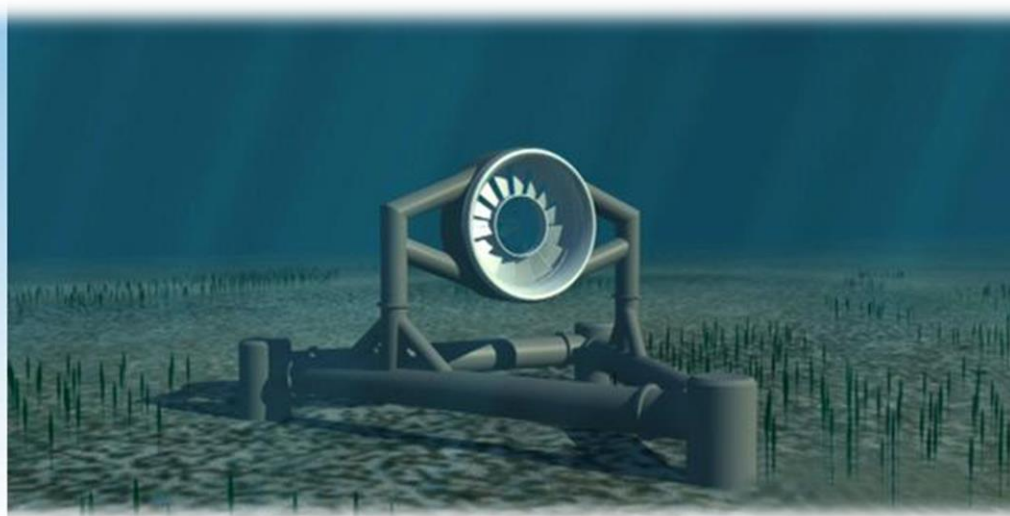


Figur 2: Flerbladet rotor på en vindturbin [2].

En klar fordel med denne typen er at det er gjort mye forskning på dette området og dermed kartlagt hvilke parametere som påvirker ytelsen til rotoren. I dette tilfellet kan rotoren kobles direkte på en aksel som forbindelse til generatoren. Hvis komponenter som generator skal plasseres over vannoverflaten kan kraften overføres ved kjede- eller reimtransmisjon. Det største problemet med en nedsenket generator som blir plassert rett bak rotoren er å gjøre den vanntett. Tettingen skal også kunne holde vannet unna de elektriske komponentene over tid.

#### 3.2 Generator i rammeverket rundt rotor

Denne typen turbin har et åpent senterhull der generatoren inkluderes i periferien av turbinhuset.



Figur 3: Åpen senter turbin [3]

Den store fordelen med denne utførelsen er at generatoren er inkludert i rammen rundt rotoren. Dette gjør at alt som roterer kan være på den våte siden av en helt vanntett barriere, mens den strømproduserende delen av generatoren kan være på den tørre siden av barrieren.

### 3.2.1 Sentermontert rotor og generator i rammen

Denne typen av turbin ligner på åpen senter vifteturbin, på den måten at den har generatoren inkludert i rammen, men i dette tilfellet er rotoren montert på en sentralaksel. Dette er altså en variant av åpen senter vifteturbin. Fordelen er at man slipper kulelager rundt hele rotoren og trenger det kun i navet av rotoren. Ellers har den de samme fordelene med vanntetting på generatoren som en åpen senter vifteturbin.

## 4 Resultater

Tabell 2: Pugh matrise - resultater

	Sentralaksel-generator	Kantgenerator, åpen senter	Kantgenerator, senteraksel
Pris	3	2	2
Effektivitet	3	2	1
Enkelhet	3	2	2
Pålitlighet	3	2	2
<b>SUM</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>7</b>

## 5 Diskusjon og konklusjon

I vurderingen av hvilket konsept som skal velges er det viktig å ta hensyn til kravene fra oppdragsgiver. Noen av disse kravene er at turbinenheten skal være billig, enkel, effektiv og pålitelig. Dette gjør at en turbinløsning med generatorens stator i rammeverket blir for kostbar i følge oppdragsgivers krav. Selv om dette er det konseptet med best tekniske løsninger og den desidert beste i henhold til vanntetting så vil denne løsning føre til for store kostnader. Dette fordi generatoren må bli spesiallaget for å passe i rammen rundt den ferdige rotoren. Dette viser også Pugh-matrisen som tydelig viser at en rotor som er koblet til generatoren via en aksel er den beste løsningen. Videre i prosjektet vil det derfor bli fokusert på å koble en rotor til en sentralaksel som igjen driver en generator. Enten direkte, via kjede-/reimtransmisjon eller tannhjul.

## 6 Referanser

1. <http://www.hammerfeststrom.com/>, ANDRITZ HYDRO Hammerfest, 10.03.15
2. <http://www.hydrogenappliances.com/Commander.html>, hydrogenappliances.com, 10.03.15
3. <http://www.openhydro.com/images.html>, OpenHydro, 10.03.15

# Teknologidokument - Rotortype

## 1 Innledning

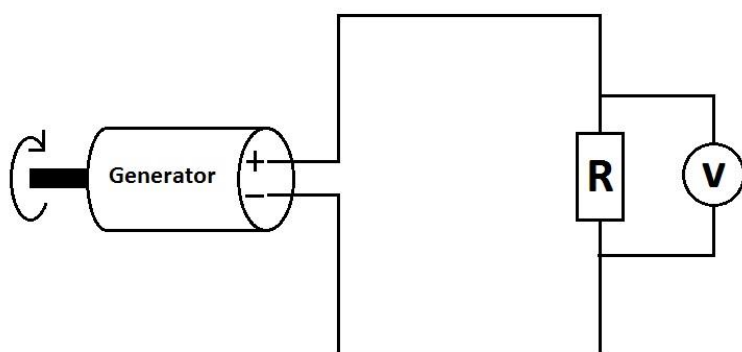
Rotoren er den delen som overfører den lineære bevegelsen i vannstrømmen til den roterende bevegelsen som generatoren trenger for å produsere strøm.

Kravene i denne oppgaven er å lage en prototypeturbin som klarer å ta ut mellom 5 og 20 prosent av energifluksen i en vannstrøm. Fullskala system med en rotordiameter på 0,5 meter skal dessuten produsere en effekt på 70 Watt ved en vannstrøm på 1,5 m/s. Det vil være tap i flere ledd av turbinen. Det kan være energitap i kraftoverføringen mellom rotor og generator, men det vil også være et energitap i selve generatoren. Det er derfor svært viktig at rotoren er så effektiv som mulig. Noen faktorer[1] som påvirker effektiviteten til en rotor er blant annet:

- Antall blader
- Bladets angrepsvinkel
- Formen av bladet
- Overflateruhet
- Vridningen av bladet

## 2 Metode

For å undersøke alternative rotordesign har disse blitt tegnet i SolidWorks og printet ut med en 3D-printer i ABS-plast, alle med samme diameter. Videre har de ulike konseptene blitt testet i samme oppsett. Rotorene testes ved å koble til en generator og holdes i en vannstrøm. Generatoren vil være en del av en elektrisk krets med en motstand av kjent størrelse. Ved å måle spennings tapet over motstanden vil det være mulig å regne ut hvor mye strøm de ulike rotorene produserer.



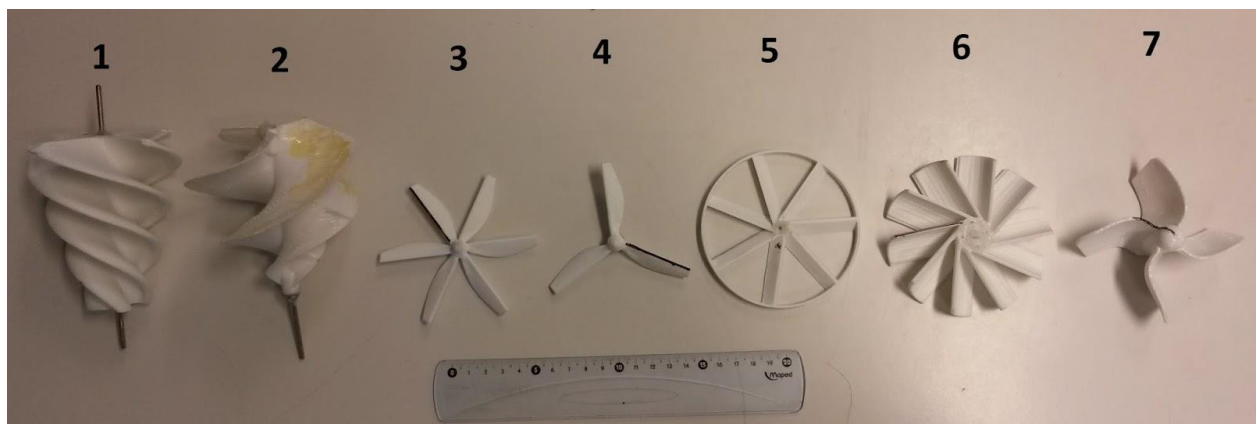
Figur 1: Viser testoppsettet for de tre rotortestene.

### 3 Alternativer

#### 3.1 Rotorkonsepter i første rotortest

Figur 2 viser rotorene som skal testes i første rotortest. Dette er ulike rotorkonsepter hentet fra vind- og vannturbiner, båtpropeller og datavifter. Vindturbineteknologien er overførbart til vannturbineteknologien, hovedforskjellen er tettheten til fluidet.

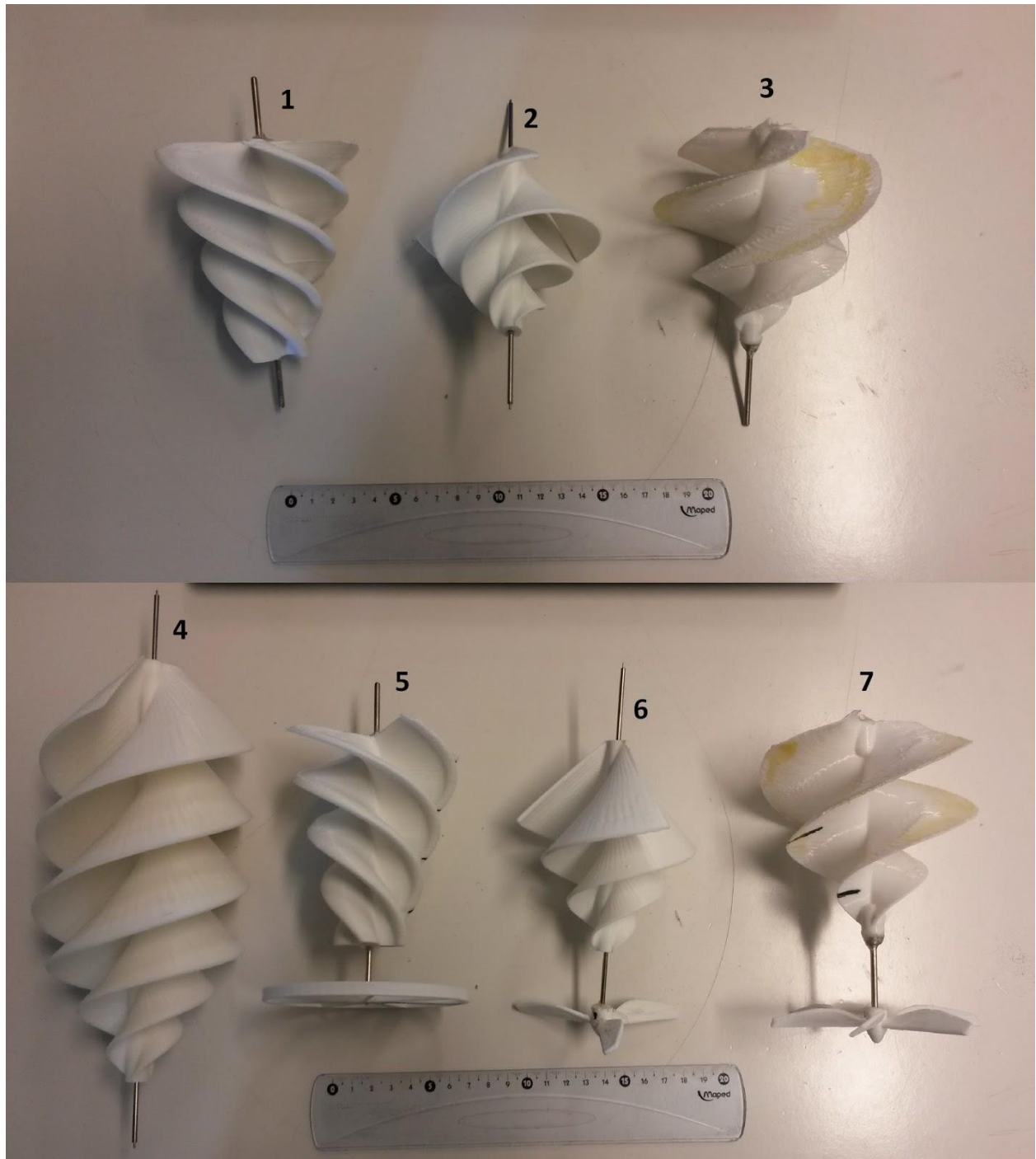
I og med at dette er utprøvd og overførbart teknologi så skal konsekvensene av antall blader undersøkes opp mot tettheten på fluiden. I tillegg vil andre varianter av rotorutforminger bli testet sammen med vindturbinrotorene slik at disse kan bli vurdert opp mot hverandre. En rotor variant som skal testes er arkimedesrotoren som er formet som en spiss skrue (nr. 1 og 2 i Figur 2).



Figur 2: Rotorkonsepter i første rotortest, linjalen på bildet er 20 cm

### 3.2 Rotorkonsepter i andre rotortest

Figur 3 viser rotorene som skal testes i andre rotortest. Disse har blitt utformet på grunnlag av resultatene fra først rotortest.

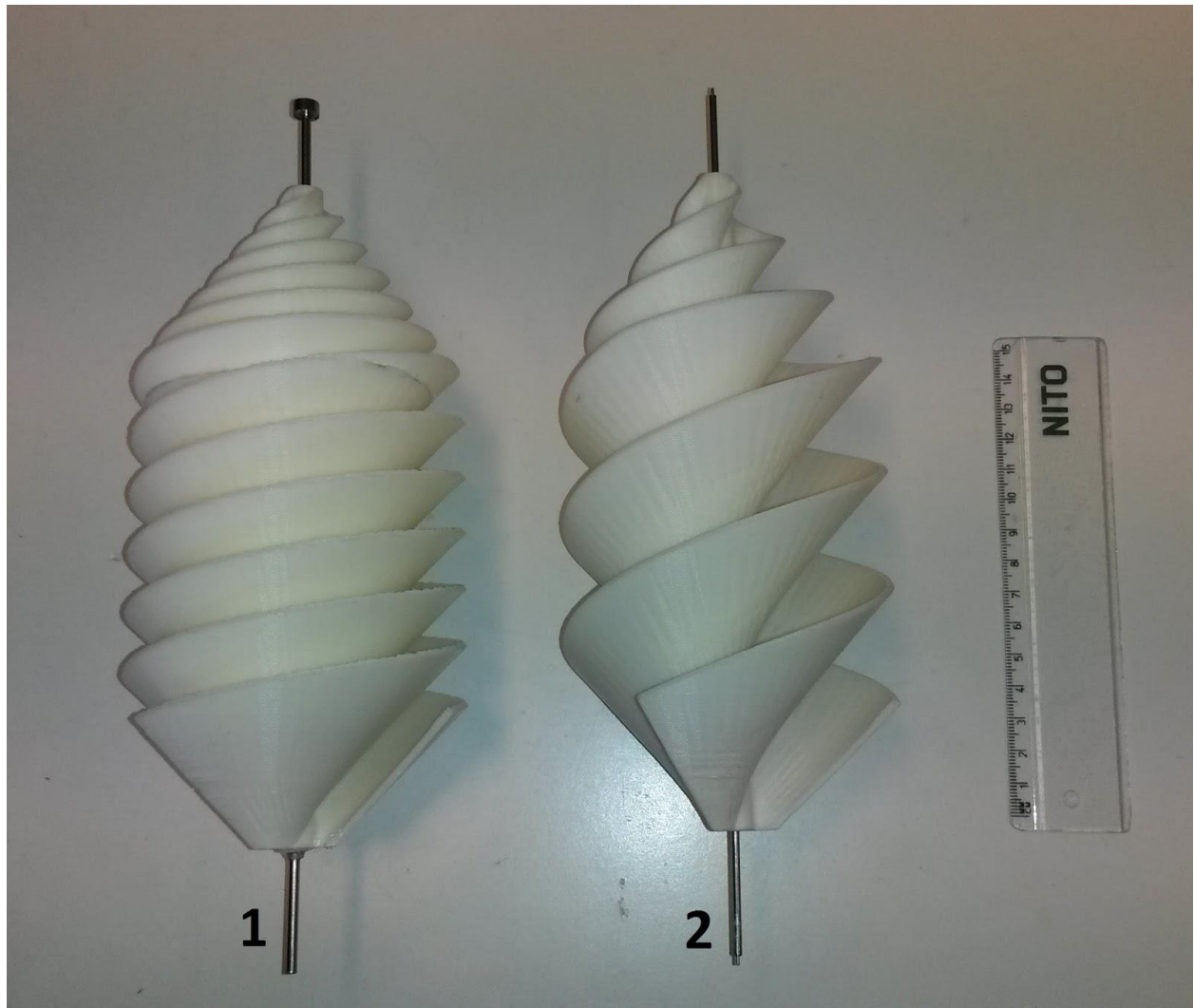


Figur 3: Rotorer testet i runde 3, linjalen på bildet er 20 cm



### 3.3 Rotorkonsepter i tredje rotortest

Figur 4 viser de to rotorene som ble testet i tredje rotortest. Her er den beste av rotorene testet opp mot en av samme type. De to rotorene har lik utforming, men rotor nummer 1 har 4 omdreininger per blad mens rotor nummer 2 har 2 omdreininger per blad.



Figur 4: Viser de rotorene testet i tredje rotortest, linjalen på bildet er 15 cm



## 4 Resultater

Tabell 1: Viser spenningen som er målt med ulike rotorere i første rotortest

Rotor nr	Spenning, U	Strøm, $I=U/R$	Effekt, $P=UI$
1	1,2 V	0,0012 A	0,00144 W
2	3 V	0.003 A	0,009 W
3	2 V	0.002 A	0,004 W
4	1,7 V	0.0017 A	0,00289 W
5	1,7 V	0.0017 A	0,00289 W
6	1,3 V	0.0013 A	0,00169 W
7	1,1 V	0.0011 A	0,00121 W

Tabell 2: Viser spenningen som er målt ved ulike rotorere i andre rotortest

Rotor nr	Spenning, U	Strøm, $I=U/R$	Effekt, $P=UI$
1	1,0 V	0,001 A	0,001 W
2	1,1 V	0.0011 A	0,009 W
3	1,0 V	0.001 A	0,001 W
4	1,7 V	0.0017 A	0,00289 W
5	-	-	-
6	1,3 V	0.0013 A	0,00169 W
7	1,0 V	0.001 A	0,001 W

Tabell 3: Viser spenningen som er målt ved de to rotorene i tredje rotortest

Rotor nr	Spenning, U	Strøm, $I=U/R$	Effekt, $P=UI$
1	1,3 V	0,0013	0,00169
2	1,7 V	0,0017	0,00289

## 5 Diskusjon og konklusjon

### 5.1 Første rotortest

Fra testing av rotorene i andre runde av prosjektet er det helt tydelig at rotor nummer 2 gir størst spenning. Under test av rotor nummer 1 ble det oppdaget at rotoren ikke var riktig montert. Spenningsmålingen her kan derfor ses bort fra. Dette blir også bekreftet av en preliminær test hvor rotoren ble testet uten rør og induserte en spenning på 3,2 V, altså i samme omfang som rotor nummer 2. Ut fra disse resultatene har det blitt besluttet å gå videre med en type rotor som ligner på en arkimedesskrue. Eksempler på disse er rotor nummer 1 og 2 i Figur 2.

Det har også blitt besluttet og prøve å kombinere rotor nummer 1 og 2 med rotor nummer 3, 4 og 5 for å undersøke hvilken effekt det kan gi å montere to rotorer på samme aksel. I tillegg til de to skruene som ble testet i andre runde vil det blir printet enda to skruer i to forskjellige lengder, dette for å se på effekten av lengdeforskjellen. Den lengste vil ha dobbelt så mange omdreininger som den korte.

Ettersom det er om å gjøre å bremse opp vannet mest mulig for å hente ut mest mulig energi vil dette gjøres over en strekning i stedet for å gjøre det momentant og kanskje skape mer turbulens enn nødvendig.

Det er viktig å huske på at strømningshastigheten i bekker og elver er lavere enn vindhastigheter brukt til å produsere strøm (vind: 4,5-25 m/s). Dette fører til lavere vinkelhastigheter på rotoren, noe som igjen betyr at det må benyttes en lavhastighets multipol generator, eller eventuelt en girboks for å få en vinkelhastighet hvor det er mulig å produsere strøm.

Når det gjelder moderne vindturbiner blir det ofte benyttet 3 blader. Dette betyr ikke at det er den løsningen hvor mest mulig energi blir tatt ut fra fluidstrømmen, men det er det beste sett i forhold til mange faktorer som for eksempel vinkelhastighet, vekt og kostnad.

I dette prosjektet der rotoren er begrenset i størrelse vil kostand og vekt ha liten betydning. Det som teller er hvor mye energi den klarer å ta ut av det strømmende vannet. Alle andre komponenter kan tilpasses rotoren. Når det gjelder å ta ut mest mulig energi så er det om å gjøre for rotoren å dekke størst mulig areal når den står i ro. Dette er ofte referert til som rotorens soliditet. Teoretisk sett vil høy soliditet hente ut mest energi. Dette stemmer overens med testene utført i denne sammenheng som viser av arkimedesskruen henter ut mest energi med 100 % soliditet.

## 5.2 Andre rotortest

Spenning indusert av generatoren var lavere enn i første rotortest, selv om samme rotor ble testet. Grunnen til dette var at testingen forgikk på et sted i elva hvor vannhastigheten var lavere, noe som naturlig nok ga mindre indusert spenning. Testen viser likevel forskjellen på de ulike rotorene.

Dette viser tydelig at rotor nummer 4 er den som tar ut mest energi fra vannstrømmen. Strøm til Watt velger da å gå videre med denne type rotor og vil fortsette undersøkelser ved å justere lengde og antall omdreininger på rotoren.

## 5.3 Tredje rotortest

Denne testen viser at det er stor forskjell på de to rotorene. Det hadde selvfølgelig vært mulig å endre flere parametere og optimalisert rotoren videre. Dette ble ikke gjort fordi det er svært tidkrevende å printe disse rotorene. Vi har nå funnet rotoren som vi vil bruke i planer for fullskala modell.

## 6. Referanser

1 - [http://learn.kidwind.org/learn/wind\\_turbine\\_variables\\_poweroutput](http://learn.kidwind.org/learn/wind_turbine_variables_poweroutput), KidWindProject, 07.03.15

# Teknologidokument – Kraftoverføring

## 1 Innledning

Kraftoverføring er overføringen av mekanisk energi fra en rotoren til generatoren. Et stort problem ved kraftoverføringen er at systemet som overfører energi også krever energi, det er derfor viktig å finne en kraftoverføring som er så lite energikrevende som mulig. Energitapet varierer mellom de forskjellige alternativer der en rett aksel fra rotor til generator er det alternativ som er minst energikrevende. Problematikken bak en slik løsning er at generatoren må stå under vann og må vanntettes hvilket kan medfører komplikasjoner grunnet tetting rundt inngående aksel.

Når man velger teknologi for kraftoverføring er det også viktig at man tar med giring i betraktningen. Skal kraftoverføringen forandre rotasjonsfarten fra rotoren til generatoren må kraftoverføringen være giret. Dette er et vanlig krav til kraftoverføringer.

Kravene som gjelder for kraftoverføring er listet opp under:

**Tabell 1, Krav**

3.2.1.1	Fullskala system med en rotordiameter på 0,5 meter skal produsere en effekt på 70W, ved en vannstrøm på 1,5 m/s.
3.2.1.2	Prototypen skal ha en virkningsgrad ( $C_P$ ) på minimum 0,05, i henhold til ligningen: $E = \frac{1}{2} \rho v^3 A C_P$
3.1.1.1	Prototypen skal ikke overskride 50 dB
3.4.1.1	Fullskala turbinenhet skal ikke veie mer enn 80 kg.
3.5.1.3	Fullskala system skal tåle en vannstrøm på inntil 5 m/s.

## 2 Metode

I denne del er forskjellige kraftoverføringer beskrevet, disse beskrivelsene ligger til grunn for en Pugh-matrise som er brukt som et verktøy for å finne den best løsningen. Til slutt blir det gjort en diskusjon og konklusjon hvor det blir bestemt hvilken teknologi som blir brukt til designet for kraftoverføringen.

## 3 Alternativer

### 3.1 Reimtransmisjoner

Det finnes hovedsaklig to typer reimer, flatreim og kilereim.

Kilereim har stor friksjonsflate noe som kan gjøre at man kan ha en mindre diameter på den minste hjulskiven i et reimoppsett. Man kan ha mindre avstand mellom skivene, og større utveksling.

Når det gjelder flatreim så blir det oftest brukt tannreim. Disse skaper opp mot hundre prosent friksjon, og derfor ingen sluring.

Det kan også bli problem med at reimene blir utsatt for vann, eksempelvis grunnet minket friksjon. Reimer blir vanligst brukt i tørre omgivelser. Reimer har en tendens til å utvide seg over tid og trenger derfor etterstramming. Det er derfor viktig at designet skal gjøre det mulig å stramme, men det skal også være enkelt å bytte reim hvis det er behov for dette.

### 3.2 Kjedetransmisjoner

Kjeder deles gjerne inn i to typer, driv- og løftekjeder. Drivkjeder er det vi skal se på her, i og med at det er transmisjoner som er aktuelt for oss. Rullekjede er det vanligste i transmisjoner. Rullekjede er konstruert med en rull som kan rulle utenpå en bolt. Kjedet ruller derfor mer over hjultennene i stedet for at det glir. Dette skaper mindre friksjon enn ved andre typer kjeder.



Figur 1, Rullekjede[3]

Over tid vil slitasje gjøre at hullene i platene øker i diameter og blir ovale. Dette gjør at kjedet vil bli lenger, og kan gjøre at kjedet blir for langt for konstruksjonen det står i. Da kan kjedet begynne å klatre på tannhjulstennene og etter hvert falle av.

For å holde et kjede vedlikeholdt må man passe på at det alltid er godt smurt for å unngå slitasje som følge av friksjon, god smøring minker også varmeutvikling.

### 3.3 Tannhjul/gir

Det finnes flere typer tannhjul. De forskjellige typene er sortert og differensiert ut fra hastigheten og vinkelen de er koblet sammen på i listen under.

I Figur 2 til høyre ser vi de tre forskjellige typene tannhjul:

- *Sylindrisk rett fortanning, som tåler opp til 15 m/s.*
- *Sylindrisk skrå fortanning, som tåler 100 m/s*
- *Konisk fortanning*



Figur 2 [3]

Ved riktig forutsetninger, f. eks i en lukket transmisjon i oljebad har denne teknologien forholdsvis lite vedlikehold. Den er derimot mer støyende en reim- og kjedetransmisjoner. En del av transmisjonskraften blir også borte i friksjon.

### 3.4 Universalledd

Universalledd er som vist i bilde under et ledd som kobler akslinger sammen på tross av ulike vinkler. De skaper en svakhet i energioverføringsstrukturen, hvis du ser den i sammenlikning med en rett aksel. Den trenger liten grad av vedlikehold, men trenger noe smøring.



Figur 3, Universalledd, [2]

### 3.5 Aksel

En aksel gir en direkte overføring av mekaniske energi. Det er heller ikke vedlikehold knyttet direkte til akselen, men det finnes vedlikehold på eventuelle lager som er tilknyttet akselen. Denne overføringen tåler også store mengder energi, og har ingen interne bevegelige deler i seg selv, men hele akselen beveger seg.

## 4 Resultater

I Pugh-matrisen under blir det brukt en poengskala fra 1 til 5, hvor 5 er best. Poengene er fordelt i matrisen under ut fra informasjonen som er kommet frem i delkapitlene over.

Tabell 2, Pugh-matrise

Alternativ:	Pris:	Energitap:	Vekt:	Vedlikehold:	Sum:
Reimtransmisjon	5	4	5	3	17
Kjedetransmisjon	3	3	3	3	12
Tannhjul/gir	1	2	1	4	8
Universalledd	2	5	2	3	12
Aksel	4	5	2	5	16

## 5 Diskusjon og konklusjon

Designet for generatorhuset, som tar seg av oppbevaringen av generatoren under bruk sier at huset skal være vanntett. Ut fra dette har det blitt konkludert med at generatorhuset kan stå under vann og at det er den teknisk enkleste løsningen og lavest kostnadsmessig og plassere generatoren rett bak rotoren.

Ut fra den nye informasjonen som er kommet kan vi konkludere med at vi ikke trenger å tenke på å overføre energien fra rotoren i en vinkel fra akslen, men heller kun trenger å flytte energien i en rett linje i samme retning som akslen fra rotoren. Dette gjør at vil kun trenger en kobling mellom to rette aksler som står i serie etter hverandre.

Her blir det naturlig å konkludere med at en rett aksel er det rette valget. Denne teknologien kom også veldig godt ut fra Pugh-matrisen og ble satt på 2. plass i forhold til funksjonaliteten til kravene.

Det blir derfor konkludert med at en rett aksel fra rotor til generator er teknologien som passer best for turbinen.

## 6 Referanser

1. Gunnar Dahlvig SCoGS. Konstruksjonselementer2000. 486 p.
2. [http://www.gasolin.no/index.php?main\\_page=product\\_info&products\\_id=10898](http://www.gasolin.no/index.php?main_page=product_info&products_id=10898); Gasoline.no; [29.01.15].
3. <http://materialteknologi.hig.no/Styrkeberegning/arbeidsplan/sb-Transmisjoner-forelesningnotater.pdf>, ved Henning Johannsen

# Teknologidokument - Generator

## 1 Innledning

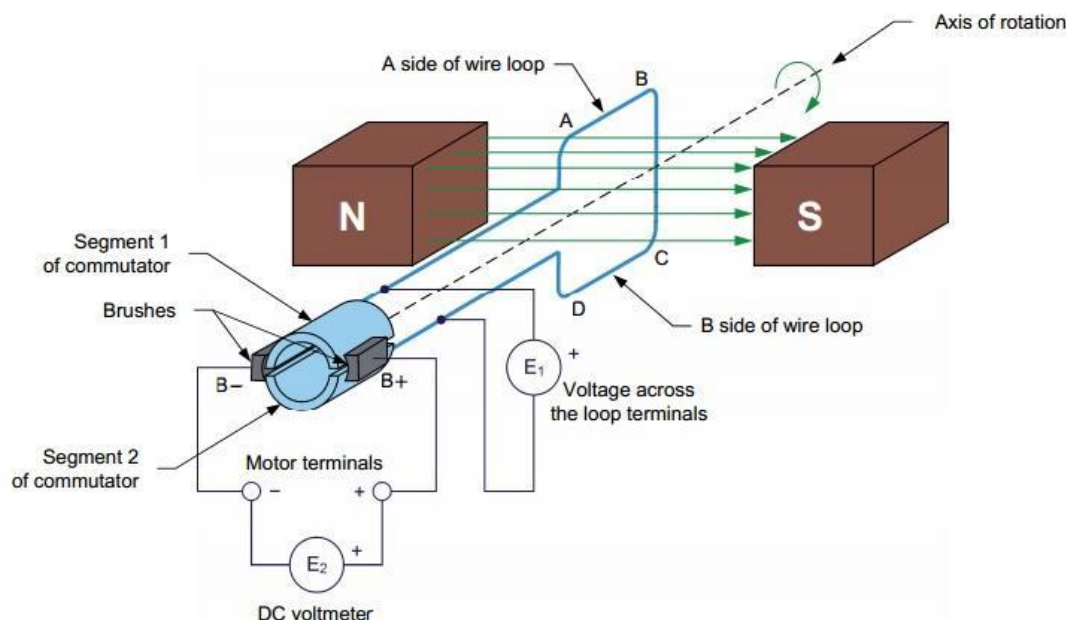
Det er valgt å bruke en DC-motor som generatorer under testing av prototypen. DC-motorer er generelt billigere enn generatorer. De beste motorene til bruk som generatorer er permanent magnet DC-motorer. Disse virker slik at de kun trenger en rotasjonskraft på akselen for å virke som en generator. Den genererte DC-spenningen vil være proporsjonal med rotasjonshastigheten til akselen.

Tabell 1: Krav

3.2.1.1	Fullskala system med rotordiameter på 0,5 m skal produsere en effekt på 70W, ved en vannstrøm på 1,5 m/s.
3.2.1.2	Prototypen skal ha en virkningsgrad ( $C_P$ ) på minimum 0,05, i henhold til ligningen $E = \frac{1}{2} \rho V^3 A C_P$

Elektrisitet skapes ved at magneten i motoren beveger seg i en sirkelbevegelse inne i det magnetiske feltet i motoren. Den viktigste grunnen til at vi vil bruke en PM DC motor til prototypen er pga. økonomiske begrensninger da motorer er billigere sammenliknet med generatorer.

Hensikten med generatoren skal være å konvertere mekanisk energi til elektrisk energi.

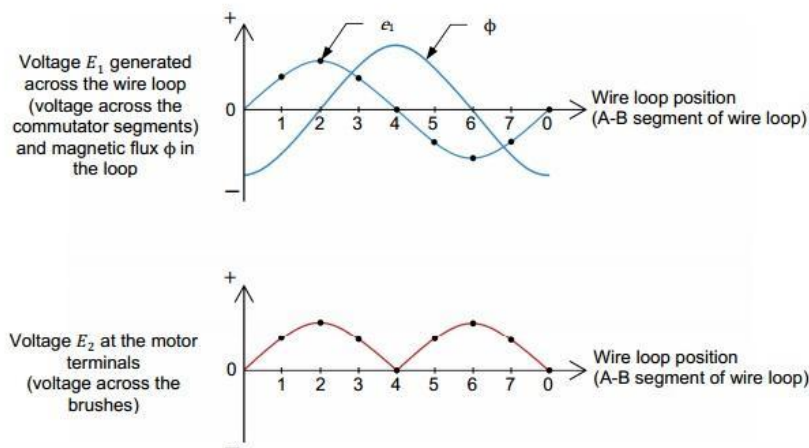


Figur 1: Illustrasjon PM DC motor som Generator[1]

Når vi konverterer mekanisk energi til elektrisk energi blir det benyttet en rotor som transformerer den kinetiske energien i vannet til rotasjonsenergi. Denne rotasjonsenergien brukes til å rotere generatorakselen. Vindingene kutter gjennom det magnetiske feltet produsert av statorens permanente magneter ved rotasjon. Dette danner en spenning over



vindingsterminalene (loop terminals) se figur 1. For hver syklus spolen roterer vil polariteten av spenningen over vindingsterminalene endres hver halve runde. På grunn av dette genererer vi vekselstrøm (AC) over  $E_1$ . Siden kommutatoren reverserer kontakten mellom vindingsterminalene og motorterminalen vil spenningen over  $E_2$  (motor terminalene) alltid ha samme polaritet som vist i figur 2. Spenningen  $E_2$  over motorterminalene blir så en pulserende likestrøm (DC). Denne spenningen blir samlet opp av kommutatorene og leveres videre til børstene som er koblet til motorterminalene



Figur 2: Permanent magnet DC motor som generator[1]

På grunn av den interne oppbygningen til permanent magnet DC motorer, kan denne motoren brukes som generator.

## 2 Metode

Til å velge hvilken DC-motor som skal benyttes som generator til prototypen vil det bli utført en test hvor akselen på de ulike motorene blir dreid med cirka lik hastighet. Når motorene spinner med lik hastighet vil spenning indusert bli målt ved hjelp av et multimeter. Ut fra dette vil generator for prototype bli valgt. Videre følger arduinokoden som blir brukt til å måle omdreiningshastighet.

### Arduinokode for omdreiningshastighet:

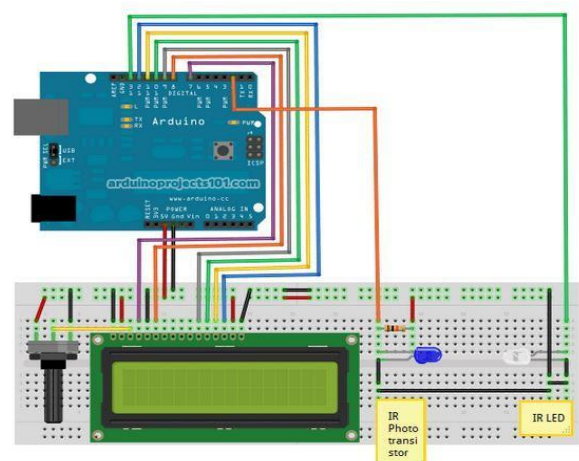
```

/*
 * Optical Tachometer
 *
 * Uses an IR LED and IR phototransistor to implement an optical tachometer.
 * The IR LED is connected to pin 13 and ran continually.
 * Pin 2 (interrupt 0) is connected across the IR detector.
 *
 * Code based on: www.instructables.com/id/Arduino-Based-Optical-Tachometer/
 * Coded by: arduinoprojects101.com
 */

int ledPin = 13;          // IR LED connected to digital pin 13
volatile byte rpmcount;
unsigned int rpm;
unsigned long timeold;

// include the library code:
#include <LiquidCrystal.h>
// initialize the library with the numbers of the interface pins
LiquidCrystal lcd(7, 8, 9, 10, 11, 12);
void rpm_fun()
{
  //Each rotation, this interrupt function is run twice, so take that into consideration for
  //calculating RPM
  //Update count
  rpmcount++;
}
void setup()
{
  lcd.begin(16, 2); // initialise the LCD
  //Interrupt 0 is digital pin 2, so that is where the IR

```



Figur 3: Koblingsskjema turteller[2]

```
detector is connected
//Triggers on FALLING (change from HIGH to LOW)
attachInterrupt(0, rpm_fun, FALLING);
//Turn on IR LED
pinMode(ledPin, OUTPUT);
digitalWrite(ledPin, HIGH);
rpmcount = 0;
rpm = 0;
timeold = 0;
}
void loop()
{
//Update RPM every second
delay(1000);
//Don't process interrupts during calculations
detachInterrupt(0);
//Note that this would be 60*1000/(millis() - timeold)*rpmcount if the interrupt
//happened once per revolution instead of twice. Other multiples could be used
//for multi-bladed propellers or fans
rpm = 30*1000/(millis() - timeold)*rpmcount;
timeold = millis();
rpmcount = 0;

//Print out result to lcd
lcd.clear();
lcd.print("RPM=");
lcd.print(rpm);

//Restart the interrupt processing
attachInterrupt(0, rpm_fun, FALLING);
}
```

## 2.1 Valg av generator til prototype (diameter=18 cm)

Valg av generator til endelig prototype gjøres på grunnlag av forenklete beregninger av kraft som virker på rotoren i elva.

Under generering av elektrisk energi vil generatorskaftet rotere som et resultat av at rotoren går rundt. Den avgjørende faktoren i dette systemet vil da være å generere nok moment til å drive generatorskaftet rundt.

$$\text{Effekt} = \text{vinkelhastighet} * \text{moment}$$

$$P = \omega * \tau$$

## 2.2 Tekniske beregninger

For å bestemme momentet som virker på rotoren som igjen driver generatorskiftet rundt, vil beregninger gjøres for å finne kraften på arealet til rotoren. Dersom vi tar for oss figur 4 vil en vannstrøm treffe den grønne flaten (ses på som en rotor). Kraften som treffer denne flaten regnes ut som en kraft på et legme i en vannstrøm.

Kraft på et legme i en vannstrøm:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 (\text{tetthet i vann ved } 5^\circ\text{C})$$

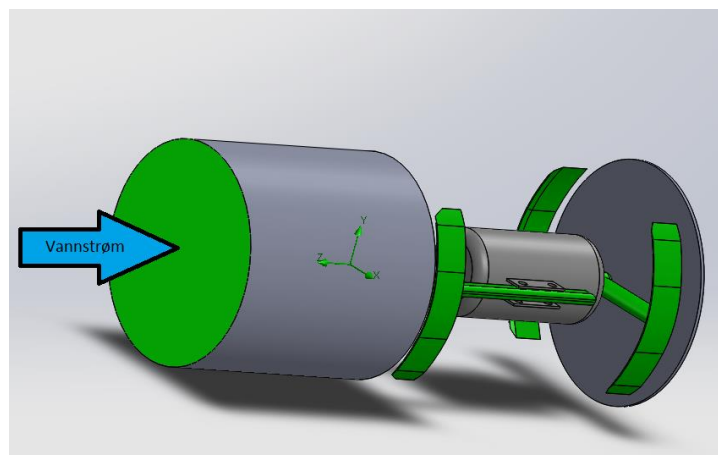
$$c_D = 1.28 (\text{motstandskoeffisienten til en flat plate})$$

$$U = 1.5 \text{ m/s}$$

$$A = (r^2 * \pi) \rightarrow (r = 0.09\text{m})$$

$$F = \frac{1}{2} \rho c_D U^2 A$$

$$F = \frac{1}{2} * 1000 * 1.28 * 1.5^2 * (0.09^2 * \pi) = 36.64 \text{ N}$$



Figur 4

Dette er teoretisk maksimal kraft på et gitt areal, men utnyttelsesgraden vil bli satt til 50 % av dette.  $F = 17.2 \text{ N}$ .

$$\text{Moment} = \text{Kraft} * \text{Arm}$$

$$\tau = \frac{17.2 \text{ N}}{9.81 \text{ m/s}^2} * 4.5 \text{ cm} = 6.56 \text{ Kg} * \text{cm}$$

### 2.2.1 Valg av generator til fullskala planer

For å finne motstandskoeffisienten til rotoren for fullskala planer ble det målt kraften som virker på en nedskalert modell av fullskalarotoren. Den nedskalerte modellen var 10 cm i diameter og kraften som virket på denne var 4,9 Newton ved en vannstrøm på 1 m/s. Motstandskoeffisienten ble videre regnet ut ved hjelp av formelen:

$$c_D = \frac{2F}{\rho v^2 A} = \frac{2 * 4,9 \text{ N}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \left(1 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 * (0,05\text{m})^2 * \pi} = 1,25$$

Kraft på et legme i en vannstrøm for fullskala, Ø = 50 cm:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 (\text{tetthet i vann ved } 5^\circ\text{C})$$

$$c_D = 1,25 (\text{målt ved elvetest av modell})$$

$$U = 1,5 \text{ m/s}$$

$$A = (r^2 * \pi) \rightarrow (r = 0,25\text{m})$$

$$F = \frac{1}{2} \rho c_D U^2 A$$

$$F = \frac{1}{2} * 1000 * 1,25 * 1,5^2 * (0,25^2 * \pi) = 276,1 \text{ N}$$

Dette er teoretisk maksimal kraft på valgt rotor, men utnyttelsesgraden vil bli satt til 35 % av dette [3].  $F = 96.64 \text{ N}$ . Denne kraften virker 1/3 ut på radien av rotoren.

$$\text{Moment} = \text{Kraft} * \text{Arm}$$

$$\tau = \frac{96,64 \text{ N}}{9,81 \text{ m/s}^2} * 8,3 \text{ cm} = 81,7 \text{ Kg} * \text{cm}$$

Ut fra disse beregningene vil rotoren klare å gjøre om 35% av vannenergien fra et gitt areal, i dette tilfellet 0,5 meter, og dra en generator med moment opp mot 81,7 kg\*cm.

### 3 Alternativer

#### 3.1 Prototyping 10 cm

Ettersom prosjektet har begrensede økonomiske krefter (se Prosjektplan v3.0) vil det i de første iterasjonene bli benyttet DC-motorer fra gamle printere. På grunnlag av testingen i de tre første rundene vil det bli kjøpt inn en generator/motor til videre testing i runde 4 og 5. Følgende motorer ble hentet fra gamle printere til bruk i tre første iterasjonene:

- QK1\_0176
- M35SP-9N
- QK1-0197
- Ingen merker
- RH7-1376
- M49 SP-1
- QK1-0176 M

#### 3.2 Prototyping 18 cm

For å nå krav om at prototypen skal ha en virkningsgrad ( $C_P$ ) på minimum 0,05, i henhold til ligningen  $E = \frac{1}{2} \rho v^3 A C_P$ , måtte generator tilpasses systemet. Generatorene vi brukte i tidligere runder kunne ikke levere den effekten vi ønsket da disse motorene konverterte for lite rotasjonsenergi til elektrisk energi.

## 4 Resultater

Omdreiningshastigheten til DC-motorer er proporsjonal med spenning generert fra motorene.

Vi ser her bort fra AC motorene da vi ønsker å benytte oss av et likestrømssystem.

Vi kan ved hjelp av omdreiningshastigheten se hvilken motor som genererer størst spenningsverdi, og vi vil bruke den motoren videre i prosjektet til prototyping.

Testingen av disse motorene er ikke effektmålinger, men siden omdreiningshastigheten er proporsjonal med spenning generert kan vi ved hjelp av spenningsverdien se hvilke rotor er som roterer fortest og ved hjelp av dette optimalisere design av rotor.

Tabell 2: Resultater test #1

Motor	Rpm	V <sub>ut</sub>
QK1_0176	492	6.22 VDC
M35SP-9N	522	8.51 VAC
QK1-0197	464	2.3 VDC
Ukjent	560	1.13 VDC
RH7-1376	551	8.3 VAC
M49SP-1	464	8.8 VAC
QK1_0176 M	493	5.8 VDC

## 5 Konklusjon

### 5.1 Prototype, D=10 cm

Teste #1 viser at motor QK1\_0176 er den som induserer høyest spenning av DC-motorene. Den gir ikke høyest spenning av alle motorene, men de motorene som gir høyest spenning er av typen AC-steppermotorer som ikke egner seg til å produsere strøm.

### 5.2 Prototype, D=18 cm

For å nå krav 3.2.1.2 ble det kjøpt inn en PM DC motor

Reduction ratio: 51

Length mm: 48.5

No-load speed rpm: 110

Rated speed rpm: 100

Rated torque kg.cm: 9

Max.momentary tolerance torque kg.cm: 60

### 5.3 Fullskala planer

For fullskala modell vil det blir brukt en permanent magnet DC-generator ettersom dette er det billigste alternativet. Dessuten finnes det mange slike på markedet som gjør tilgjengeligheten god. En slik generator vil måtte ha et gir installert slik at den får høyere omdreiningshastighet enn hva rotoren kan levere.

## 6 Referanser

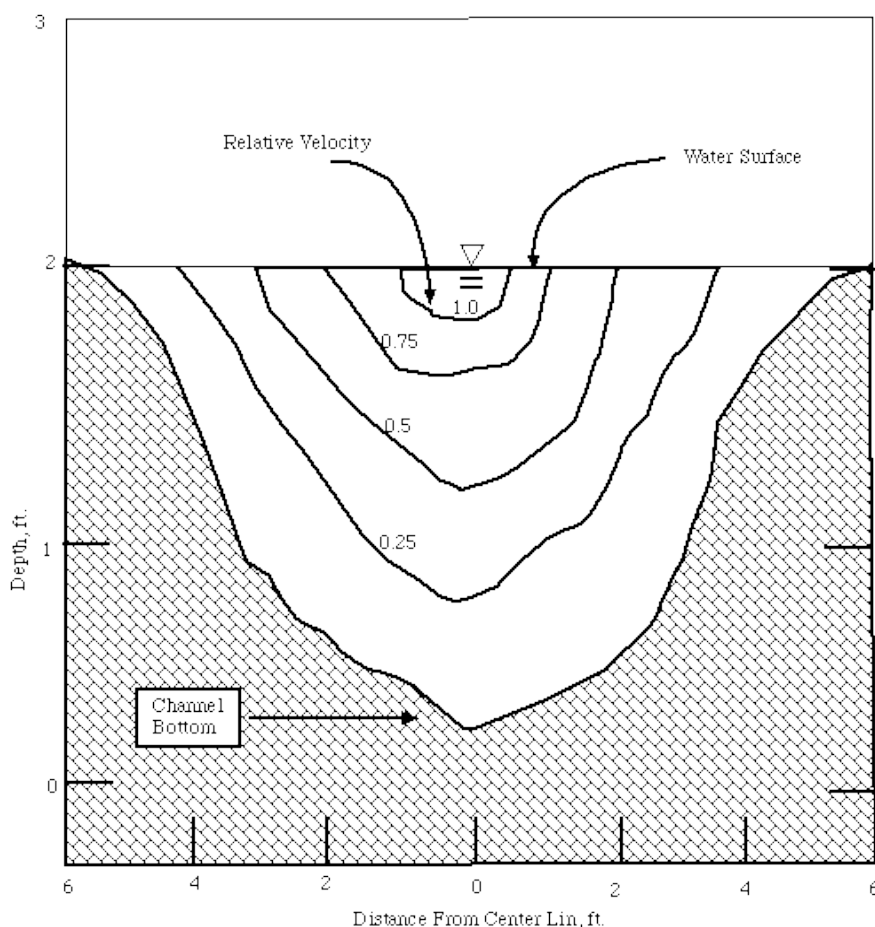
1. [https://www.labvolt.com/downloads/86357\\_F0.pdf](https://www.labvolt.com/downloads/86357_F0.pdf) - figur 24., LabVolt, 04.04.15
2. <http://arduinoprojects101.com/arduino-rpm-counter-tachometer/>, Arduino projects101, 05.04.15
3. Alexander N. Gorban', Alexander M. Gorlov, Valentin M. Silant'ev, Limits of the Turbine Efficiency for Free Fluid Flow, Journal of Energy Resources Technology, DECEMBER 2001, Vol. 123, s. 311 – 317.
4. <https://bitbucket.org/kums/arduino/src/6118be920145/tachometer/tachometer.pde>, BitBucket, 04.04.15
5. <https://www.youtube.com/watch?v=UJvOkOpaHGg>, Youtube.com, 04.04.15



# Teknologidokument - Turbinramme og forankring

## 1 Innledning

Turbinenheten skal kunne ligge i ferskvann hele året bortsett fra lange frostperioder. Den må ligge så stabilt som mulig, og siden det er høyest vannhastighet på “toppen” av elva bør den ligge så høyt i vannet som mulig.



Figur 1: Skjematisk oversikt over vannstrømhastighet (1)

Det er viktig at turbinenheten blir liggende parallellt med strømrørningen i vannet, slik at den omgjør så mye energi som mulig. Om røret rundt rotoren skal være sirkulært og generator og GPS-enhet skal være plassert på toppen av røret vil dette heve tyngdepunktet over senterpunktet i røret. Hvis denne enheten skal flyte i vannet uten å holdes på plass av en konstruksjon vil enheten havne med generator og GPS-enhet ned i elven.

Røret er rundt noe som i seg selv gir en ustabilitet i vannet siden det vil være tyngde/form på toppen. Dette er grunnet en høyere vekt over rørets volumsenter hvilket gjør at konstruksjonen blir ustabil.

Festesystemet må også overholde systemkravene. Systemkravene forbundet med turbinramme og forankring er listet opp i tabell 1.

Tabell 1: Krav til Festesystem

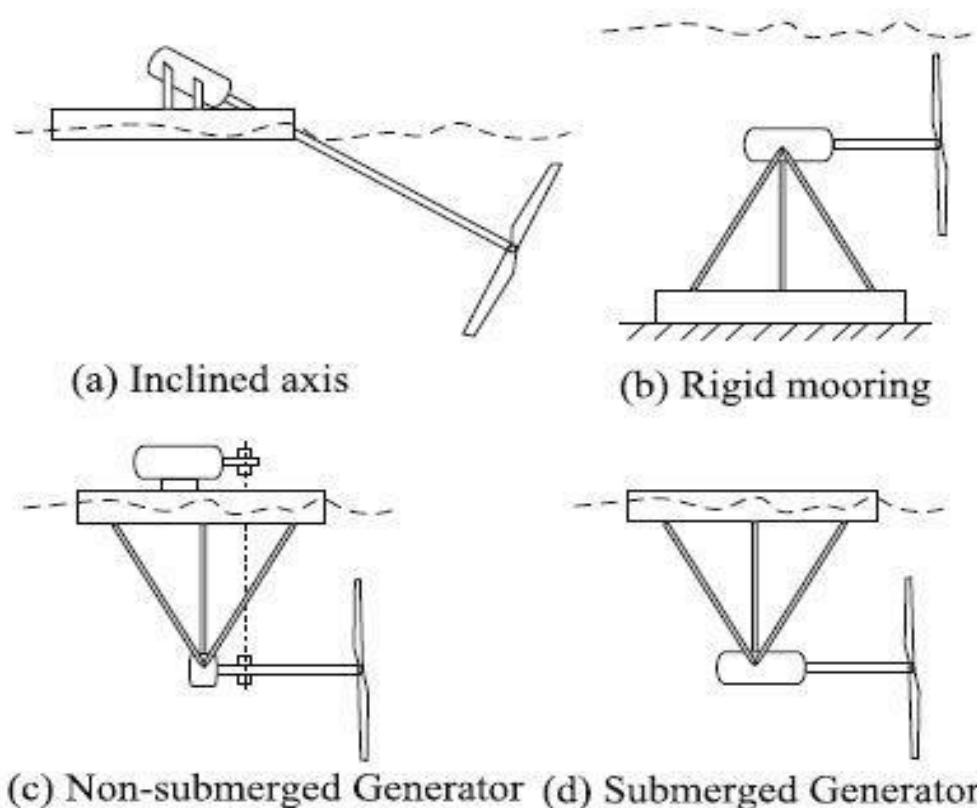
3.5.1.1	Fullskala system skal ha et festesystem som gjør at enheten ligger fluiddynamisk stabilt på et sted i elven.
3.5.2.1	Fullskala system skal merkes slik at det ikke er mulig å snuble eller skade seg ved å komme i kontakt med systemet.
3.6.2.1	Fullskala system skal gjøres portabelt, for å etterkomme kravene fra vassdrags- og vannressursloven for fri installasjon.
3.6.2.2	Fullskala system skal ikke være til hinder for fri ferdsel.

## 2 Metode

For å bestemme konsept har Strøm Til Watt valgt å bruke en Pugh-matrise der det har blitt gitt en poengsum fra 1-4, ut fra kriteriene.

## 3 Alternativer

De ulike konseptene for å holde rotoren er vist i Figur 2.



Figur 2: Alternative løsninger for holde rotoren (2)

## 4 Resultat

Tabell 2: Pugh-matrise

Kriterium	Viktighet	a	b	c	d	Forklaring på score:
Effekt	5	1	2	3	4	
Holdbarhet	5	4	1	3	4	
Ut- og innhenting	2	3	1	4	4	
Markering	2	4	1	4	3	
Pris	4	4	2	3	2	
Beskyttelse av rotor	5	1	4	4	4	
SUM		60	47	78	82	

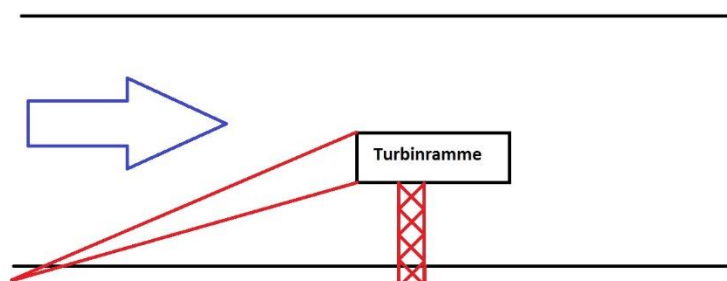
Det vil være nødvendig med forankring til fast grunn for at enheten skal holdes fluiddynamisk stabil i vann og ikke drive nedover elven med vannstrømmen.

Ulike konsepter er da mulig:

- A. Tau/wire til land på begge sider av elven
- B. Tau/wire med trinse til den ene siden av elven og en stiv konstruksjon som hindrer enheten i å drive inn mot land på samme siden som tau/wire er festet.
- C. Tau/wire til den ene siden av elven og en finne som styrer enheten ut i elven.
- D. Anker som holder enheten på plass i elven, dette kan være et anker som ligger oppstrøms for enheten.

Tabell 3: Pugh-matrise

Kriterium	Viktighet	A	B	C	D	Forklaring på score:
Ut- og innhenting	3	3	4	5	1	
Blokkering av elv	4	1	4	4	5	
Kostnad	2	5	5	4	4	
Stabilitet	5	5	4	1	5	
SUM		48	58	44	56	



Figur 3: Valgt konsept

Valgt konsept er vist i figuren over, den blå pila indikerer retningen vannet renner og det som er rødt er den valgte forankringen.

## 5 Konklusjon

Pugh-matrisen viser at design D vil være den beste løsningen for turbinrammen. Når det gjelder forankring vil alternativ B være den beste. Altså tau/wire til den ene siden av elven og et stivt stag som hindrer enheten i å drive inn mot land på samme siden som tauet er festet.

## 6 Referanser

1. <http://jan.ucc.nau.edu/~doetqp-p/courses/env302/lec6/Image31.gif> [cited 2015 23.02].
2. Khan MJ, Bhuyan G, Iqbal MT, Quaicoe JE. Hydrokinetic energy conversion systems and assessment of horizontal and vertical axis turbines for river and tidal applications: A technology status review. Applied Energy. 2009 10//;86(10):1823-35.

## Teknologidokument - Off-grid system

### 1 Innledning

Et mikrokraftverk består av mange komponenter, ikke bare turbinenheten. Et viktig system er off-grid systemet. Funksjonaliteten til et off-grid system er å lede elektrisitet fra turbinenheten til et ønsket mål, i dette tilfellet boenheten. Betingelsen for et off-grid systemet er at boenheten ikke er koblet til det elektriske hovednettet. Systemet brukes som en tilnærming til å få tilgang til elektrisitet i land og områder med liten tilgang til elektrisitet eller det elektriske nettet.

Systemet skal kunne utnytte elektrisk energi generert fra generator til å lade en batteribank som skal forsyne en boenhet med energi. Boenhetene som benytter seg av dette systemet er autonome det vil si at de ikke er avhengig av kommunal vannforsyning, kloakk, elektrisk nett eller tilsvarende tjenester.

Tabell 1: Krav

3.2.1.3	Fullskalasystemet skal kunne lade ett 12 volts batteri, uten at det skades/overlades.
3.2.1.4	Fullskala system skal ha en maks ladespenning på batteriet som ikke overskrider 14,2 volt.
3.3.1.2	Prototypen skal tåle feltstyrke 10V/m.(IEC 61000-4-3) 1
3.6.2.2	Fullskala system skal ikke være til hinder for fri ferdsel.
3.6.3.2	Service på fullskala systemet skal kunne utføres av eier uten spesiell kompetanse.

## 1.1 Systemoversikt

- Kontrollere (Laderegulator, kontroller, regulatorer)

Funksjonen til en laderegulator/-kontroller er å skru på last dump enheten for å absorbere overskuddsenergi. Kontrollerene skal også hindre overlading av batteriene.

- Last dump (Avledningslast, Shunt Last)<sup>(1)</sup>

En last dump er en elektrisk motstand som benytter seg av overskuddsenergi, for eksempel vann- eller luftvarmer. Denne komponenten må være dimensjonert til å tåle maksimal kapasitet av hva turbinenheten kan produsere.

- Batteribank (Lagringsbank)

Batteribanken tilbyr en funksjon som lagrer overskuddsenergi når det blir produsert mer energi enn hva som forbrukes. Når etterspørselen av energi øker utover det som blir generert, vil batteriene frigjøre ekstra energi for å holde komponenter gående.

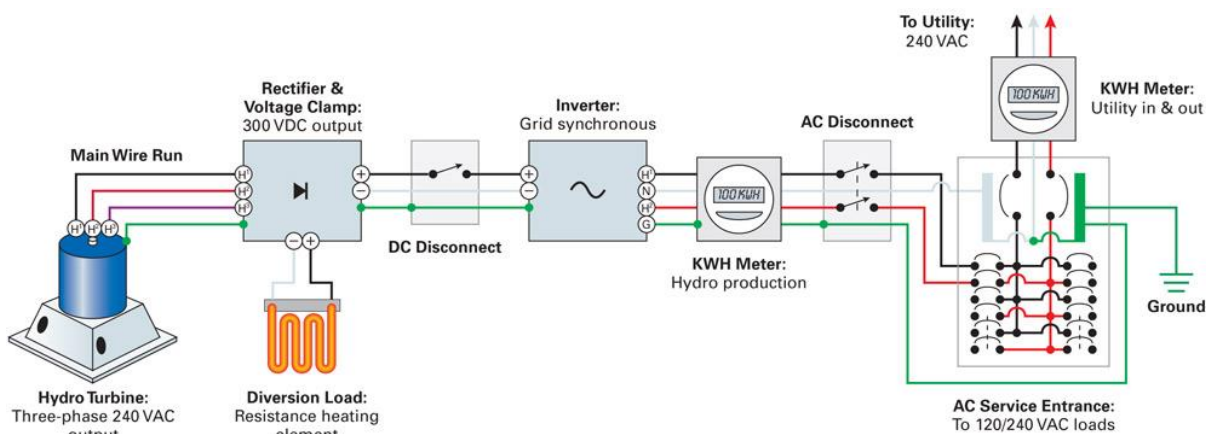
- DC-disconnect

I batteribaserte systemer er det nødvendig med en frakobling mellom batteriene og inverteren. Denne frakoblingen beskytter det elektriske systemet mellom inverteren og batteriene mot elektriske feil.

- Inverter (DC- til AC-converter)

Inverteren endrer DC-strømmen fra batteribanken til AC-strøm slik at vi kan drive husholdningsapparater.

- AC Panel  
Stikkontakter til boenheten

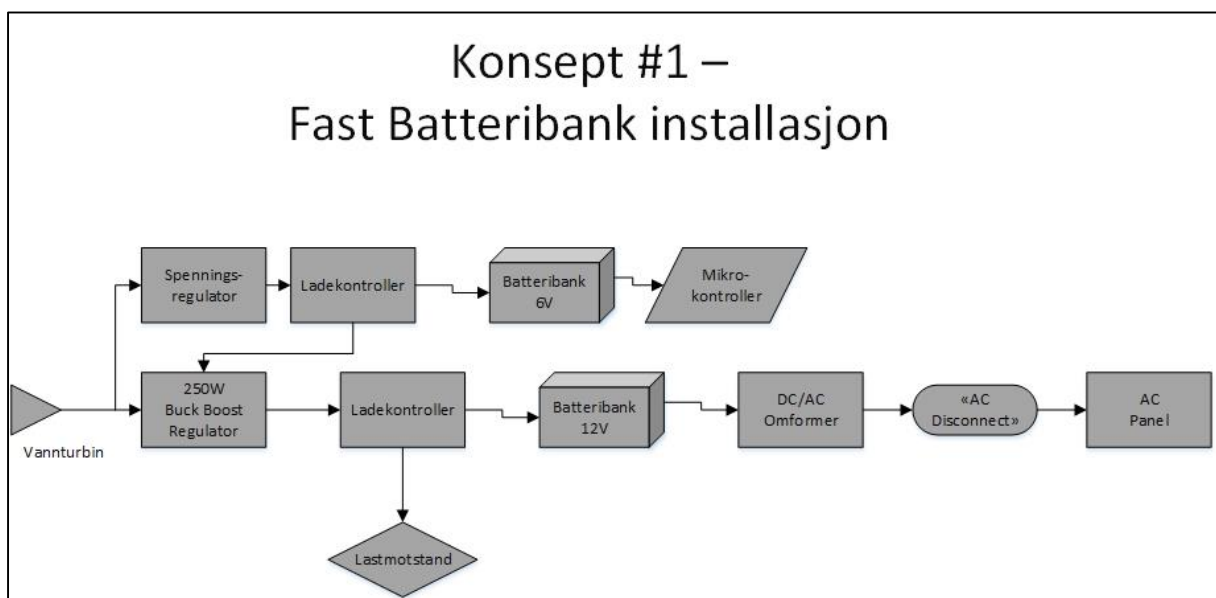


Figur 1 er hentet fra: [www.homepower.com](http://www.homepower.com)

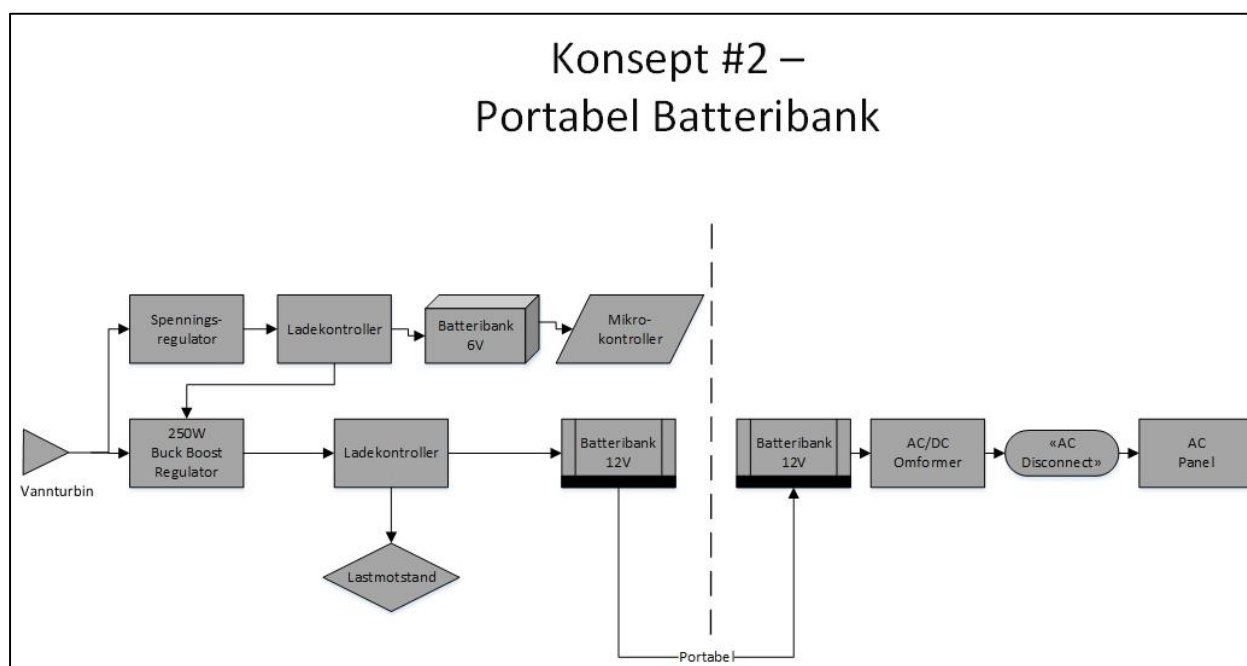
## 2 Konsepter

Til dette systemet ble det skapt to forskjellige konsepter som skal brukes og implementeres i fullskala planer. De to konseptene som er vist i figur 2 og 3, viser to forskjellige løsninger på energioverføringen fra turbinenheten til bruksområdet.

- Konsept 1 – Fast batteribank
  - I dette konseptet fører vi energien fra generator til batteribank gjennom ledninger som går fra turbinenheten til hytten/huset/bygningen etc. Installasjon av det elektriske systemet plasseres inne i boligen.
  - Dette konseptet er designet for brukere med direkte tilgang til elver over kortere avstander. Det vil i disse tilfellene være en bedre løsning å ha hele installasjonen i boenheten. Denne løsningen krever ikke manuelt arbeid fra eier.
- Konsept 2 – Portabel batteribank
  - Dette konseptet består av to batteristasjoner. En stasjon plasseres ved elven og den andre stasjonen plasseres inne i boligen. Brukeren må derfor hente batteribanken fra ladestasjonen ved elven og transportere denne og plassere batteribanken i batteristasjonen i boligen.
  - Tanken bak dette konseptet er å legge til rette for brukere som ikke har elven i nærheten av sin boenhet. Å dra ledninger over lengre avstander kan påvirke andre brukere av naturen, samt ha et effekttap under energioverføringen.



Figur 2 – Oversikt over fast installasjon



Figur 3 – Oversikt over portabelt system

### 3 Diskusjon og konklusjon

Etter samtaler med oppdragsgiver, Knut Henrik Skramstad, var det ønskelig å kombinere begge konseptene, slik at kunden kan velge en løsning som passer sitt behov. Grunnet begrenset tid vil vi prioritere konsept #2, da dette konseptet var mest ønsket av oppdragsgiver.

### 4 Referanser

1. 300W dummy load termination [http://www.aliexpress.com/store/product/Free-Shipping-High-Power-50ohm-N-male-Plug-Connector-DC-3GHz-300W-watt-RF-coaxial-fixed/1048574\\_1570840013.html](http://www.aliexpress.com/store/product/Free-Shipping-High-Power-50ohm-N-male-Plug-Connector-DC-3GHz-300W-watt-RF-coaxial-fixed/1048574_1570840013.html) [06.05.15]. Last dump].



# Strømsystem til Sikkerhetssystem

## 1 Innledning

Under energiproduksjon vil mikrokontrolleren ha strømtilførsel fra et batteri som lades med strøm direkte fra generatoren. Dersom generatoren stopper å produsere energi skal batteribanken være stor nok til å drive mikrokontrolleren minimum 72 timer (Krav 3.7.2.1).

## 2 Krav

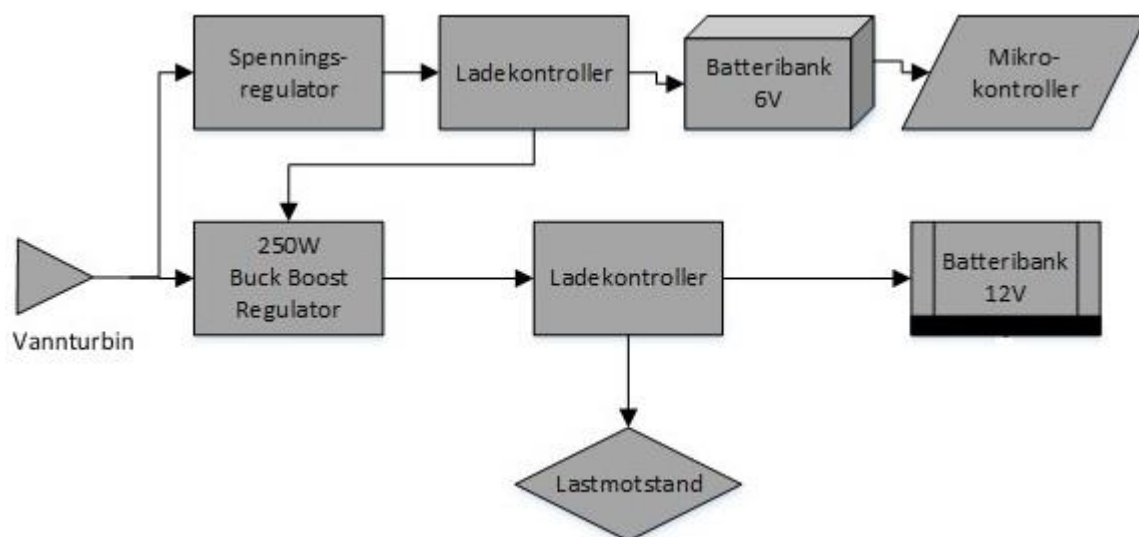
3.7.2.1	Reservebatteri skal ha nok effekt til å drive en mikrokontroller i 72 timer uten bidrag fra strømgeneratoren.
---------	---

## 3 Alternativer

Mikrokontrolleren krever strømtilgang dersom turbinenheten løsner eller blir stjålet (krav 3.7.2.1). Systemet krever derfor et batteri som skal drive mikrokontrolleren i minimum 72 timer.

Når vi skal velge batteripakke til dette systemet, må vi finne ut hvor mye strøm mikrokontrolleren trekker. Vi kan da beregne hvor stor batterikapasitet vi trenger ved utregningen under.

Kapasitet = x Ampere \* y timer



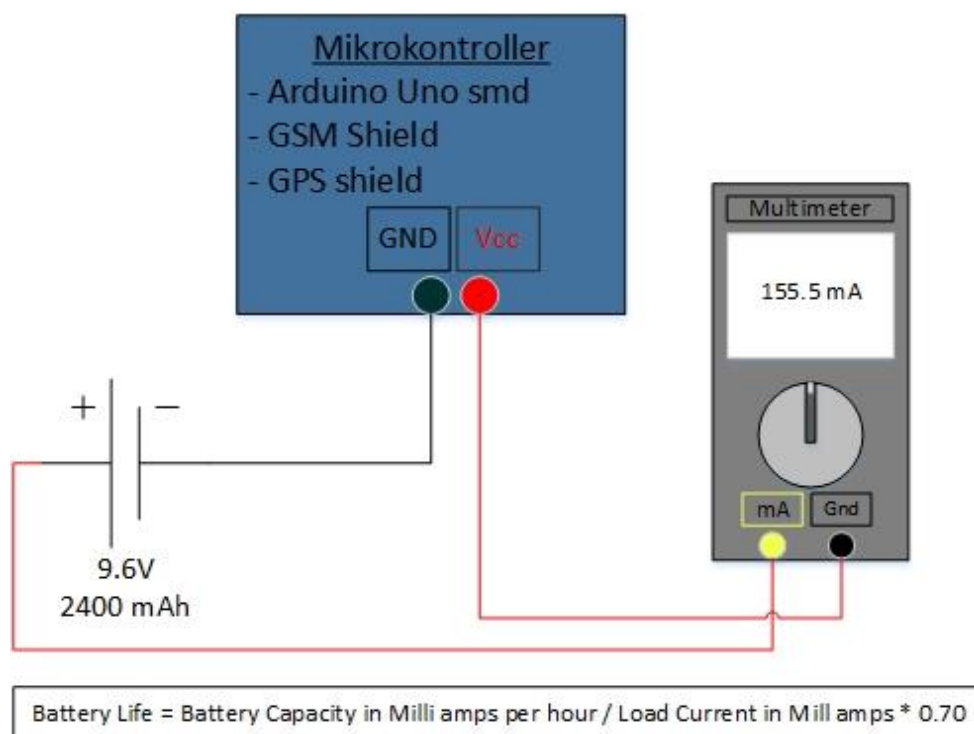
Figur 1, Mikrokontrollers plassering

Karakteristikkurvene til de forskjellige batteripakkene gir oss levetid på batteriene ved en gitt strømbelastning, men disse karakteristikkene er ikke helt til å stole på. Den beste måten å bekrefte levetiden på er å kjøre en test på systemet, hvor vi finner strømbelastningen til mikrokontrolleren og registrerer oppetiden til batteriet.

For å kunne regne ut batterikapasiteten vi trenger for å holde mikrokontrolleren operativ i minimum 72 timer må vi regne ut energiforbruket til mikrokontrolleren. En arduino uno med operativ kode, GSP- og GPS-shield trekker 155.5 mA fra batteribanken kontinuerlig.

Estimerer størrelse på batteri - 6 Volt:

$$155.5 \text{ mA} * 72 \text{ timer} = 11196 \approx 11200 \text{ mAh}$$



Figur 2: Kablingsskjema for måling av energiforbruket til mikrokontroller

### 3.1 Batteri

Oppladbare batterier:

- AA batterier: 2700 mAh /1.5V
- AAA Batterier: 1200mAh /1.2V-3.7V
- C celle – Batterier(alkline):8000 mAh / 1.2V
- D celle – Batterier(alcline):12000mAh / 1.2V
- CR2032 coin cell: 225mAh
- 9V Alkaline batteri: 550 mAh

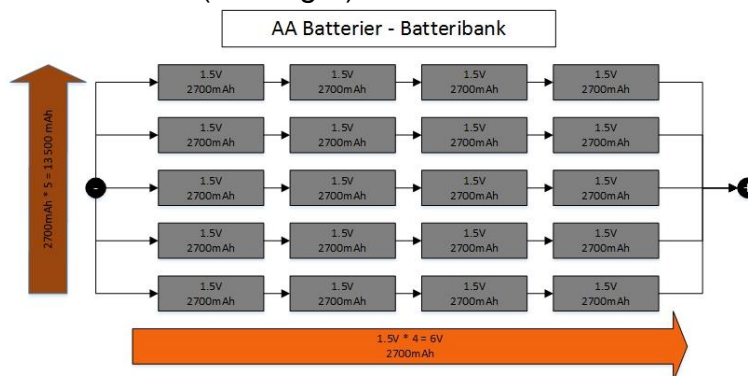


Figur 3: AAA, AA, C og D (1)

Etter undersøkelser rundt batterityper konkluderes det med at C- og D-celle batterier har størst batterikapasitet, men disse batteriene er dyrere sammenliknet med AA og AAA batterier. CR2032 og 9V Alkaline har for liten kapasitet og vil ikke bli vurdert videre.

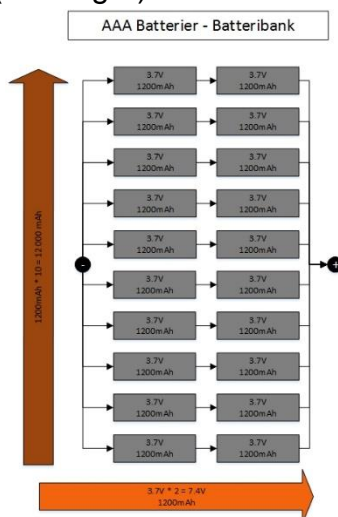
Dersom vi skal holde mikrokontrolleren operativ i 72 timer trenger vi:

- 20 stk AA batterier
  - 6 volt/13 500 mAh
  - 86 timer levetid (3.6 dager)



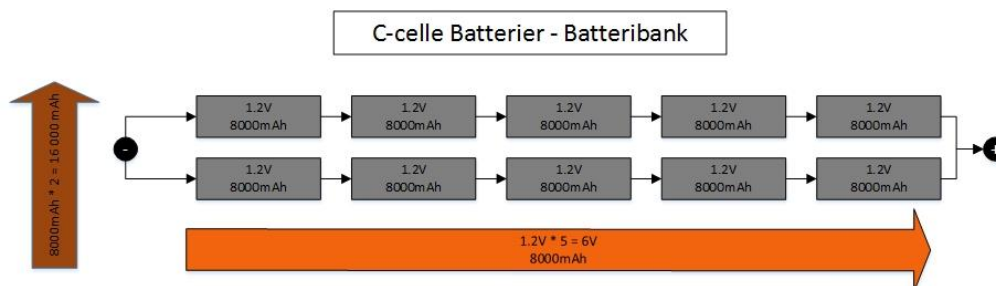
Figur 4: AA

- 20 stk AAA batterier
  - 7.4 volt/12 000mAh
  - 77 timer levetid (3.2 dager)



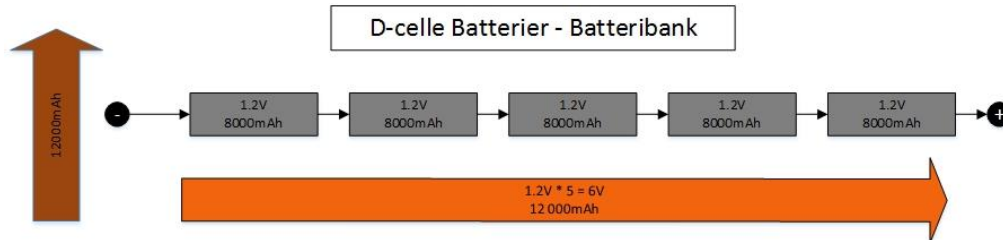
Figur 5: AAA

- 10 stk C-celle batterier
  - 6 volt/16 000mAh
  - 102 timer levetid – (4,3 dager)



Figur 6: C-celle

- 5 stk D-celle batterier
  - 6 volt/12 000mAh
  - 77 timer levetid – (3,2 dager)



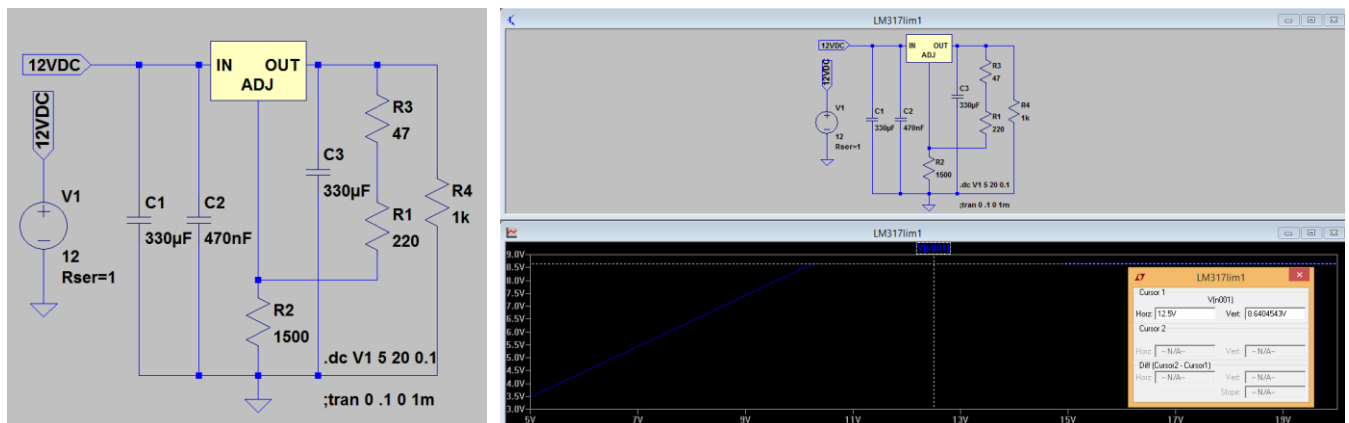
Figur 7: D-celle

### 3.2 Regulator

Mikrokontrolleren krever tilgang på energi i opptil 72 timer etter generatorstopp.

Mikrokontrolleren blir derfor utstyrt med et 6 volts batteri, som skal lades av generatoren og regulerer ut en spenningsverdi som er høy nok til å lade batteripakken.

Denne verdien tilpasses systemet når batteripakken er valgt.

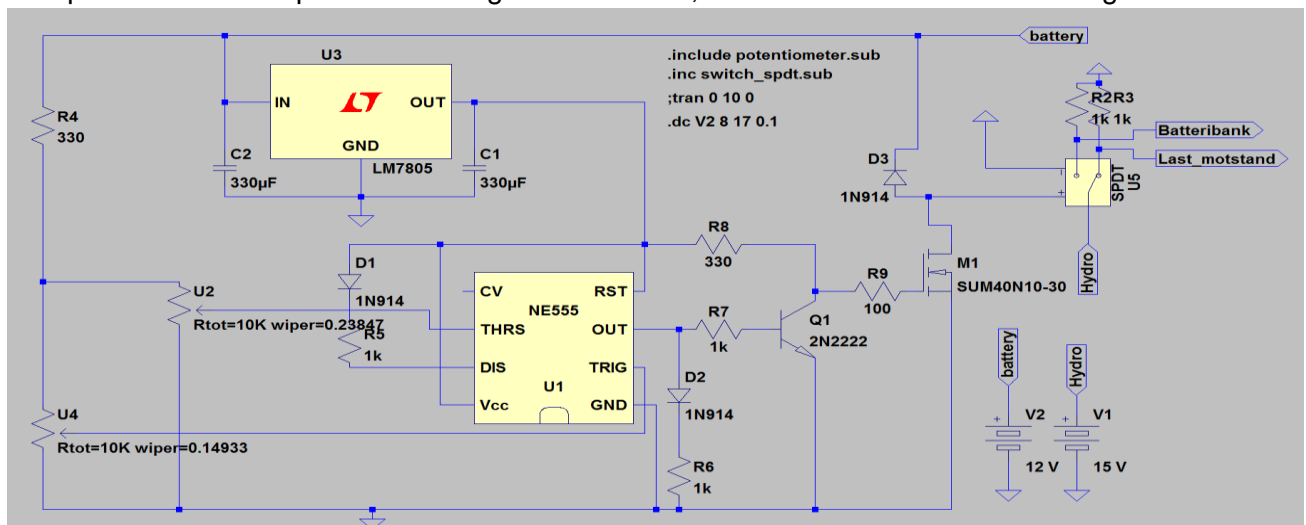


Figur 8: Regulator(2)

### 3.3 Ladekontroller

Ladekontrolleren benyttes for å unngå overlading av batteribanken.

Komponenten sender produsert energi til ønsket mål, batteribank eller buck boost-regulator.



Figur 9: Skjematiske

Ladekontrolleren kalibreres til ønsket spenning ved å endre motstandsverdien på potentiometerne.

## 4 Resultater

Mulige konsepter:

- A. AAA
- B. AA
- C. C-celle
- D. D-celle

Kriterium	Viktighet	A	B	C	D	Forklaring på score:
Kapasitet	5	1	3	4	5	Stor kapasitet gir høy score
Oppladbart	5	5	5	5	5	Oppladbart? ja/nei
Fysisk størrelse	5	2	1	3	5	Størrelse på hele pakken
Pris	2	5	5	3	3	høy score = billig batterier
SUM		65	70	75	90	

Konsept D – D-celle batterier vil her være den beste løsningen til batteribanken.

Siden batteribanken kun består av 5 batterier vil denne løsningen ta liten plass, og gi høyest kapasitet per celle.

## 5 Diskusjon og Konklusjon

Strømsystemet til mikrokontrolleren vil bestå av:

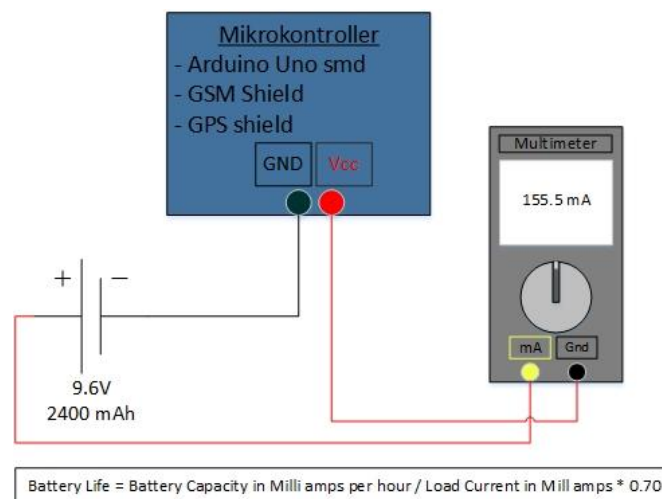
- Regulator
- Ladekontroller – samme design som off-grid systemet, kalibrert for 6 V batteribank.
- Batteribank – 6 V/13 500 mAh AA batteri
- Mikrokontroller – Arduino uno m/ GPS og GSM shield.

### 5.1.1 Batterivalg

Når batteritype skal velges må vi se på kapasiteten til de forskjellige batteritypene.

Estimerer størrelse på batteri - 6 Volt:

$$155.5 \text{ mA} * 72 \text{ timer} = 11196 \cong 12200 \text{ mAh}$$



Batteribanken vil bestå av 5 stk. D-celle batterier koblet i serie.

$$5 \text{ batterier} * 1.2 \text{ V} = 6 \text{ V} (12\ 000 \text{ mAh})$$

Vi kan dermed konkludere med at dette designet vil holde sikkerhetssystemet operativt i minimum 72 timer uten energitilførsel fra generator.

### 5.1.2 Regulator

Regulatoren blir kalibrert til minimum 7,56 V<sub>ut</sub> da D-celle batteriet har en ladeverdi på 1,26. Dette vil si at et fulladet batteri når maksimal spenning ved:

$$100\% = 1,26 * 6 \text{ V} = 7,56 \text{ V}$$

### 5.1.3 Ladekontroller

Ladekontrolleren kalibreres til:

Maks spenning: 7,56 V

Minimum spenning: 5,9 V

### 5.1.4 Mikrokontroller

Arduino UNO

- GPS shield
- GSM shield

Energiforbruk: 155,5 mA.

72 timers forbruk = 11 200 mAh

### Sluttnotis til konklusjon

Etter dette teknologivalget var tatt ble det lagt en tilleggsfunksjon til sikkerhetssystemet.

Tilleggsfunksjonen går ut på at det blir koblet til en RF mottager ved siden av GPS og GSM shieldene. Det konkluderes med at mottageren ikke har innvirkning på utregningene over da den har maksimalt forbruk på 0,02W (4 mA \* 5 V, hentet fra designdok. og batteriovervåking). Dette gjør at batteripakken som det er konkludert med fortsatt holder de 72 timene.

## 6 Referanser

- 1 [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_battery\\_sizes](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_battery_sizes), kl 12.30 – 11.05.2015
- 2 Designdokument v3.0 – Regulator (offgridsystem)
- 3 Designdokument v3.0 – Ladekontroller (offgridsystem)



# Teknologidokument – Langdistansekommunikasjon

## 1 Innledning

Prosjektet har som målsetning å lage et sikkerhetssystem som skal informere om tilstanden til systemet over GSM-nettets dekkningsområde. Det må derfor være en modul som tar seg av dette. I dette kapitlet blir det gjort et valg på hvilken modul dette skal være. Det er gjort tidligere teknologivalg som tilsier at det skal brukes et mikrokontrollersystem som er basert på Arduino. Dette er beskrevet i teknologidokument om mikrokontroller.

Den vanligste digitale langdistanse kommunikasjonsmodulen som er brukt for Arduino er GSM modulen. Dette er en krets som er satt sammen til et ferdig GSM system, som lett kan kobles til ulike Arduino kort. Det kan derfor ses på som hensiktsmessig å bruke GSM teknologi, samtidig som det er et krav til systemet (3.7.3.1 GSM).

### 1.1 GSM

GSM (Globalt system for mobilkommunikasjon) er en teknologi som originalt blir brukt til mobilkommunikasjon. Det er den teknologien som er mest brukt i mobiltelefonnettverk verden over. For å bruke et GSM-nettverk må man ha et SIM kort (subscriber identify module) som gir retten til å koble seg på et mobilnettverk.(1)

### 1.1.1 Krav

Den digitale langdistansekommunikasjonen som skal gjøres, ses på i tilknytning til Arduino. Kravene fra kravspesifikasjon som gjelder GSM modulen er listet opp under.

Tabell 1: Krav til langdistansekommunikasjon

Krav:	Beskrivelse:
3.2.2.1	Fullskala system skal tåle minusgrader i inntil 2 døgn i bruk hvor elva ikke fryser.
3.2.2.2	Fullskala skal tåle i bruk tåle temperatur mellom 1 og 40 grader °C.
3.2.2.3	Fullskala system skal tåle en lufttemperatur på 60 grader C i direkte sollys.
3.4.1.1	Fullskala turbinenhet skal ikke veie mer enn 80 kg.
3.7.1.1	GPS skal gi posisjonskoordinatene til systemet når det er ønskelig.
3.7.2.1	Fullskalasystemets reservebatteri skal ha nok effekt til å drive en mikrokontroller i 72 timer uten bidrag fra strømgeneratoren.
3.7.3.1	GPS Koordinatene skal sendes gjennom GSM.

Kravene som er tilknyttet GSM modulen er listet opp i tabellen over. Ut fra disse må vi ta hensyn til følgende spesifikasjoner til GSM modulen når vi gjør valg.

Tabell 2: Spesifikasjoner

Krav:	Spesifikasjoner:
3.2.2.1	Skal tåle generelle minusgrader, Celsius
3.2.2.2	Skal tåle temperatur mellom 1 og 40 grader °C
3.2.2.3	Skal tåle 60 °C
3.4.1.1	Skal ha en så liten vekt som mulig
3.7.2.1	Skal ha en så liten effektbruk som mulig

## 2 Metode

For å finne frem til den best måten å utføre langdistansekommunikasjon i henhold til kravene over vil det bli brukt følgende metode.

- Det bli gjort undersøkelser på forskjellige GSM moduler.
- Det vil bli gjort en gjennomgang av krav for å finne funksjonaliteten som GSM modulen skal ha.
- Modulene som synes egnet etter kravene vil bli satt opp mot hverandre i Pugh-matrise.
- Til slutt vil det bli gjort en konklusjon på hvilken GSM modul som er best egnet.

## 3 Alternativer

Tabell 3: Alternativer

Navn	FONA <sup>(2)</sup>	SM5100B <sup>(3)</sup>	Simens TC35 <sup>(4)</sup>	SIM900 <sup>(5)</sup>
Pris	355,-	474,-	179,-	160,-
Operativt temperaturspekter	-40 - +85°C <sup>(6)</sup>	-20°C-+55°C	-20 - +85°C	-40 - +85°C
Størrelse	44*32*5mm =7040mm <sup>3</sup>	39X35X2.9mm =3958,5mm <sup>3</sup>	Ikke tilgjengelig	85x57x20mm =96900mm <sup>3</sup>
Tilgjengelighet	Adafruit.com	Sparkfun.com	ebay.com	ebay.com

I tabellen over er prisen oppgitt i NOK.

I tabellen over er det gått gjennom 4 alternativer som er funnet ved søk på ebay, og ved å se på Adafruit og Sparkfun sitt inventar av GSM moduler (de største butikken innen hobbyelektronikk på nettet). De alternativene som ble funnet er de som står i tabellen over. Vi kan derfor også anta at det er disse som er mest brukt, og solgt i markedet.

## 4 Resultater

GSM-modulen skal brukes til å sende SMS over GSM-nettverket. Alle modulene over har kompatibilitet for dette. Den store prisforskjellen er nok grunnet at modulene fra Adafruit og Sparkfun har et høyere kvalitetsnivå og har innebygd flere teknologiske muligheter enn de billigste modulene. For eksempel har Adafruit sin FONA innebygde muligheter for FM radio, og lademuligheter for et batteri.

De forskjellige modulene er satt opp med spesifikasjoner knyttet til kravene hvor det er hensiktsmessig. Siden forskjellen på modulenes vekt er liten i forhold til resten av systemet er disse ikke gått gjennom.

Det er ikke sett på modulenes energiforbruk da forskjellen på modulene er så liten at det ikke er hensiktsmessig. Derfor vil ikke kravene 3.4.1.1 og 3.7.2.1 bli tatt med i diskusjonen under.

Sparkfun sin modull SM5100B, vil heller ikke bli tatt med i diskusjonen da denne ikke tåler kravet om 60 °C.

## 5 Diskusjon og konklusjon

Under er det satt opp en Pugh-matrise hvor det blir gått gjennom de modulene som klarer kravene satt opp for GSM-modulen. Ut over kravene blir det også det også sett på pris, da dette er viktig del av prosjektet og noe oppdragsgiveren vår har fokus på.

Tabell 4: Pugh matrise

Navn	FONA	Simens TC35	SIM900
Pris:	1	4	5
Operativt temperaturspekter:	5	3	5
Størrelse:	4	0	1
Tilgjengelighet:	4	5	5
<b>Sum:</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>16</b>

Poengskalaen går fra 1-5, hvor 5 er best.

Ut fra Pugh-matrisen i avsnittet over kan det konkluderes med at SIM900 er den GSM-modulen som skal bli brukt for digital langdistansekommunikasjon i dette prosjektet.

## 6 Referanser

1. <http://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/GSM>: TechTarget; [cited 2015 23.02].
2. Adafruit FONA - Mini Cellular GSM Breakout - SMA Version - v1  
<http://www.adafruit.com/products/1963>; adafruit; [cited 2015 07.03].
3. SM5100B-D GSM/GPRS Module  
[http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Cellular/SM5100B-D\\_HW\\_spec\\_V1.0.0.pdf](http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Cellular/SM5100B-D_HW_spec_V1.0.0.pdf); Sparkfun; [cited 2015 07.03].
4. New GSM SIEMENS TC35 SMS Wireless Module Board RS232 UART Serial Arduino dnt  
[http://www.ebay.com/itm/New-GSM-SIEMENS-TC35-SMS-Wireless-Module-Board-RS232-UART-Serial-Arduino-dnt-/310940153530?pt=LH\\_DefaultDomain\\_0&hash=item48657a36ba&autorefresh=true](http://www.ebay.com/itm/New-GSM-SIEMENS-TC35-SMS-Wireless-Module-Board-RS232-UART-Serial-Arduino-dnt-/310940153530?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item48657a36ba&autorefresh=true); Ebay; [cited 2015 07.03].
5. SIM900 GPRS/GSM Board Quad-Band Module Kit For Arduino High Quality New  
[http://www.ebay.com/itm/SIM900-GPRS-GSM-Board-Quad-Band-Module-Kit-For-Arduino-High-Quality-New-/181680678897?pt=LH\\_DefaultDomain\\_15&hash=item2a4d0327f1](http://www.ebay.com/itm/SIM900-GPRS-GSM-Board-Quad-Band-Module-Kit-For-Arduino-High-Quality-New-/181680678897?pt=LH_DefaultDomain_15&hash=item2a4d0327f1) [cited 2015 07.03].
6. SIM800L\_Hardware\_Design\_V1.00  
[http://www.headale.com/Datasheet/Wireless%20module/GPRS/SIMCOM/SIM800L\\_Hardware\\_Design\\_V1.00.pdf](http://www.headale.com/Datasheet/Wireless%20module/GPRS/SIMCOM/SIM800L_Hardware_Design_V1.00.pdf) [cited 2015 07.03].

# Teknologidokument – Posisjonering

## 1 Innledning

Posisjoneringssystemet til turbinen er en del av sikkerhetssystemet. Det skal til en hver tid kunne gi brukeren informasjon om hva turbinens posisjon er. GPS(Global Positioning System) er den vanligste typen digital posisjonering på markedet i dag. Derfor er det konkludert med at denne teknologien er det enkleste og billigste å implementere i prosjektet.

Det er kun en data- og en elektrostudent i Strøm til Watt sin prosjektgruppe. Derfor har gruppen konkludert med at det digitale systemet til turbinen skal konstrueres på en måte som ikke er for tidskrevende eller har et for høyt teknisk nivå. For å klare dette er det gjort valg i teknologidokumentet om mikrokontroller som gjør at prosjektet vil bruke Arduino som mikrokontroller.

*“Arduino er et verktøy for å lage datamaskiner som kan sanse og styrer mer av den fysiske verden enn en stasjonær PC. Det er en åpen-kildekode fysisk datamaskin plattform basert på en enkel mikrokontroller, og et utviklingsmiljø for å skrive programvare for mikrokontrolleren.”<sup>(1)</sup>*

Av denne grunnen vil det her kun bli sett på GPS-moduler som er kompatible med Arduino systemet.

### 1.1 Krav

Tabell 1: Krav til Posisjoneringssystem

Krav:	Beskrivelse:
3.2.2.1	Fullskala system skal tåle minusgrader i inntil 2 døgn i bruk hvor elva ikke fryser.
3.2.2.2	Fullskala skal tåle i bruk tåle temperatur mellom 1 og 40 grader °C.
3.2.2.3	Fullskala system skal tåle en lufttemperatur på 60 grader C i direkte sollys.
3.4.1.1	Fullskala turbinenhet skal ikke veie mer enn 80 kg.
3.5.1.2	Prototypen og fullskala system skal kunne spores om nødvendig ved hjelp av GPS-koordinater om den f.eks. løsner eller blir stjålet.
3.7.1.1	GPS skal gi posisjonskoordinatene til systemet når det er ønskelig.
3.7.1.2	GPS systemet skal ikke overskride en feilradius på mer enn 10 meter.
3.7.2.1	Reservebatteri skal ha nok effekt til å drive en mikrokontroller i 72 timer uten bidrag fra strømgeneratoren.
3.7.3.1	GPS koordinatene skal sendes gjennom GSM.
3.7.3.3	Systemet skal varsle bruker/eier av systemet dersom reservebatteri må benyttes.

Kravene som er tilknyttet GPS-modulen er listet opp i tabellen over. Ut fra disse må vi ta hensyn til følgende vurderingsgrunnlag når vi velger GPS-modul.

Tabell 2: Spesifikasjoner

Krav:	Vurderingsgrunnlag:
3.2.2.1	Skal tåle å bli nedfrost
3.2.2.2	Skal tåle en vanntemperatur på 40 grader celsius
3.2.2.3	Skal tåle en lufttemperatur 60 grader celsius
3.4.1.1	Skal ha en så lav vekt som mulig
3.5.1.2	Skal bruke GPS teknologi
3.7.1.2	Skal ikke overskride 10 m i feilradius
3.7.2.1	Skal bruke så lite energi som mulig
3.7.3.1	Koordinatene skal være mulig å sende digitalt

## 2 Metode

For å finne frem til den beste måten å utføre posisjonering ut fra kravene over vil det bli brukt følgende metode.

- Det bli gjort undersøkelser på GPS moduler.
- Det vil bli gjort en gjennomgang av krav for å finne funksjonaliteten og spesifikasjoner som GPS-modulen må ha.
- Modulene som er egnet etter kravene vil bli satt opp mot hverandre i en Pugh-matise.
- Til slutt vil det bli gjort en konklusjon hvor GPS modulen blir valgt.

### 3 Alternativer

Etter å ha gjort grundig undersøkelser på internett etter sammenligninger av Arduino GPS-moduler har det blitt konkludert med to ting:

- Det er lite informasjon tilgjengelig på tester av GPS-moduler til Arduino
- Det virker vanskelig å sammenligne flere moduler mot hverandre, spesifikasjoner på hver modul og finne ut hvem som har høyest nøyaktighet. Dette er begrunnet i SparkFun.com sin veiledning<sup>(2)</sup> som omhandler temaet. Den sier at det er vanskelig å sette modulene opp mot hverandre fordi de har så mange ulike variabler som påvirker nøyaktigheten. Disse variablene har gjerne ulik og varierende påvirkning av hverandre. Eneste måte å måle nøyaktigheten er å teste flere forskjellige moduler samtidig og under samme testforhold.

Oppdateringsfrekvensen til GPS-moduler er definert som hvor ofte det blir hentet inn signaler for å finne en posisjon. Hvis modulen beveger seg i store hastigheter er dette viktig. Hvis modulen for det meste står stille som turbinenes bruksområde av modulen blir, har det lite å si på nøyaktigheten.

Spesifikasjoner foruten oppdateringsfrekvens går på hardware, software, og chipsett. Dette er faktorer det er vanskelig å kunne rangere, hvis man ikke har dyptgående kunnskap på feltet.

Alt dette peker mot at det blir vanskelig å velge en modul ut fra spesifikasjoner som sier noe om hvor nøyaktig modulen er.

Utvelgelsen av GPS-modul vil derfor bli basert på pris, operativt temperaturspekter, størrelse og tilgjengelighet. Det kommer ikke til å bli tatt hensyn til effektbruk da forskjellene på modulene antas å være av uvesentlig forskjell. Vekt kommer heller ikke til å bli tatt hensyn til da forskjellene her er uvesentlig i forhold til kravet om 80 kg på hele systemet.



## 4 Diskusjon og konklusjon

Tabell 3: Spesifikasjoner

Navn	NOE6MV2 <sup>(3)</sup>	Skylab <sup>(4)</sup>	Copernicus 2, Sparkfun GPS-modul <sup>(5)</sup>
Pris	ca. 100,-	ca. 200,-	ca. 500,-
Operativt temperaturspekter	-40 - +85 ° C <sup>(6)</sup>	-40 - +85 ° C <sup>(4)</sup>	40 - +85 ° C <sup>(7)</sup>
Størrelse	ca.(25*35)mm <sup>2</sup> =875 mm <sup>2</sup>	(30*20)mm <sup>2</sup> =600mm <sup>2</sup>	(32*27)mm <sup>2</sup> =864mm <sup>2</sup>
Tilgjengelighet	eBay	eBay	sparkfun.com

I tabell 3 er verdiene det er referert til i NOK.

I tabellen over vises tre typiske GPS-moduler for Arduino innen forskjellige prissegment. Vi har to relativt billige moduler, mellom 100-200,- kr, og en som koster 500,-. Her er det store prisforskjeller.

Operativt temperaturspekter er det samme for alle GPS-modulene, dette gjør at det ikke trenger å være en sammenligningsfaktor.

Størrelsen på de tre er tilnærmet like, og volumet som skiller de tre fra hverandre er så liten at det ikke har mye å si for konstruksjonen.

Tilgjengeligheten til modulene er så og si det samme. De kan enten kjøpes på eBay eller Sparkfun. Hos begge forhandlerne kan man velge vanlig internasjonal frakt, eller ekspressfrakt som gjerne leverer innen en uke.

Hvis vi setter modulene opp mot hverandre blir det klart at det ikke er de tekniske forskjellene på modulene som har noe å si for hvilken vi velger, det som er avgjørende her er pris.

På pris er det størst variasjon i de faktorene som blir beskrevet over. Denne faktoren har mye å si for prosjektet vårt. Derfor er det mest hensiktsmessig å velge den billigste av de tre modulene: NOE6MV2. Dette blir derfor modulen som kommer å brukes for posisjonering i Strøm Til Watt sitt sikkerhetssystem.

## 5 Referanser

1. What is Arduino <http://arduino.cc/en/Guide/Introduction>: arduino; [cited 2015 02.03].
2. GPS Tracking Comparisons <https://www.sparkfun.com/tutorials/169>: sparkfun; [cited 2015 12.02].
3. Ublox NEO6MV2 GPS Module Aircraft Flight Controller For Arduino 1PC New [http://www.ebay.com/itm/Ublox-NEO6MV2-GPS-Module-Aircraft-Flight-Controller-For-Arduino-1PC-New-/350849933793?pt=LH\\_DefaultDomain\\_15&hash=item51b04921e1](http://www.ebay.com/itm/Ublox-NEO6MV2-GPS-Module-Aircraft-Flight-Controller-For-Arduino-1PC-New-/350849933793?pt=LH_DefaultDomain_15&hash=item51b04921e1): ebay; [cited 2015 12.02].
4. Skylab GPS Module MT3329 SKM53 with Embedded GPS Antenna Arduino Compatible gls [http://www.ebay.com/itm/Skylab-GPS-Module-MT3329-SKM53-with-Embedded-GPS-Antenna-Arduino-Compatible-gls-/301108474787?pt=LH\\_DefaultDomain\\_0&hash=item461b76b3a3](http://www.ebay.com/itm/Skylab-GPS-Module-MT3329-SKM53-with-Embedded-GPS-Antenna-Arduino-Compatible-gls-/301108474787?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item461b76b3a3): ebay; [cited 2015 12.02].
5. GPS Buying Guide [https://www.sparkfun.com/pages/GPS\\_Guide](https://www.sparkfun.com/pages/GPS_Guide): sparkfun; [cited 2015 12.02].
6. NEO-6 u-blox 6 GPS Modules [http://www.u-blox.com/images/downloads/Product\\_Docs/NEO-6\\_DataSheet\\_%28GPS.G6-HW-09005%29.pdf](http://www.u-blox.com/images/downloads/Product_Docs/NEO-6_DataSheet_%28GPS.G6-HW-09005%29.pdf) [cited 2015 2015]. 06.3].
7. Copernicus® II GPS Receiver [http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Sensors/GPS/63530-10\\_Rev-B\\_Manual\\_Copernicus-II.pdf](http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Sensors/GPS/63530-10_Rev-B_Manual_Copernicus-II.pdf) [cited 2015 06.03].

# Teknologidokument – Kortdistansekommunikasjon

## 1 Innledning

Sikkerhetssystemet har som en av sine mål å gi eier av turbinenheten informasjon om status på batteripakken. Denne informasjonen kommer i form av hvor mange volt som er tilgjengelig på batteriet. Batteripakken skal stå på land innenfor en radius på ca 50 meter. Enheten som er koblet opp på GSM-nettet (og som dermed kan gi informasjon til bruker) sitter på turbinenheten, derfor må vi ha en kommunikasjon mellom batteripakken og turbinenheten.

I dette dokumentet blir det beskrevet hvilke alternativer vi har. Vi kommer også til å drøfte de ulike alternativene for så å komme frem til hvilken løsning vi velger å bruke. Enheten som kortdistansekommunikasjonen skal være tilkoblet på turbinenheten er en arduino med GSM shield. Dette er beskrevet i teknologidokumentet om posisjoneringssystemet. Det burde derfor være en enhet som enkelt kan kobles sammen med dette systemet.

Kravene som er knyttet til dette vises i Tabell 1.

### 1.1 Krav

Tabell 1: Krav

Krav:	Beskrivelse:
3.3.1.2	Prototypen skal tåle feltstyrke 10V/m.(IEC 61000-4-3)
3.3.1.3	Prototypen skal ha grenseverdi mellom 80 – 52 dBμV/m.( CISPER 16-2)
3.7.3.3	Systemet skal varsle bruker/eier av systemet dersom reservebatteri må benyttes.

## 2 Metode

For å finne frem til den beste måten å utføre kortdistansekommunikasjon i henhold til kravene over vil det bli brukt følgende metode:

- Det blir gjort undersøkelser på forskjellige kortdistansemoduler.
- Det vil bli gjort en gjennomgang av krav for å finne funksjonaliteten som kortdistansemodulen skal ha.
- Modulene som vi finner egnet etter kravene vil bli satt opp mot hverandre i Pugh-matrise.
- Til slutt vil det bli gjort en konklusjon på hvilken modul som er best egnet.

## 3 Alternativer

Tabell 2: Alternativer

Navn	IR TSOP38238	RF A000053	XBee PRO ZNet 2.5	Ledning PFSP
Pris	10, <sup>1</sup>	6,- <sup>6</sup>	300,- <sup>5</sup>	22,- per meter <sup>7</sup>
Operativt temperaturspekter	-25 til 85°C <sup>2</sup>	-25 til 85°C <sup>6</sup>	-40 til 85°C <sup>4</sup>	Ikke oppgitt, men er beregnet for utendørsbruk. <sup>7</sup>
Rekkevidde	<4 meter <sup>3</sup>	< 200 meter <sup>6</sup>	<1,6 km <sup>4</sup>	∞
Elektronisk støy	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt
Utstrålt emisjon	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt
Tilgjengelighet	ebay.com/ sparkfun.com	Ebay.com	Uk.rs-online.com	http://www.jula.no

I tabellen over er prisverdiene oppgitt i NOK.

Vi har i tabellen over tatt for oss fire forskjellige alternativer til kommunikasjon over kort distanse. Vi har valgt å drøfte/sammenligne disse fordi vi tror og mener at disse er de vanligste måtene å sende data over korte avstander. Det er da tatt med i begrunnelsen at vi bruker en Arduino som mikrokontroller og derfor må kommunikasjonssystemet være kompatibelt med den. Vi har også foretatt en del søk innen dette feltet på blant annet ebay.no, arduino.cc, sparkfun.com og diverse arduino prosjektforum. Ut fra disse søkene ser vi at disse fire enhetene er de mest omtalte. Vi går derfor ut i fra at disse også er de billigste og mest brukte alternativene.

## 4 Resultater

Batteripakken til systemet vårt skal stå på land, mens turbinenheten vår ligger i vannet, avstanden mellom disse kan derfor variere ut fra terrenget på land eller vannstrømmen. Denne avstanden vil mest sannsynlig ikke være større enn 30 meter. Vi ser ut i fra tabell 2 at IR derfor ikke er et alternativ vi kan bruke.

Prosjektet har liten økonomi, vi velger derfor enheter som er så billige som mulig, men som likevel oppfyller kravene våre. Når det kommer til dette er det 2 alternativer som skiller seg ut. Men ettersom IR allerede er utenfor på rekkevidden har vi bare RF igjen som er merkbart billigst.

Alle de tre siste alternativene oppfyller kravene våre. Det er også veldig lite data som skal sendes. Vi trenger derfor liten båndbredde, noe som ofte betyr billigere og mer energisparende deler.

De forskjellige modulene er satt opp med spesifikasjoner knyttet til kravene der hvor det er hensiktsmessig.

Det er ikke sett på modulenes utstrålte emisjon og elektronisk støy da det er vanskelig å få tak i disse dataene uten å fysisk teste selv. Derfor vil ikke kravene 3.3.1.2 og 3.3.1.3 bli tatt med i diskusjonen under.

## 5 Diskusjon og konklusjon

Under er det satt opp en Pugh-matrise hvor vi går gjennom de modulene som klarer kravene satt opp for kortdistansemodulen. Ut over kravene ser vi også på pris, da dette er en viktig del av prosjektet, og noe oppdragsgiveren vår har fokus på.

Tabell 3: Pugh-matrise

Navn	IR TSOP38238	RF A000053	XBee PRO ZNet 2.5	Ledning PFSP
Pris:	5	5	1	2
Operativt temperaturspekter:	5	5	5	5
Rekkevidde	1	5	5	5
Tilgjengelighet	4	4	2	5
<b>Sum:</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>13</b>	<b>17</b>

Poengskalaen går fra 1-5, hvor 5 er best.

Ut i fra Pugh-matrisen i tabell 3 konkluderer vi med at RF modulen er den som er best egnet til vårt formål som kortdistansekommunikasjonssystem.

Denne enheten oppfyller alle krav og utfører de oppgavene vi trenger av systemet. Den er i tillegg veldig billig.

## 6 Referanser

1. [http://www.ebay.com/itm/IR-Infrared-Obstacle-Avoidance-Sensor-Module-for-Arduino-Smart-Car-Robot-3-wire-/381196765171?pt=LH\\_DefaultDomain\\_0&hash=item58c11907f3](http://www.ebay.com/itm/IR-Infrared-Obstacle-Avoidance-Sensor-Module-for-Arduino-Smart-Car-Robot-3-wire-/381196765171?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item58c11907f3), Ebay, 06.04.15
2. <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Infrared/tsop382.pdf>, SparkFun.com, 06.04.15
3. <https://learn.sparkfun.com/tutorials/ir-communication>, SparkFun.com, 06.04.15
4. <https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-2.5-Manual.pdf>, SparkFun.com, 06.04.15
5. <http://uk.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=electronics/ecs&file=DigiXBee>, RS, 06.04.15
6. [http://www.ebay.com/itm/1pcs-433Mhz-RF-transmitter-and-receiver-kit-for-Arduino-project-/371309617501?pt=LH\\_DefaultDomain\\_0&hash=item5673c7215d](http://www.ebay.com/itm/1pcs-433Mhz-RF-transmitter-and-receiver-kit-for-Arduino-project-/371309617501?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item5673c7215d), Ebay, 06.04.15
7. <http://www.jula.no/catalog/el-artikler-og-belysning/el-installasjon/kabelinstallasjon/installasjonskabler/pfsp-kabel-403136/>, Julia.no, 06.04.15

# Teknologidokument – Mikrokontroller

## 1 Innledning

Som styringsenhet til elektroniske systemer er det vanlig å bruke en mikrokontroller.

Mikrokontroller defineres som:

*“Mikrokontroller, en integrert krets som i tillegg til sentralenheten (prosessoren) til en datamaskin inneholder flere funksjonsblokker, f.eks. lager og inn–ut-enheter. En mikrokontroller trenger således færre tilleggskomponenter enn en mikroprosessor for å utgjøre en komplett datamaskin. Mikrokontrollere benyttes primært i elektroniske styreenheter i automatisering, og i mekatroniske systemer(1).*

Sikkerhetsfunksjonaliteten til turbinen er fastsatt til å være basert på elektronikk, ut fra dette er det derfor viktig å finne den beste mikrokontrolleren til å styre denne enheten. I dette dokumentet vil det bli gjort en gjennomgang av flere mikrokontrollere for å finne den som passer best for Strøm Til Watt sitt system. Det vil i hovedsak bli sett på mikrokontrollere med enkle grensesnitt og som er compatible med programmeringsspråk som gruppensmedlemmer behersker.

### 1.1 Krav

Tabell 1: Krav

Krav:	Beskrivelse:
3.2.2.2	Fullskala skal tåle i bruk tåle temperatur mellom 1 og 40 grader °C.
3.2.2.3	Fullskala system skal tåle en lufttemperatur på 60 °C i direkte sollys.
3.2.2.4	Fullskala skal kunne lagres i skur mellom -18 og 50 °C
3.3.1.2	Prototypen skal tåle feltstyrke 10V/m.(IEC 61000-4-3)
3.3.1.3	Prototypen skal ha grenseverdi mellom 80 – 52 dBµV/m.( CISPER 16-2)
3.4.1.1	Fullskala turbinenhet skal ikke veie mer enn 80 kg.
3.5.1.2	Prototypen og fullskala system skal kunne spores om nødvendig ved hjelp av GPS-koordinater om den f.eks. løsner eller blir stjålet.
3.7.2.1	Fullskalasystemets reservebatteri skal ha nok effekt til å drive en mikrokontroller i 72 timer uten bidrag fra strømgeneratoren.
3.7.3.1	GPS-koordinatene skal sendes gjennom GSM.
3.7.3.2	Systemet skal lagre informasjon i database på en server.



3.7.3.3	Systemet skal varsle bruker/eier av systemet dersom reservebatteri må benyttes.
3.7.3.4	Sikkerhetssystemet skal operere ut i fra en mikrokontroller.

Kravene som er knyttet til mikrokontrolleren er listet opp i tabellen over. Ut fra disse må vi ta hensyn til funksjonaliteten disse bringer med seg. Disse ser listet opp i tabellen under. Funksjonalitetene blir senere brukt i utvalgelse av mikrokontrolleren.

Tabell 2: Funksjonaliteter

Krav:	Funksjonalitet:
3.2.2.2	Brukstemperatur
3.2.2.3	Brukstemperatur
3.2.2.4	Brukstemperatur
3.3.1.2	Elektronisk støy
3.3.1.3	Utstråling
3.4.1.1	Vekt
3.5.1.2	Kobling opp mot elektroniske komponenter
3.7.2.1	Effektbruk
3.7.3.1	Koblingsmulighet mot GSM
3.7.3.2	Kobling opp mot elektroniske komponenter
3.7.3.3	Kobling opp mot elektroniske komponenter
3.7.3.4	Type

## 2 Metode

For å finne frem til den best egnede mikrokontrolleren i henhold til kravene over vil det bli brukt følgende metode.

- Det bli gjort undersøkelser på forskjellige mikrokontrollere.
- Det vil bli gjort en gjennomgang av kravene for å finne funksjonalitetene som mikrokontrolleren må ha. I tillegg blir det tatt hensyn til eventuelle krav til selve prosjektet.
- Mikrokontrollerne som synes egnet etter kravene vil bli satt opp mot hverandre i Pugh-matrise.
- Til slutt vil det bli gjort en konklusjon, og bestemt hvilke mikrokontroller som er best egnet.

## 3 Alternativer

Siden prosjektets ressursmengde blant annet har satt krav til at vi bruker en mikrokontroller med et enkelt grensesnitt har det blitt nødvendig å se bort i fra mikrokontrollere som ikke er ferdig sammensatt i en krets. Dette er fordi det ikke skal ta for mye ressurser fra prosjektet å bygge de elektroniske styringskomponentene. Vi har derfor valgt å se primært på mikrokontrolløsninger som er ferdig satt sammen, og har enkle grensesnitt.

Det er et ønske fra prosjektet at mikrokontrolleren skal være så billig som mulig grunnet et lavt budsjett. Generell kostnad for mikrokontrollerne blir derfor med som en faktor i beslutningen om hvilke mikrokontroller som blir valgt.

### 3.1 Arduino

Arduino er en mikrokontroller som du programmerer fra en IDE på en PC eller Mac. Arduino er kompatibelt med Windows, OSi og Linux. Arduino blir programert i C, og har ut fra faktorene over et enkelt brukergrensesnitt, med stor tilgjengelighet.

Det finnes 22 originale arduino mikrokontrollere som selges gjennom Arduino sitt merkenavn<sup>(2)</sup>. Disse er alle forskjellige med ulike spesifikasjoner.

Det har ikke vært mulig å finne et temperaturintervall som Arduino er spesifisert til å fungere innenfor, men etter å ha sett på databladet til ATmega328 som er mikrokontrolleren som Arduino er basert på står det at godkjente temperaturer er -40 til +80 grader celsius. Dette er et standard arbeidstemperaturintervall som man kan gå ut fra at de andre Arduino modellene også fungerer innenfor. Samtidig kan man regne med at de resterende mikrokontrollermerkene også gjør det samme. Hvis ikke annen informasjon om dette kommer frem.

Det har ikke vært mulig å finne informasjon om eller tall på om Arduino påvirkes av elektrisk støy mer enn andre elektroniske apparater. Strøm Til Watt har heller ikke mulighet til å måle

det. Dette punktet blir derfor ikke tatt med i betraktningene og kommer høyst sannsynlig ikke til å bli et problem.

Den elektronisk utstråling til Arduino produktene har det ikke vært mulig å finnen noen tall på, men dette er et populært kommersielt produkt som det selges et stort antall av hvert år. Medgründer av Arduino, David Cuatrecasas sa i et intervju i april 2013 at de hadde registrert 700 000 offisielle Arduino kontrollere<sup>(3)</sup>. Med en så stor gruppe mennesker som bruker produktet i tillegg til at det ikke har vært mulig å finne noen rapporterte saker relatert til elektronisk utstråling fra Arduino konkluderer Strøm Til Watt med at Arduino ikke lager plagsom, eller merkbar elektronisk stråling.

Det kommer ikke til å bli tatt hensyn til vekt når det blir sett på denne mikrokontrolleren eller de neste. Grunnen er at vekten er så liten sammenliknet med andre deler på turbinen og det er derfor lite å hente på å fokusere på dette som et utvelgelseskriterie.

Arduino har som de andre mikrokontrollerne under, mulighet til å koble seg til elektroniske komponenter mellom i/o porter av analog og digital type. Det Arduino kortet med mest porter er Mega 2560 og Mega ADK med 16 analoge inn porter og 54 digitale porter hvor 15 av disse kan brukes som innporter. Arduino har også mindre kort som har færre i/o porter, men som også er billigere.

Effektbruken til Aduino kortene blir det konkludert med er varierende grunnet alle de forskjellige størrelsene på kortene. Og det at de bruker mange forskjellige typer prossesorer. Det blir derfor mulig å velge et kort som har lav effektbruk hvis dette er ønskelig.

Grunnet at alle Arduinokort har et antall i/o porter kan vi også konkludere med at det går an å koble en GSM modul til en av disse portene.

Prisene til Arduino varierer ut i fra hvilke kort du skal kjøpe, men for å ta et kort som eksempel, Arduino Nano. Et kort som har 14 i/o porter og fungerer på opp til 20 V kan sies å være stort nok til å koble til det få antall komponenter et sikkerhetsystem skal ha tilkoblet. Dette korte har en pris på ebay for ca 18,- NOK med frakt<sup>(4)</sup>

Tabell 3, Spesifikasjoner

Brukergrensesnitt	Bra
Brukstemperatur	-40 - +80
Elektroniskstøy	-
Utstråling	Mest sannsynlig innen grensen for hva som er lov.
Vekt	-
Kobling opp mot elektroniske komponenter	Ja, gode muligheter hvis ønske om
Effektbruk	3.3V, 40mA
Koblingsmulighet mot GSM	Ja
Pris	18,-

### 3.2 RaspberryPI

Dette er en mikrokontroller som har tatt steget over mot datamaskin fra mikrokontroller. Derfor vil nok mange si at dette er en datamaskin, men den kan brukes akkurat som en mikrokontroller og det er på denne måten den primært blir brukt. Forskjellen fra Arduino er at denne mikrokontrolleren kan du koble skjerm, tastatur og mus direkte til og booter opp i linux.

Et problem med RaspberryPI (heretter kalt RPI) er at du kan ikke bare laste opp koden til enheten rett fra en datamaskin, men må enten være pålogget og kjøre den selv eller overføre på et minnekort. Den kan også programmeres til å kunne tilkobles over nettverket, men dette er et systemoppsett som må konfigureres selv, og er ikke automatisk satt opp. Det kan derfor sies at brukergrensesnittet for programmering av RPI'en hvis man ikke har ekstra skjerm og tastatur kan være vanskelig. Dette blir sett på som en negativ ting for brukergrensesnittet.

RPI har som de andre mikrokontrollerne flere i/o porter, men også lydkort. Ut over dette har denne også flere tilkoblingsmuligheter, men disse er ikke nevnt grunnet at de ikke har relevanse til krav eller oppgaven. RPI kan programmeres med alle programmeringsspråk som er kompatible med linux<sup>(2)</sup>.

Brukstemperaturen til RPI tyder på å være en akilleshæl. På en nettside som omhandler RPI-prosjekter som blir produsert av ibexuk.com(en elektronikkprodusent) blir det forklart at "LAN9512" en del på RPI B kortet ikke er konstruert innenfor industristandard. Kortet har derfor et arbeidstemperaturintervall fra 0 - 70 °C. Dette kan tyde på at dette også er tilfellet for flere av RPI kortene selv om dette ikke er bekreftet. For å være på den sikre siden blir alle RPI kortene klassifisert med denne feilen.

Det har ikke vært mulig å finne noen tall på at RPI kortene påvirkes av elektronisk støy. Det er heller ikke vært mulig å finne ut om de samme kortene har noen form for elektronisk utstråling som påvirker elektronisk utstyr eller levende vesner i sin nærhet.

Vekten blir ikke tatt med som en faktor grunnet samme konklusjon som i avsnittet om Arduino.

Det er ingen problemer å koble elektroniske komponenter til noen av RPI kortene. Alle kortene har flere i/o porter enn det sikkerhetssystemet kan tenkes å bruke. Som et eksempel har RPI 2 model B som er den siste av modelene som har kommet ut har rett under 40 i/o porter<sup>(5)</sup>.

Effektbruken til RPI er det vanskelig å si noe om uten å vite hva som er koblet til den, men RPI går ut fra at kortene bruker mellom 700 -1000 mA ved 5V<sup>(6)</sup>. Det vil si en effekt på ca 4 W(0,85 A \* 5V). Dette resultatet kan selvfølgelig variere betraktelig.

Oppkoblingsmuligheten av GSM er stor grunnet et stort antall i/o porter.

For å se på de billigste alternativene av RPI kort har det blitt sett på Ebay og funnet den laveste prisen tilgjengelig. De billigste modelene av RPI som fortsatt er brukbare for bruk til sikkerhetssystem kostet helt ned til 150,- NOK med frakt<sup>(2)</sup>.

Tabell 4: Spesifikasjoner

Brukergrensesnitt	Må ha egen skjerm eller nettverkstilkobling
Brukstemperatur	0 - 70 °C
Elektroniskstøy	-
Utstråling	Mest sannsynlig innen grensen for hva som er lov.
Vekt	-
Kobling opp mot elektroniske komponenter	-
Effektbruk	4 W
Koblingsmulighet mot GSM	Ja
Pris	150,- NOK

### 3.3 BeagleBone Black

Denne mikrokontrolleren i likhet med RaspberryPI er en mikrokontroller som kan brukes som en datamaskin, men må kobles opp til skjerm, tastatur og mus. I tillegg til dette kan du koble den direkte til USB porten på datamaskinene din og kopierer rett inn på det interne minne til kortet. Kortet vil da først komme opp som en ekstern harddisk. Man kan også gjennom USB tilkoblingen bruke en SSH eller telnet klient til å kommunisere med operativsystemet på mikrokontrolleren. BeagleBone Black (heretter kalt BBB) er også kompatibel med alle programmeringsspråk som er kompatible med Linux. Dette gjør at den er haket mer brukervennlig og har et bedre brukergrensesnitt enn RaspberryPI.

Brukstemperaturen til BBB er rapportert til å være 0- 70 °C <sup>(7)</sup> av Embest som er en elektronikkdistributør som holder til i Storbritannia.

Som i de foregående delkapitlene blir også her motstandsdyktighet mot elektronisk støy, elektronisk utstråling og vekt noe vi hopper over i analysen.

Prisen på BBB på ebay ligger på rundt 400,-<sup>(8)</sup>.

BBB har 92 porter man kan koble seg til, mer enn alle Arduinokortene og RPI<sup>(9)</sup>. Dette gjør at man både har mulighet til å koble seg til generelle elektroniske komponenter, og samtidig en GSM-modul.

Effektbruken til BBB er rapportert av Arch Linux som er en Linux distribusjon til å være 210-460mA og 5V. Dette varierer nok igjen en del ut fra hvor mange ekstrakomponenter man har koblet til BBB, men ut fra denne kilden er effektbruken på rundt 1,67 W(((0,460A - 0,210A) + 0,210A)\*5 V)).

Tabell 5: Spesifikasjoner

Brukergrensesnitt	Bra, kan kobles direkte til datamaskin
Brukstemperatur	0 - 70 °C
Elektroniskstøy	-
Utstråling	Mest sannsynlig innen grensen for hva som er lov.
Vekt	-
Kobling opp mot elektroniske komponenter	Gode muligheter for tilkobling
Effektbruk	1,67 W
Koblingsmulighet mot GSM	Gode muligheter for tilkobling
Pris	ca 400,- NOK

## 4 Resultater

I Pugh-matrisen under blir det brukt en poengskala fra 1-5 hvor 5 er best. Poengene blir lagt til med begrunnelse i foregående delkapitler.

Tabell 6: Pugh-matrise

Alternativ:	Arduino	RaspbaryPi	BeagleBone Black
Brukergrensesnitt	4	2	4
Brukstemperatur	5	5	5
Elektronisk støy	0	0	0
Utstråling	0	0	0
Vekt	5	4	4
Kobling opp mot elektroniske komponenter	5	5	5
Effektbruk	5	2	1
Koblingsmulighet mot GSM	5	5	5
Pris	5	3	2
Grensesnitt	5	3	5
Sum	35	27	27

## 5 Diskusjon og konklusjon

Hvis vi ser på Pugh-matrisen i delkapitlet over kan vi konkludere med at Arduino er den mikrokontrolleren Strøm Til Watt burde bruke. Viktigheten av kriteriene i Pugh-matrisen kan være varierende. Disse variere nok litt, men dette er minimalt og ikke nok til at dette går ut over riktigheten av Pugh-matrisen.

Konklusjonen blir derfor at Arduino er mikrokontrollertypen som blir brukt i produksjonen av sikkerhetssystemet.

## 6 Referanser

1. Andersen PB. mikrokontroller <https://snl.no/mikrokontroller>: Store norske leksikon; 2009 [06.05.15].
2. <http://www.arduino.cc/en/Products.Compare> [06.05.15].
3. Arduino FAQ – With David Cuartielles <http://medea.mah.se/2013/04/arduino-faq/>: medea.se; [06.05.15].
4. Sales Mini USB Nano V3.0 ATmega328P 5V 16M Micro Controller Board For Arduino [http://www.ebay.com/itm/Sales-Mini-USB-Nano-V3-0-ATmega328P-5V-16M-Micro-Controller-Board-For-Arduino-/291305515445?pt=LH\\_DefaultDomain\\_15&hash=item43d32969b5](http://www.ebay.com/itm/Sales-Mini-USB-Nano-V3-0-ATmega328P-5V-16M-Micro-Controller-Board-For-Arduino-/291305515445?pt=LH_DefaultDomain_15&hash=item43d32969b5): ebay; [06.05.15].
5. RASPBERRY PI 1 MODEL B+ <https://www.raspberrypi.org/products/model-b-plus/>: raspberrypi; [06.05.15].
6. FAQs <https://www.raspberrypi.org/help/faqs/#powerReqs>: raspberrypi; [06.05.15].
7. Accessories <http://www.embest-tech.com/shop/star/element14-beaglebone-black-rev-c.html>, : Embest; [06.05.15].
8. beaglebone black <http://www.ebay.com/sch/i.html?from=R40&sacat=0&nkw=beaglebone+black&sop=12>: ebay; [cited 06.05.15].
9. BeagleBone Black <http://beagleboard.org/black>, : beaglebone; [06.05.15].



# Teknologidokument – Software webside

## 1 Innledning

Hjemmesiden er tenkt som en plattform hvor eiere av produktet kan logge seg inn med en personlig bruker, for å motta koordinatene for hvor deres enhet befinner seg. Dette er ment som en sikkerhet med tanke på brukere som ikke er i nærheten av enheten til en hver tid (for eksempel hytteeiere som bare er på hyttene sine en gang i måneden). Er man avhengig av strømmen som kommer fra enheten så kan det få store konsekvenser om den er stjålet eller er ute av posisjon. Det kan føre til at brukeren ikke har strøm tilgjengelig når eieren kommer til hytten. Om enheten blir stjålet skal brukeren varsles med en sms på mobilen. Brukeren skal så kunne spore posisjonen til enheten ved å logge inn med sin bruker på hjemmesiden, for så å kunne se på et kart hvor den befinner seg.

Den delen av hjemmesiden som er offentlig for alle vil inneholde informasjon om prosjektet og bachelorgruppa. Den vil bli oppdatert med bilder fra tester som blir gjort og kontaklinformasjon.

Som nevnt i teknologidokumentet om langdistansekommunikasjon er det bestemt at vi skal bruke GSM-nettet til sending av informasjon om lokasjon til enhetene. Databasen/websiden må derfor kunne få kontakt med GSM-nettet for å få tak i disse dataene.

### 1.1 Krav

Tabell 1: Krav til Software

Krav:	Beskrivelse:
3.5.1.2	Prototypen og fullskala system skal kunne spores om nødvendig ved hjelp av GPS-koordinater om den f.eks. løsner eller blir stjålet.
3.7.1.1	GPS skal gi posisjonskoordinatene til systemet når det er ønskelig.
3.7.3.1	GPS-koordinatene skal sendes gjennom GSM.
3.7.3.2	Systemet skal lagre informasjon i database på en server.

## 2 Metode

### 2.1 Software

Hjemmesiden skal skrives i HTML/PHP/SQL. For å velge hvilket program (software) som skal brukes til dette er det valgt følgende metode:

- Det blir gjort undersøkelser på hvilke programmer som er mest brukt til hjemmesidecoding og hvorfor.
- Programmene veies opp mot brukervennlighet og ettersom det er et begrenset økonomisk budsjett for prosjektet er også pris en faktor i utvelgelsen.
- Programmene og hensynene som må vurderes settes opp mot hverandre for så å ta et valg ut fra hvilket program som passer best ut fra kriteriene våre.

### 2.2 Web server:

Web serveren skal lagre databaser og websiden til prosjektet. Den skal være online til en hver tid og som med software skal den være så billig som mulig.

- Det blir gjort undersøkelser innen webservere.
- Alternativene blir satt opp mot hverandre, og det blir gjort en konklusjon.

## 3 Alternativer

### 3.1 Software

Her er det veldig mange programmer man kan velge mellom. Da det tar for lang tid å vurdere alle har vi valgt å sammenligne de 3 vanligste og mest populære.

Dreamviewer er kanskje den største og mest populære. Av de programmene vi har vurdert er dette den med best brukervennlighet. Dette er programmet hvor man trenger minst programmeringskunnskaper i forhold til de andre. Det er raskere å lage hjemmeside i dette programmet ettersom du enkelt kan legge til funksjoner og designe ved hjelp av maler som programmet har. Du trenger derfor ikke å kode alt for "hånd". Det største minuset ved dette programmet er at det koster penger.

Notepad er også et vanlig program å bruke til denne type programmering. Grunnen til dette er nok fordi det er veldig tilgjengelig ettersom det er preinstallert på alle Windows pc'er. Det største minuset ved dette programmet er at det er lite brukervennlig, ettersom det ikke er spesielt tilpasset denne typen koding. Det inneholder derfor ingen maler og hjelpefunksjoner, noe de andre alternativene gjør.

Aptana er et program beregnet og tilpasset for html-koding. Det er ikke like brukervennlig som Dreamviewer, da man må kunne litt mer koding for å opprette funksjoner og kommandoer. Det ligger maler inne som hjelper deg med å fylle inn variabler og funksjoner. I motsetning til Dreamviewer er dette programmet gratis.

### 3.2 Web-server

En Synology server, er en server vi styrer, administrerer og setter opp selv.

Lagringskapasiteten på serveren kan enkelt utvides hvis det er et ønske om det. Dette blir gjort ved å installere flere eller større harddisker. Ettersom en på gruppa allerede eier en slik server, vil denne løsningen være gratis. Databaseadministreringen på serveren styres ved phpmyadmin.

Skolens server er også ett gratis alternativ. Denne bruker også phpmyadmin som gjør at det er enkelt å administrere databasene. Ettersom skolen flytter i juni vil det være usikkert hvordan det blir med web serverene deres, om de flyttes eller byttes ut. Det blir uansett en offline periode. Det er vanskelig å administrere serverområdet uten at man er på skolens nett grunnet brannmurinnstillingene til skolen.

Arvix er en web server host hvor man betaler en månedssum på 33 kr per for å leie ett webområde. Funksjonaliteten blir akkurat som om man skulle hatt en server hjemme. I den månedlige prisen får du også brukersupport av Arvix. Dette kan gjøre at man sparer masse tid.

## 4 Resultater

### 4.1 Web-server

Tabell 2: Spesifikasjoner

	Synology	Skolens server	Arvix online server
Pris	Gratis	Gratis	33 kr per/mnd <sup>(1)</sup>
Størrelse	6 tb	?	uendelig
Tilgjengelighet	Er online så lenge den har tilgang til nettet.	Er online så lenge skolenettet er online. Skolen flytter i juni, Er derfor usikkert hvor lenge den er online	99.9% online
Brukervennlighet	Bra	Medium	Bra

### 4.2 Software

Tabell 3: Spesifikasjoner

	Dreamweaver	Aptana	Notepad
Pris	189 per/mnd <sup>(2)</sup>	Gratis <sup>(3)</sup>	Gratis
Brukervennlighet	Bra	Medium	Vanskelig

## 5 Konklusjon

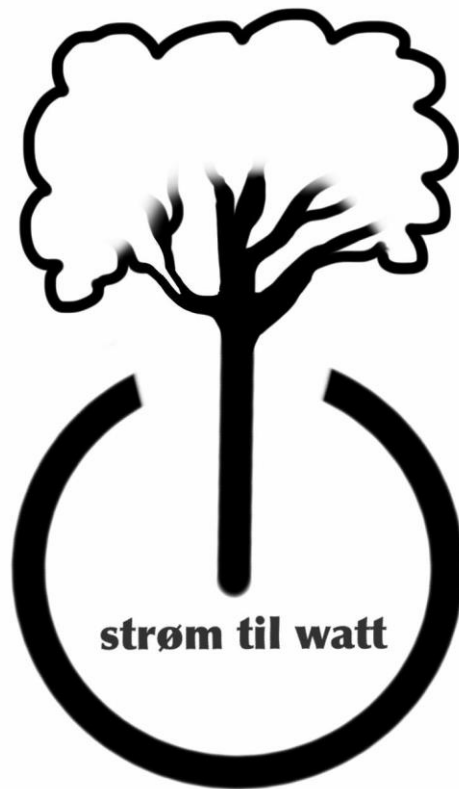
Aptana er valgt til softwaret vi skal bruke. Det er fordi det er gratis som er en viktig faktor ettersom vi har lite økonomiske midler og den har god brukervennlighet. Notepad ble valgt bort i hovedsak på grunn av brukervennligheten. Mens Dreamviewer hadde vært førstevalg hadde det ikke vært for prisen.

Når det gjelder webserver har vi valgt å gå for Synology. Dette fordi den er gratis og brukervennligheten er bra med tanke på at eier av serveren er i gruppa og kan systemet webserveren ligger på. På grunn av økonomi ble ikke Arvix valgt. Skolens server ble ikke valgt på grunn av at skolen flytter i juni og da vil serveren være offline i en periode eller kanskje bli byttet ut noe som skaper for mye usikkerhet knyttet til dette valget. Den største usikkerheten ved Synology er at de som styrer nettet der serveren står kan ha nedetid og server blir derfor utilgjengelig. Dette skjer ikke ofte, men kan forekomme. Per dags dato er den koblet til nett fra GET som har en oppetid-garanti på 99,6%<sup>(4)</sup> som er noe lavere enn Arvix sin på 99.9%<sup>(1)</sup>

## 6 Referanser

1. arvixe web hosting <http://www.arvixe.com/>: arvixe.
2. Webområdeutvikler <http://www.adobe.com/no/products/dreamweaver.html>.
3. aptana <http://www.aptana.com/index.html>: aptana.
4. get <https://www.get.no/bedrift/internett>: get.

# Designndokument



## Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Dokumenthistorie .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Innledning.....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Det ferdige produktet.....</b>	<b>8</b>
3.1	Det ferdige produktet .....	8
<b>4</b>	<b>Undersystemer .....</b>	<b>9</b>
4.1	Ramme .....	9
4.2	Rotor.....	18
4.3	Synlighet.....	22
4.4	Generator .....	25
4.5	Generatorhus med fester til turbinrør .....	28
4.6	Beskyttelsessystem .....	31
4.7	Off-grid system .....	32
4.8	Oppbevaring off-grid system .....	50
4.9	Forankring til land .....	53
4.10	Aksellås .....	55
4.11	Kraftoverføring .....	64
4.12	Sikkerhetssystemet.....	71
4.13	Batteriovervåking .....	89
<b>5</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>102</b>

## Vedlegg

Vedlegg A – Kode modul 1

Vedlegg B – Kode modul 2

Vedlegg C – Vedlikeholdsskjema

Vedlegg D – Materialanalyse

Vedlegg E – Krefter på fullskala modell

## Figuroversikt

Figur 1: Produktmodell .....	8
Figur 2: Festepunkt .....	9
Figur 3: Turbinrør .....	9
Figur 4: Festepunkter på turbinrammen .....	15
Figur 5: 2D-tegning på festet som holder flyteelementet festet til rammen .....	17
Figur 6: 2D tegning av klemmen som holder flyteelementet fast .....	17
Figur 7: Akselkanal .....	21
Figur 8: Viser fargene valgt for synlighet .....	22
Figur 9: Eksempel på utforming av skilt.....	24
Figur 10: Valgt generator (4) .....	25
Figur 11: Planetær girboks .....	26
Figur 12: Viser generatorhus med fester til turbinrør .....	28
Figur 13: Viser hull for innfesting av generator .....	28
Figur 14: Tverrsnitt av akseltetning påmontert aksel .....	29
Figur 15: Beskyttelsessystem.....	31
Figur 16: Enhet installert ved elven .....	32
Figur 17: Enhet installert i boenhet.....	32
Figur 18: LT3790 konfigurasjon.....	33
Figur 19: Regulering av utgangsspenning .....	34
Figur 20: Motstander for 15V ut.....	34
Figur 21: Kretsskjema for Buck Boost Regulator .....	35
Figur 22: Viser simulering av kretsen med $V_{in} = 25V$ .....	36
Figur 23: Oppbygning av Ladekontroller.....	37
Figur 24: Kretsskjema Ladekontroller (CSEagle).....	38
Figur 25: Simulering av Ladekontroller .....	40
Figur 26: Oversikt for energisystem til mikrokontroller .....	42
Figur 27: Kretsskjema for spenningsregulator (tegnet i CSEagle) .....	43
Figur 28: Simulering av Spenningsregulator (LTspice) .....	43
Figur 29: Clayton Power 100Ah lithium Ion Batteri .....	45
Figur 30: kretsskjema og simulering av DC/AC omformer .....	47
Figur 31: Oppbevaringsboksen for strømstyringssystem, batterier og dump-load. ....	50
Figur 32: Dokkingstasjon til Konsept #2 - portabelt system .....	51
Figur 33: Forankringssystem.....	53
Figur 34: Endelig design av aksellås .....	55
Figur 35: 2D-tegninger av aksellås.....	56
Figur 36: Skrue med håndtak .....	58
Figur 37: Gjengerør og feste .....	59
Figur 38: 2D-tegninger av bremsekloss.....	60
Figur 39: Krefter på akselen .....	61
Figur 40: Kalkulator – Skruekobling.....	63
Figur 41: Parameteroversikt .....	67
Figur 42: Spesifikasjoner - Rullelager.....	68
Figur 43: FEM analyse - Aksel .....	69
Figur 44: 2D bilde – aksel .....	70
Figur 45: Flow-chart sikkerhetssystem .....	72



Figur 46: ASMD-chart av sikkerhetssystem på turbinrammen. ....	75
Figur 47: Koblingsskjema av sikkerhetssystemet på turbinrammen.....	76
Figur 48: Forside webside.....	77
Figur 49: Den første malen for utseende av websiden. ....	78
Figur 50: Navigasjonslinjen .....	79
Figur 51: Bilde av hvordan database er bygget opp .....	80
Figur 52: Bilde av strukturen til database i phpMyadmin .....	80
Figur 53: Footeren på websiden, med navnet på eieren/ produsenten av nettstedet.....	81
Figur 54: Bilde av bildefremviseren, templatene er fra <a href="http://www.jssor.com/download.html">http://www.jssor.com/download.html</a> .	82
Figur 55: Logg in vindu.....	83
Figur 56: Bilde av navigasjonslinjen når bruker har logget seg inn .....	83
Figur 57: Bilde av “min side” som man trenger passord for å få tilgang til.....	84
Figur 58: Navigasjonslinje med log ut valg .....	85
Figur 59: 3D tegning av hvordan sikkerhetsbeholderen med sikkerhetssystem inni sitter på turbinrammen.....	87
Figur 60: Batteriovervåkning – Sender .....	90
Figur 61: Demonstrasjonsfigur - Sender.....	90
Figur 62: Sender (mål i mm).....	91
Figur 63: RF-sender og -mottaker (11).....	93
Figur 64: Kretsskjema modul 1 - Batteriovervåkning .....	96
Figur 65: Kretsskjema modul 2 – Batteriovervåkning.....	97
Figur 66: Lokk .....	98
Figur 67: Boks.....	99

## Tabelloversikt

Tabell 1: Deltakeroversikt.....	6
Tabell 2: Spesifikasjoner - Ferdig produkt .....	8
Tabell 3: Spesifikasjoner - Rør .....	9
Tabell 4: Materiale - Rør .....	10
Tabell 5: Spesifikasjoner - Plate .....	10
Tabell 6: Materiale - Plate .....	10
Tabell 7: spesifikasjoner - Ring .....	11
Tabell 8: Materiale - Ring .....	11
Tabell 9: Spesifikasjoner - M8 Bolt .....	11
Tabell 10: Materiale - M8 Bolt .....	12
Tabell 11: Spesifikasjoner - Flyteelement.....	12
Tabell 12: Materiale - Flyteelement .....	12
Tabell 13: Spesifikasjoner - Rotor .....	18
Tabell 14: Materiale - Rotor.....	18
Tabell 15: Materialelegenskapene til E-glass(3).....	20
Tabell 16: Pughmatrise - Synlighet.....	23
Tabell 17: Synlighet - Valg av farger .....	24
Tabell 18: Spesifikasjoner - Generator .....	25
Tabell 19: Spesifikasjoner for girboks.....	26
Tabell 20: Sammenheng mellom inngangsstrøm og -motstand .....	34
Tabell 24: NE555 timer .....	38
Tabell 25: Beskrivelse av kontaktpinner .....	39
Tabell 26: Effektkurve Generator.....	41
Tabell 27: Spesifikasjoner til dummyload .....	41
Tabell 28: Dummyload (3) .....	41
Tabell 29: AGM solar 290 (Hentet fra sparelys.no).....	44
Tabell 30: Spesifikasjoner hentet fra produsentens hjemmeside (1).....	45
Tabell 31: Effektreknskap .....	46
Tabell 32: Spesifikasjoner - Aksellås .....	57
Tabell 33: Deleliste - Aksellås .....	57
Tabell 34: Materialelegenskaper AISI 316, hentet fra SolidWorks.....	62
Tabell 35: Spesifikasjoner - Kraftoverføring.....	64
Tabell 36: Materialspesifikasjon hentet fra SolidWorks.....	66
Tabell 37: Komponenter til sikkerhetssystemet på turbinenheten .....	88
Tabell 38: Komponenter til webside .....	88
Tabell 39: Spesifikasjoner - Batteriovervåkning.....	92
Tabell 40: Mottaker - Spesifikasjoner .....	93
Tabell 41: Sender - Spesifikasjoner.....	94

Strøm til Watt	12.05.15
Designdokument	Versjon 1.0

## 1 Dokumenthistorie

Versjon	Dato	Ansvarlig
1.0	13.05.2015	JG

Tabell 1: Deltakeroversikt

Navn	Initialer
Andreas Blakstad	AB
Jo Nysæter	JN
Joel Gøransson	JG
Jonas H. Pedersen	JHP
Marte Rognerud	MR
Mats F. Evensen	MFE

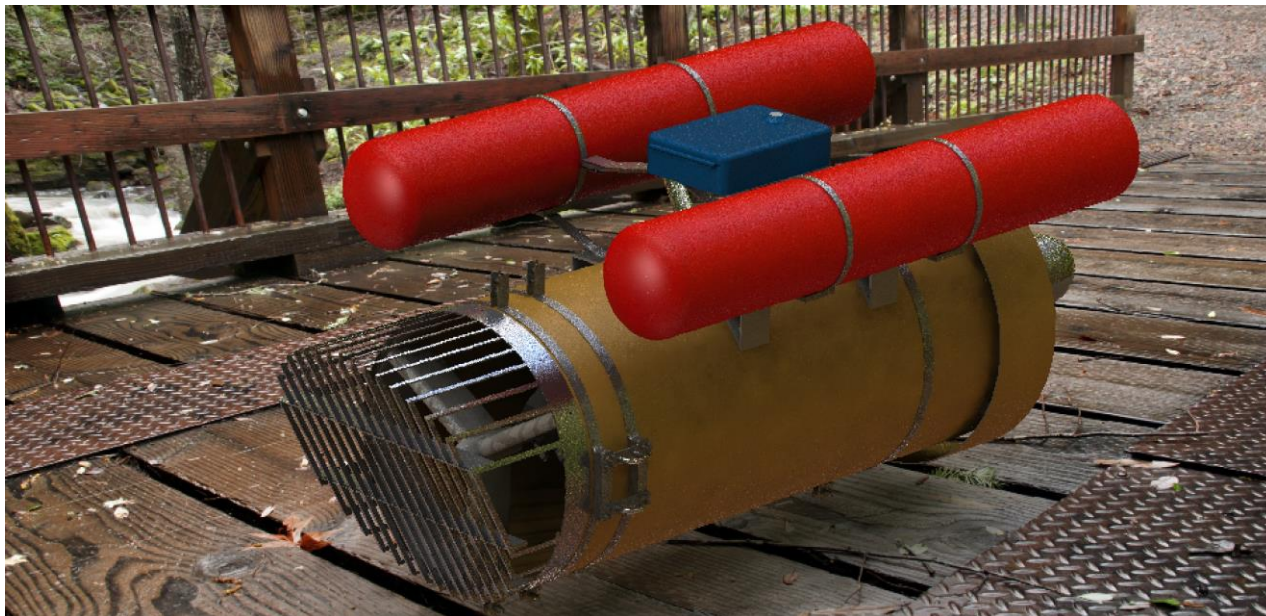
## 2 Innledning

Knut Henrik Skramstad ga i begynnelsen av 2015 en oppgave om å utvikle et hydrokinetisk kraftverk. Vi tok utfordringen og gikk i dialog med oppdragsgiver som ga oss sine første krav til produktet. Han ønsket seg et enkelt, billig og pålitelig system som skal kunne settes ut i et vassdrag av tre til fire personer. Kraftverket skulle utnytte den kinetiske energien i rennende vann og ikke demme opp vannet slik som tradisjonelle vannkraftverk. Da vi gikk i gang med oppgaven fant vi ut at det foregikk mye forskning på dette området, men da dreide det seg gjerne om store installasjoner for kommersiell bruk. Dette prosjektet har tatt for seg et portabelt kinetisk vannkraftverk tiltenkt hyttemarkedet som et alternativ til solcellepanel. Eller som et energisupplement for en bolig.

Dette dokument tar for seg designavgjørelser knyttet til det portable vannkraftverket. Kraftverket er utviklet av prosjektgruppen Strøm til Watt i perioden 5. januar til 19. mai, 2015. Dokumentet omhandler vannkraftverket som et ferdig produkt og beskriver de ulike komponentenes design samt prosessen frem til det endelige designet. Designet til de ulike komponentene bygger på avgjørelser tatt i tenknologidokumentene for de ulike undersystemene. Kapitlene beskriver hvilken funksjon subsystemet har og det er beskrevet nærmere hvilke utregninger/vurderinger som ligger til grunn for de valg som er tatt i henhold til dimensjonering, materialvalg og utforming.

### 3 Det ferdige produktet

#### 3.1 Det ferdige produktet



Figur 1: Produktmodell

#### Spesifikasjoner:

Tabell 2: Spesifikasjoner - Ferdig produkt

Vekt	78,7	kg
Lengde (inkl gitter)	1980	mm
Lengde (transport)	1275	mm
Høyde	630	mm
Diameter rotor	500	mm
Effekt (ved 1,5 m/s)	70	watt

Enheten er 1980 mm lang inkludert beskyttelse. Dette målet er fra spissen på beskyttelsen til generatorens bakre kant. Under transport kan disse komponenter enkelt skrus av. Det er også mulig å skru av flyteelementene. Den totale vekten er 78 kg og holdes opp av to flytelementer som har en samlet løftekraft på 100 kg. Enheten leverer 70 watt elektrisk energi ved en vannstrøm på 1,5 m/s.

## 4 Undersystemer

### 4.1 Ramme

#### 4.1.1 Endelig design

Turbinrammen er systemet som holder de forskjellige undersystemene på plass. Komponenter som tilhører turbinrammen er røret som omkranser rotoren. Dette røret er først og fremst til for å beskytte rotoren mot å bli skadet ved at den slår i bunn eller at andre gjenstander kommer i kontakt med rotoren. Festepunktet for forankringslinen og turbinenheten er av så stor viktighet at den er tatt med som en egen del i designdokumentet. Flyteelementene er de enhetene som skal holde turbinrammen flytende.

#### Illustrasjoner:



Figur 3: Turbinrør




Figur 2: Festepunkt

#### 4.1.2 Komponenter rør

Tabell 3: Spesifikasjoner - Rør

Vekt:	16884 [g]
Mål (ØinnxØutxLengde)	(500x505x1215) [mm]

Tabell 4: Materiale - Rør


		
	<b>E-Glassfiber</b>	
	<b>Verdi</b>	<b>Enhet</b>
	E-modul:	63
	Massetetthet:	2770
	Strekkfasthet:	1000
	Flytegrense:	N/A
		N/A

**Plate**

Tabell 5: Spesifikasjoner - Plate

Vekt:	60 [g]
Mål (BxHxL) [mm]	25x3x125[mm]

Tabell 6: Materiale - Plate

		
	<b>AISI 316- rustfritt stål</b>	
	<b>Verdi</b>	<b>Enhet</b>
	E-modul:	193 000
	Massetetthet:	8000
	Strekkfasthet:	580
	Flytegrense:	172,4
	Poissons tall:	0,27
		N/A


Strøm til Watt	12.05.15
Designdokument	Versjon 1.0

### Ring

Tabell 7: spesifikasjoner - Ring

Vekt:	70 g
Mål (BxHxØ) [mm]	40x50x10

Tabell 8: Materiale - Ring

		
	<b>AISI 316- rustfritt stål</b>	
	<b>Verdi</b>	<b>Enhet</b>
	E-modul:	193 000 MPa
	Massetetthet:	8000 kg/m^3
	Strekkfasthet:	580,00 MPa
	Flytegrense:	172,40 MPa
Poissons tall:	0,27	N/A

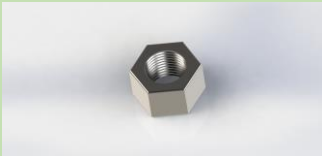
### M8-bolt

Tabell 9: Spesifikasjoner - M8 Bolt

Vekt:	4,22 g/3,65 g
Mål:	Standard M8/M10



Tabell 10: Materiale - M8 Bolt


		
	<b>AISI 316-rustfritt stål</b>	
	<b>Verdi:</b>	<b>Enhet:</b>
E-modul:	193 000	MPa
Massetetthet:	8000	kg/m <sup>3</sup>
Strekfasthet:	580,00	MPa
Flytegrense:	172,40	MPa
Poissons tall:	0,27	N/A

**Flyteelement:**

Tabell 11: Spesifikasjoner - Flyteelement

Vekt:	3808g
Mål (LxØ):	(1500mm x 300mm)

Tabell 12: Materiale - Flyteelement

		
	<b>Polypropylen</b>	
	<b>Verdi:</b>	<b>Enhet:</b>
E-modul:	1139-1553	MPa
Massetetthet	913	kg/m <sup>3</sup>
Strekfasthet	31-41	MPa
Flytegrense	31-37	MPa
Poissons tall	N/A	N/A

#### 4.1.2.1 Materialbeskrivelse

Materialet på røret er av glassfiberforsterket polyester. Glassfiber har høy styrke og har lav tetthet. En vanlig type glassfiber er E-glass. E-glassfiber er en sammensetning av SiO<sub>2</sub> (Silisiumoksid) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Aluminiumoksid) og CaO (kalsiumoksid). Sammen med polyester bygges en kompositt som har gode egenskaper til denne applikasjonen.

I festeringen som er lenken mellom forankring mot land, og i rotoren så er det valgt et rustfritt material AISI 316. Det er en jernbasert legering med minst 10,5% krom og har sin karakteristikk gjennom en tynn kromrik oksidfilm. AISI 316 er en universell legering med en austenittisk FCC struktur. Det er tilsatt Molybden for å øke korrosjonsbestandigheten og en redusert karbonandel gjør at korrosjonsbestandigheten øker for sveisede konstruksjoner.<sup>(1)</sup>

I flyteelementene så er det valgt å bruke polypropylen (PP)<sup>1</sup>. Denne polymer er et prisgunstig materiale med meget gode fysiske, mekaniske, termiske og elektriske egenskaper som er unikt for PP. PP har lav vannabsorpsjonsgrad.

I ringplaten er det også valgt å bruke AISI 316. Dette for å unngå eventuell galvanisk korrosjon mellom metaller med ulik plassering i spenningsrekka.

#### 4.1.2.2 Innledning

Rammeverket omfatter blant annet røret som dekker rotoren og de festen som er i kontakt med dette. Festet er til for å holde det hydrokinetiske kraftverket på en bestemt plass i elven. Det er dimensjonert til å kunne oppta de kreftene som virker på turbinkonstruksjonen ved vannhastigheter opp mot 5 m/s. Flyteelementene holder ramma på et gitt dyp under vannoverflaten.

#### 4.1.2.3 Metode

##### Turbinramme

Rammen er en produkt av en utvelgelsesprosess der det er brukt Pugh-matriser til å finne ut den beste løsningen for rammesystemet. I betraktningene er det vurdert om konstruksjonen skal være under eller over vannoverflaten, og hvordan denne konstruksjon skal holdes på plass i vannet, dvs. et eventuelt flytesystem eller om enheten skal stå på bein på bunnen.

##### Feste

Dimensjonering av festesystemet er blitt gjort gjennom designstudier i SolidWorks sitt simulering program. Det er også blitt gjennomført noe statiske beregninger på eksempelvis gjenger.

---

<sup>1</sup> Også kjent som: PPH, Inertec 100, Protec®, Proteus®, Polystone® P, Simona® PP-DWST, Simona® PP-DWU, Versadur® 500 Series, Polystone®

Grunnet hovedkrav om enkel, billig og pålitelig konstruksjon så er det blitt valgt komponenter som finnes på markedet, dette for å unngå spesiallagde komponenter.

Gjennom FEM-analyser og beregninger så ble det konkludert med å bruke en enkel løsning i form av en festeplate med en ring til å feste forankringen i. Materialvalget falt på et rustfritt materiale AISI 316 (316 (glødet) for plate og 316 (kaldbearbeidet) for ring).

### Flyteelement

Valget av flyteelement er utført etter en maksimal vekt på turbinenheten og ut fra det dimensjonert slik at disse klarer å holde turbinenheten flytende.

#### 4.1.2.3.1 Krefter

De krefter som virker på konstruksjonen er antatt å virke normalt på konstruksjonens tverrsnitt. For å beregne kraften som virker på konstruksjonen så er det brukt formelen:

$$F = 1/2 * \rho * V^2 * A * C_d$$

Der  $F$  er kraften av vannet som presser på tverrsnittsarealet ( $A$ ) av konstruksjonen, dette er multiplisert med vannets tetthet  $\rho$ , motstandskoeffisienten  $C_d$ , og med kvadratet av hastigheten  $V$ .

Kreftene i denne testen var antatt å opptre 45° på festet. Testen simulerer altså en situasjon der festet til land er skrått inn mot land. Retningen på kreftene er bedre visualisere i Figur 4.

Flytkraften til flyteelementene er tatt ut fra Arkimedes prinsipp om at flytekraften er lik den fortrengte væskens vekt.

$$F_l = \rho g V$$

Der  $F_l$  er flyte kraften i N,  $\rho$  er densiteten hos den fortrengte væsken,  $g$  er gravitasjonskoeffisienten og  $V$  er volumet av elementet.

### 4.1.3 Resultater

For å komme frem til resultatene i dette kapittelet så er det brukt beregninger og resultater av FEM-analyser.

#### 4.1.3.1 Beregninger av bolter til festet

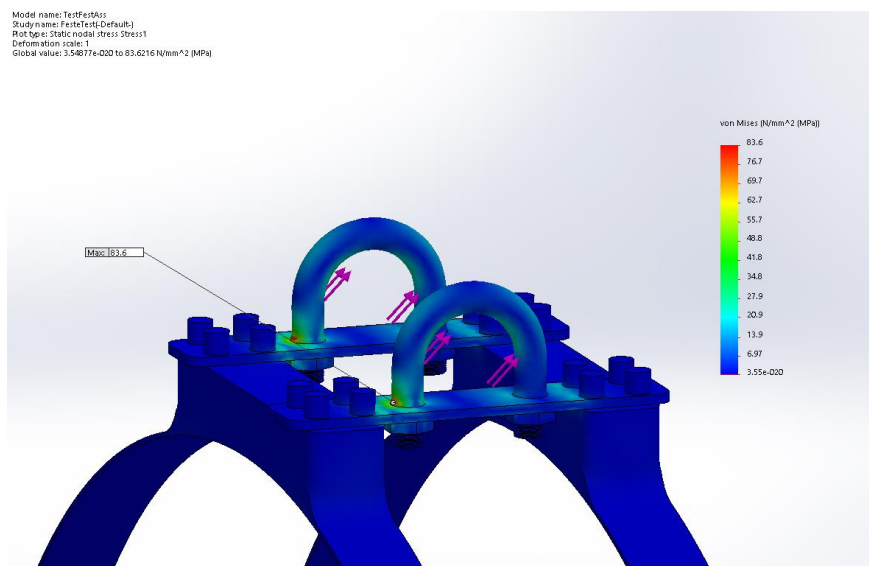
Det er brukt M10-bolter for å holde ringplatene på plass i rørklammene. Beregninger er gjort for å kontrollere at disse er dimensjonert i henhold til de høyest opptredende spenningene som følge av den høyeste vannstrømmen som konstruksjonen er beregnet for (Krav 3.5.1.3, vannstrøm på 5m/s). Vannet virke med en kraft på hver og et av festene på 868N/feste på totalt 8 bolter, der kreftene fordeles med strekkraft og skjærspenning avhengig av vinkelen som kraften har.

$$\left(\frac{1}{2} * 1000 \frac{kg}{m^3}\right) * \left(5 \frac{m}{s}\right)^2 * 0,9268 \frac{m^2}{1} * 0,3 = 3475,4N$$

Ved en vannhastighet på 5 m/s så virker en kraft på 3476N. Fordelt på 4 fester så gir dette en kraft på 868N/feste.

I FEM-analysen er denne kraften antatt å virke 45° på festet.

Gjennom FEM-analyse av festet så var den høyest opptredende spenningen i festet lik 83,6MPa.



Figur 4: Festepunkter på turbinrammen

Dette er godt innenfor flytespenningen til materialet som er lik 172,4MPa for AISI 316.

For å dimensjonere flyteelementene så beregnes det med en vekt av konstruksjonen på 80kg. For å regne ut volumen som trengs for å løfte vekten ut av vannet så ble følgende likningen benyttet:

$$78kg * 9,81 = 834N = F_l$$

$$F_l = \rho g V \Rightarrow 834N$$

$$= 1000 \frac{kg}{m^3} * 9,81 \frac{kg * m}{s^2} * V \Rightarrow \frac{834N}{1000 \frac{kg}{m^3} * 9,81 \frac{kg * m}{s^2}} = V \Rightarrow V = 0,085m^3$$

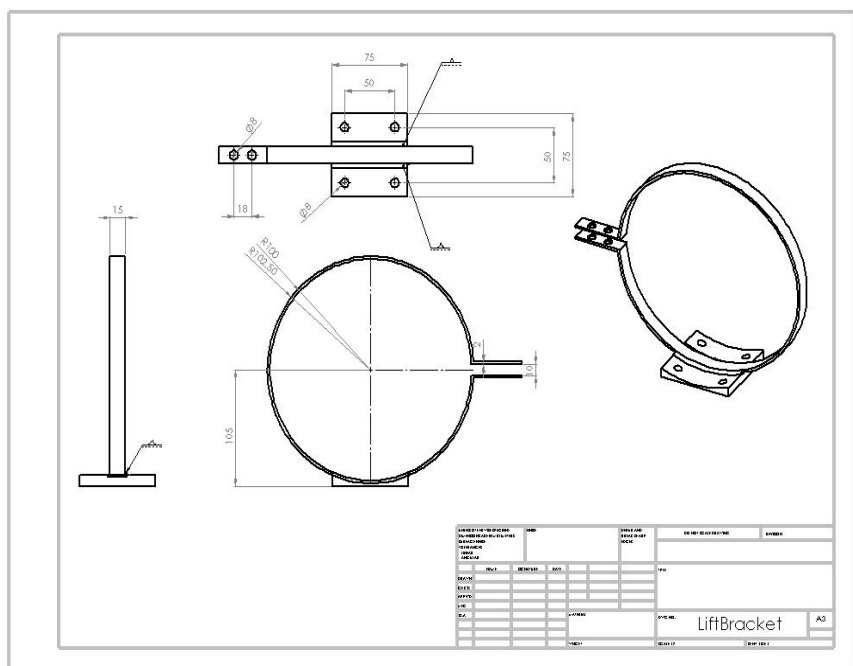
Dette betyr at samlet volum av flyteelementer må være minst 85 liter.

#### 4.1.4 Konklusjon

Gjennom beregninger og simuleringer så er det konkludert med å bruke 3 mm ringplater med 10 mm ring i AISI 316 rustfritt stål, disse er boltet fast i rørklammer med M10-bolter og disse rørklammene holder så røret rundt rotoren, se Figur 4.

Denne konstruksjon er valgt fordi en kan enkelt endre festepunktet i ramma dette gjør at enheten kan tilpasses til forskjellige plasser og ulike vassdrag. Røret er valgt kun fordi at rotoren må beskyttes, tester har vist at effektforskjellen mellom å benytte rør eller ei er liten at det ikke hadde vært nødvendig om det ikke var for beskyttelse.

Materialvalg av rør begrunnes med at glassfiber er et material som er i forhold til andre type av kompositter betydelig mer økonomisk. I henhold til styrke og vekt så er det godt valg. Glassfiberkonstruksjonen kan i tillegg relativt enkelt modifiseres og repareres. Overflaten hos ubehandlet glassfiber kan være noe ru og dette kan gjøres betydelig glattere gjennom å legge på en form av topcoat, som er en vanlig måte å overflatebehandle glassfiber på.

[illegible]

## 4.2 Rotor


### 4.2.1 Endelig design

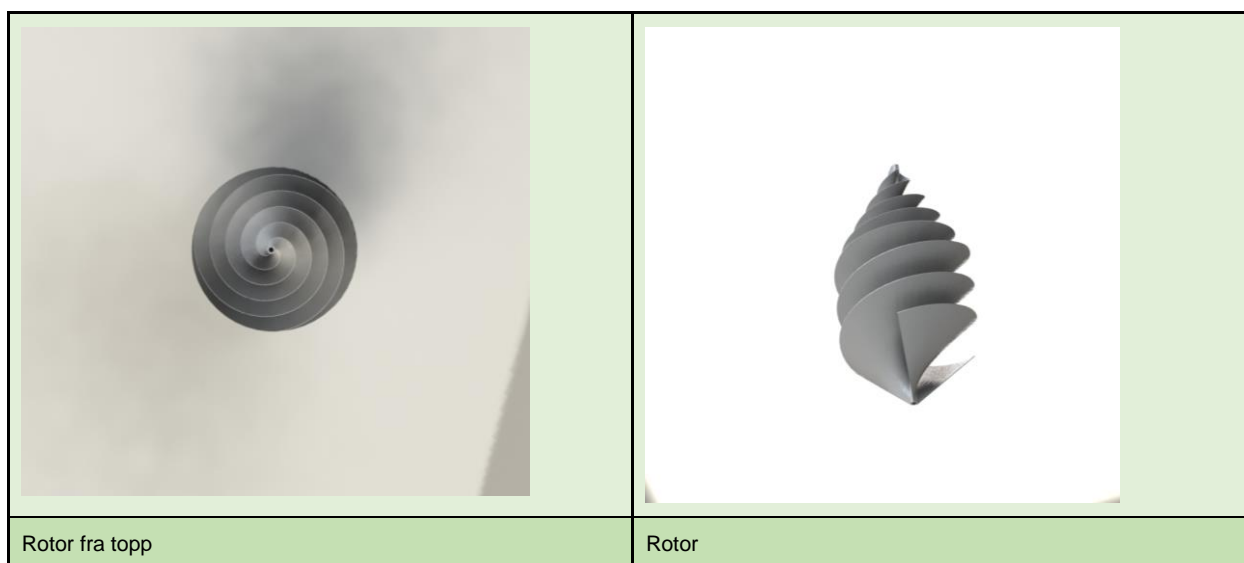
Rotoren er den komponenten som konverterer den kinetiske energien i vannet til mekanisk energi. Rotoren er festet på en aksel som er opplagret i to punkter der de aksiale kreftene som virker på rotoren tas opp i et aksiallager i bakkant. Rotoren er gjort som en arkimedesskrue.

Tabell 13: Spesifikasjoner - Rotor

Diameter	500 mm
Lengde	1000 mm
Omdreininger	2
Blader	3
Vekt	6840g

Tabell 14: Materiale - Rotor

	Verdi:	Enhet:
E-glassfiber		
E-modul:	63	GPa
Massetetthet:	2770	kg/m^3
Strekfasthet:	1000	MPa
Flytegrense:	N/A	N/A



### Materialbeskrivelse

E-glassfiber er et fibermateriale som bindes sammen med polyester. Dette gir en sterk kompositt. For å øke styrken i kompositten så blir fibre lagte i forskjellige retninger.

### 4.2.2 Innledning

Rotoren er et produkt av en rekke tester. Disse testene er nærmere beskrevet i teknologidokumentet for rotor og hver test er beskrevet i testdokumentet. Det er brukt prototyper som er modulert opp i SolidWorks og produsert ved hjelp av 3D-printing.

### 4.2.3 Metode

Metoden som er brukt for å finne frem til designet av rotoren er som følger:

- Elvetesting for å finne best egnet rotortype
- Elvetesting for å finne utbedringer av type rotor
- Valg av materialet gjennom diskusjon av materialegenskaper. Her er egenskaper opp mot produksjon tatt inn som en viktig faktor. Endelig design av rotoren er en oppskalering av design brukt i elvetestene.



#### 4.2.4 Resultat

##### Materialer

Etter å ha brukt materialanalysen som er gjort for prosjektet er det konkludert med at det blir brukt glassfiberarmert polyester som materialet for rotoren vår. Typen glassfiber som det blir designet for er E-glassfiber. Dette er en vanlig type glassfiber og blir brukt til forsterkning av alle typer konstruksjoner.

Glassfiber kan skape problemer med FEM-analysen av rotoren da egenskapene til materialet varierer med retningen kreftene fungerer på materialet. Det er mulig å gjøre FEM-analyse av glassfiber i SolidWorks, men dette er en svært tidkrevende operasjon som ikke var hensiktsmessig å gjennomføre.

Ut fra elvetester med en rotor laget av aluminiumsramme dekket med glassfiber at dette er en konstruksjon med stor styrke, som viser seg å være mulig å produsere og den har holdt godt under testene som er gjort. I tillegg hvis vi ser på alternativene, og f.eks. lage den i AISI 316 som er en ståltype som blir mye brukt i konstruksjon har denne en strekkfasthet ved 550 MPa, hvor E-glassfiber har en grensen på ca. 3790 MPa ved 20 °C. Selv om glassfiber armert polyester er en kompositt og vi må også ta hensyn til polyesteren og hvordan disse reagerer sammen kan vi regne med en stor styrkeforskjell på AISI 316 og E-glassfiber armert polyester. Det er derfor konkludert med at glassfiber er velegnet til brukt i denne konstruksjonen.

Tabell 15: Materialeegenskapene til E-glass(3)

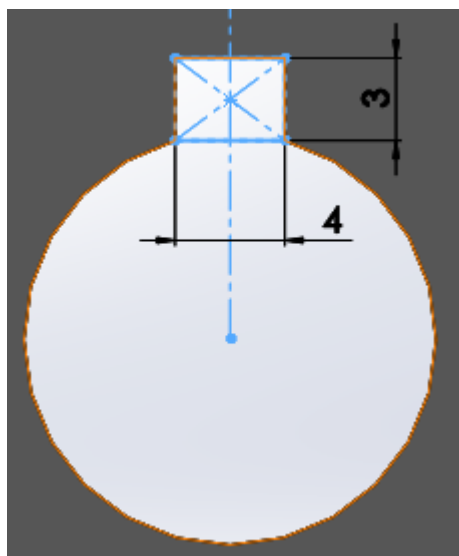
Property	Value	Units
Elastic Modulus	72400	N/mm^2
Poisson's Ratio	0.2	N/A
Shear Modulus	30000	N/mm^2
Mass Density	2.6e-006	kg/m^3
Tensile Strength	3790	N/mm^2
Compressive Strength		N/mm^2
Yield Strength	3790	N/mm^2
Thermal Expansion Coefficient		/K
Thermal Conductivity	0.2256	W/(m·K)
Specific Heat	1386	J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

##### 4.2.4.1 Utformingen av rotoren

I teknologidokumentet om rotoren er det bestemt hvilken type og hvilken utforming rotoren skal ha. Dette er gjort ut fra testing i elv, og utregninger. Mesteparten av designet er derfor bestemt. Fra designet av akselen som rotoren skal festes på er det bestemt feste av rotoren.

### Feste av rotor til aksel

I kapittelet om akselen til rotoren er det bestemt at rotoren skal festes til akselen ved hjelp av 3 kiler, og i tillegg limes til akselen. For utdypende forklaring og design se kapittel om aksel. Under vises designet på akselkanalen til rotoren for kunne feste rotoren på akselen.



Figur 7: Akselkanal

### 4.2.5 Konstruksjon

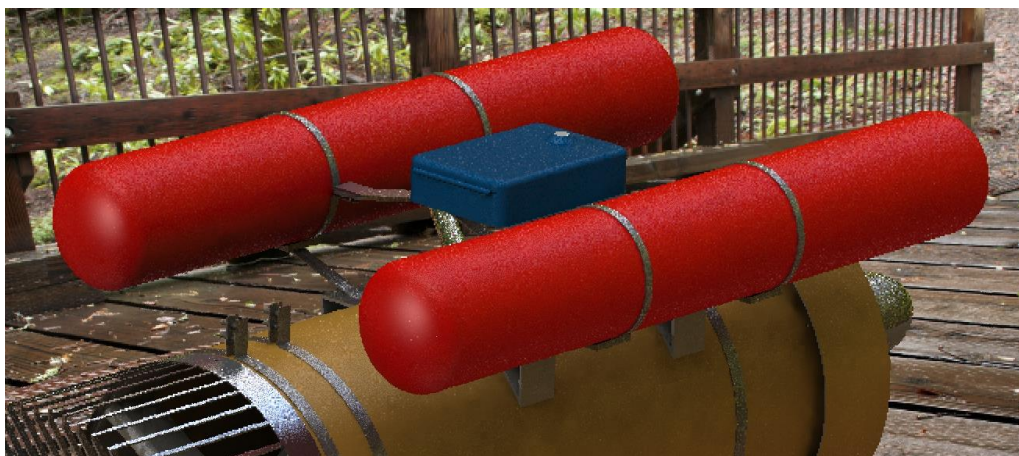
For konstruksjonen av rotoren er det tenkt at dette skal gjøres ved å dekke en ramme med glassfiberarmert polyester for deretter og sparkle og pusse rotoren for å gi den en fin overflate. Denne fremgangsmåten ble brukt under konstruksjon av rotoren til prototype med diameter 35 cm.

### 4.2.6 Konklusjon

Metoden beskrevet over er gått gjennom, og vi har nådd kravene vi hadde til prototypen vår. Vi konkluderer med at rotordesignet vi har konstruert er et fullgodt design. Med dette menes det at designet fullt ut kan brukes i fullskalaplanene for design av turbin, og fullt ut spille sin rolle i turbinen. Videre optimalisering kunne vært gjort ved hjelp av simuleringsprogrammer og vindtunneler. Disse faktorene har blitt holdt tilbake av ressursene vi har hatt tilgjengelig i prosjektet og informasjonsmengden som er tilgjengelig på denne type rotor.

## 4.3 Synlighet

### 4.3.1 Endelig design



Figur 8: Viser fargene valgt for synlighet

### 4.3.2 Innledning

Rammebetingelsen om at systemet skal være billig, og enkelt å vedlikeholde setter noen betingelser for hvilke løsninger som er valgt i henhold til systemkrav 3.5.2.1 (Fullskala system skal merkes slik at det ikke er mulig å snuble eller skade seg ved å komme i kontakt med systemet.)

Det er ikke viktig at enheten merkes slik at den er synlig fra luften, men den må ses av de som bruker elven. Dette kan være padlere, både på dagen og kvelden og de som bader i elven. For disse brukerne er det viktig å markere festene til land/i vann og turbinenheten. For de som møter på systemet på land er det viktig at strømledninger som ikke er gravd ned er synlige.

Designet er på grunnlag av disse forholdene valgt ut fra at de er synlig og integrert i utformingen av turbinenheten.

Strøm til Watt	12.05.15
Designdokument	Versjon 1.0

### 4.3.3 Metode

Strøm til Watt undersøkte forskjellige måter å løse kravet om synlighet på. Etter undersøkelsene ble det satt opp en Pugh-matrise for å ta et valg.

### 4.3.4 Resultater

I utvelgelsen ble det brukt en Pugh-matrise som hjelp for å ta et valg.

Tabell 16: Pugh-matrise - Synlighet

Kriterier	Vekt	A	B	C	Forklaring på score:
Synlig om dagen	5	5	5	5	Viktig at enheten er synlig om dagen
Synlig i mørket	5	4	0	5	Viktig at enheten er synlig i mørket
Billig	4	2	4	3	Prisen er viktig
Krav om vedlikehold	4	2	4	3	Enkel å vedlikeholde
Tiltalende	3	2	4	4	Viktigheten av at enheten passer inn i naturen
Vekt	4	2	5	5	Det er viktig at valget ikke øker vekten på enheten
Alternativer	Alt A	Alt B:	Alt C:		
Beskrivelse	Refleks-flagg i topp	Farger	Farger med refleks		
SUM	75	89	106		

Resultatet av Pugh-matrisen var at farger på enheten med refleks kom best ut (Alt. C). Refleksen er viktig med hensyn til padlere i mørket som ellers ikke ville sett enheten.

Det er ikke utført en Pugh-matrise med ulike farger. Som bildet viser er det rødt som synes best i naturen, da dette er en farge som blir synlig både mot blått(vannet) og grønt (naturen på land). Rød er en farge som lett blir oppfattet av øyet (jf. anorakker, for å gjøre det lettere å finne folk på fjellet eller brannslukningsapparat)



Tabell 17: Synlighet - Valg av farger

#### 4.3.5 Konklusjon

Rødmerkede forføyningskabler med refleksvimpler på og rød refleksmalte flyteelementer på turbinen. Oppdragsgiver ønsker seg også et skilt på land med navn og QR kode. Dette blir ikke laget, men bør tas med om noen skal jobbe med prosjektet videre.



Figur 9: Eksempel på utforming av skilt

## 4.4 Generator

### 4.4.1 Endelig design



Figur 10: Valgt generator (4)

Tabell 18: Spesifikasjoner - Generator

Spenning	12V DC
Permanent magnet	Neodyma magneter
Fuktighet/korrosjonsmotstand	Ja, forseglet eksteriør, kulelager og belagt rotor
Akseldiameter	17 mm
RPM ved 12V	540 RPM
Materiale kropp	Aluminiumslegering & Stål
Rotordiameter	10 cm
Lengde	9 cm
Vekt	2.44 kg
Montering	Ja, fotmontering
Kabellengde	33 cm
Rotasjon	Begge veier, men anbefalt med klokka.

I tillegg trengs en planetær girboks (3) med følgende spesifikasjoner:

Tabell 19: Spesifikasjoner for girboks

Part No	Ratio	Cont Torque	Peak Torque	Efficiency	Stage	Weight	Length L Max	Adapter
		(Nm)	(Nm)	(%)		(Kg)	In(mm)	Part No
MGH23PI003-005	3:1	7	22	90	1	0.4	2.97(75.4)	MP000050
MGH23PI005-005	5:1	7	22	90	1	0.4	2.97(75.4)	MP000052
MGH23PI010-005	10:1	7	22	80	2	0.6	3.55(90.1)	MP000051
MGH23PI015-005	15:1	7	22	80	2	0.8	3.87(98.2)	MP000050
MGH23PI025-005	25:1	7	22	80	2	0.8	3.87(98.2)	MP000052
MGH23PI030-005	30:1	7	22	70	3	1	4.45(113)	MP000051
MGH23PI050-005	50:1	7	22	70	3	1	4.45(113)	MP000051
MGH23PI100-005	100:1	7	22	60	4	1.2	5.05(128.2)	MP000051



Figur 11: Planetær girboks

Fra video av prototype: Rotoren gjør ca. 20 omdreininger på 5 sekunder, dette gir 150 RPM. 1:15 vil da være fint for girboksen. Denne girboksen er 57,2 mm bred og høy



#### 4.4.2 Innledning

Generatoren er en vital del av et kraftverk. Det er viktig at den er tilpasset systemet med hensyn til omdreiningshastighet, størrelse og moment som trengs for å drive generatoren. Alle parameterne må være med i vurderingen når man velger generator. Den må dessuten kunne produsere strøm over et omdreiningshastighetsspekter.

#### 4.4.3 Metode

Under valg av generator er det først og fremst tatt hensyn til produsert effekt. Ved økende vannhastighet vil rotoren gå fortere rundt noe som også fører til at generatoren spinner fortere. Da vil generatoren produsere mer strøm og høyere spenning. Ved å regne ut produsert effekt ved ulike vannhastighet er det funnet et spekter på utgående effekt for generatoren.

#### 4.4.4 Resultat

Effekt produsert ved vannstrøm = 1 m/s:

$$E = \frac{1}{2} \rho v^3 A C_P = \frac{1}{2} * 1000 \text{ kg/m}^3 * (1 \text{ m/s})^3 * 0,25^2 * \pi * 0,25 = 24 \text{ Watt}$$

Effekt produsert ved vannstrøm = 2 m/s:

$$E = \frac{1}{2} \rho v^3 A C_P = \frac{1}{2} * 1000 \text{ kg/m}^3 * (2 \text{ m/s})^3 * 0,25^2 * \pi * 0,25 = 196 \text{ Watt}$$

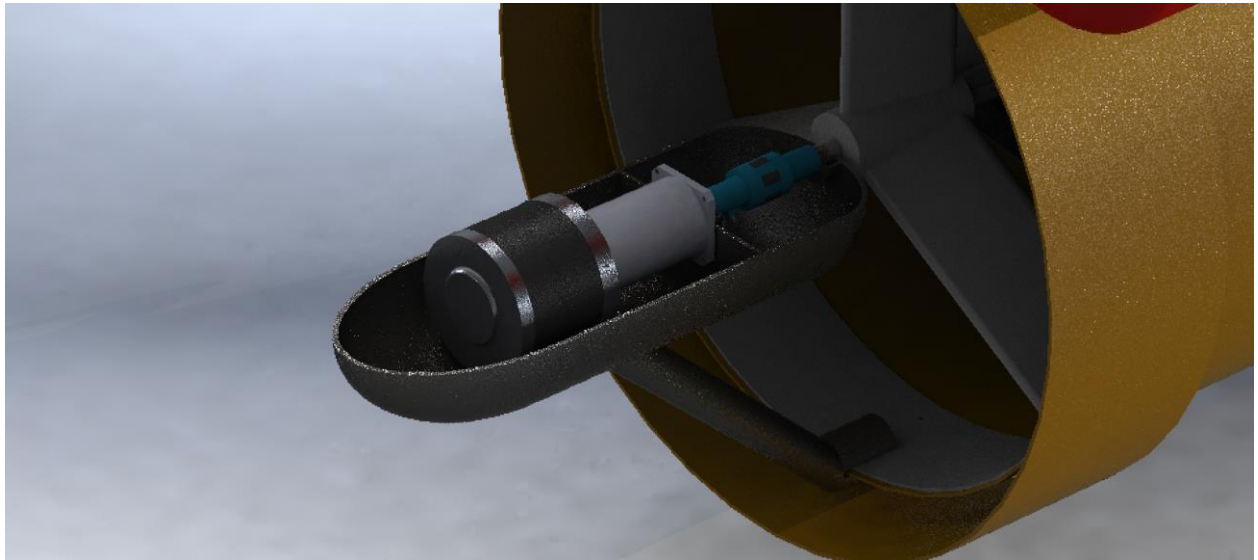
#### 4.4.5 Diskusjon og konklusjon

Generatoren bør altså være i stand til å produsere over 200 Watt. Etter omfattende søk på internett fant vi til slutt en generator som var billig og passet systemet utmerket. I tillegg ble det funnet en girboks som skal kobles på generatoren og sørge for at den blir påført et høyere turtall enn hva rotoren produserer. Girboksen er av typen planetgir som passer generatorhuset perfekt da inngående og utgående aksel ligger på samme linje.

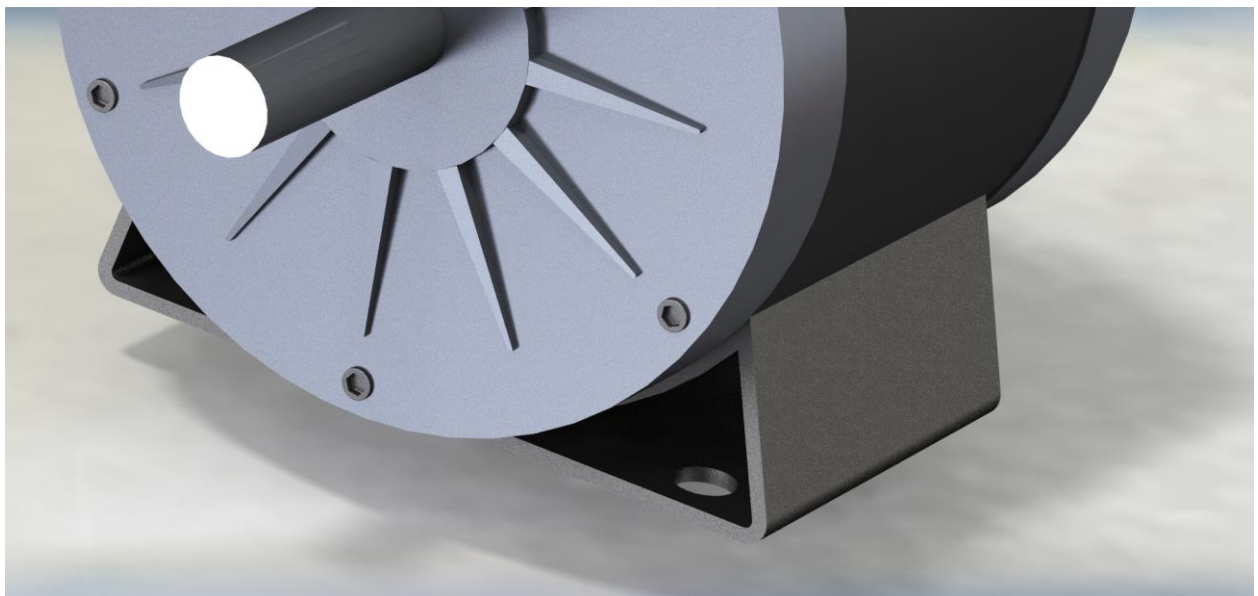


## 4.5 Generatorhus med fester til turbinrør

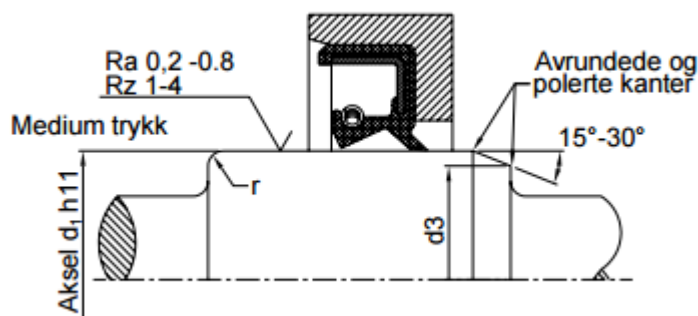
### 4.5.1 Endelig design



Figur 12: Viser generatorhus med fester til turbinrør



Figur 13: Viser hull for innfesting av generator



Figur 14: Tverrsnitt av akseltetning påmontert aksel

#### Spesifikasjoner

- Innfesting av generator
  - Materiale: Innlegg av vulkanisert gummi
- Generatorhus
  - Dimensjoner: Største diameter: 150 mm Lengde: 425 mm
  - Materiale: Formstøpt herdeplast, HDPE
- Festearmer
  - Materiale: AISI 316 stål
  - Dimensjoner: Lengde: 330 mm, diameter: 30 mm
- Akseltetning:
  - Materiale: Nitrilgummi med AISI 304 stålfjær
  - Maks trykkdifferanse: 10 bar
  - Dimensjoner: indre diameter: 12 mm, ytre diameter: 32 mm tykkelse: 12 mm

### 4.5.2 Innledning

Generatorhuset skal holde generatoren tørr, akselen skal gå gjennom veggen på generatorhuset og det må i den forbindelse være en akseltetning. Aksletetningen skal holde tett selv om akselen går rundt.

### 4.5.3 Metode

Det har vært fokus på å gjøre utformingen av generatorhuset strømlinjeformet. Det skal også være mulig å åpne boksen for eventuell service og vedlikehold. Lett montering er også tatt hensyn til.

Strøm til Watt	12.05.15
Designdokument	Versjon 1.0

#### 4.5.4 Resultat

Det er kommet frem til en enkel utforming som består av to avlange halvkuler/trau som legges mot hverandre og holder generatoren tørr og stabilt.

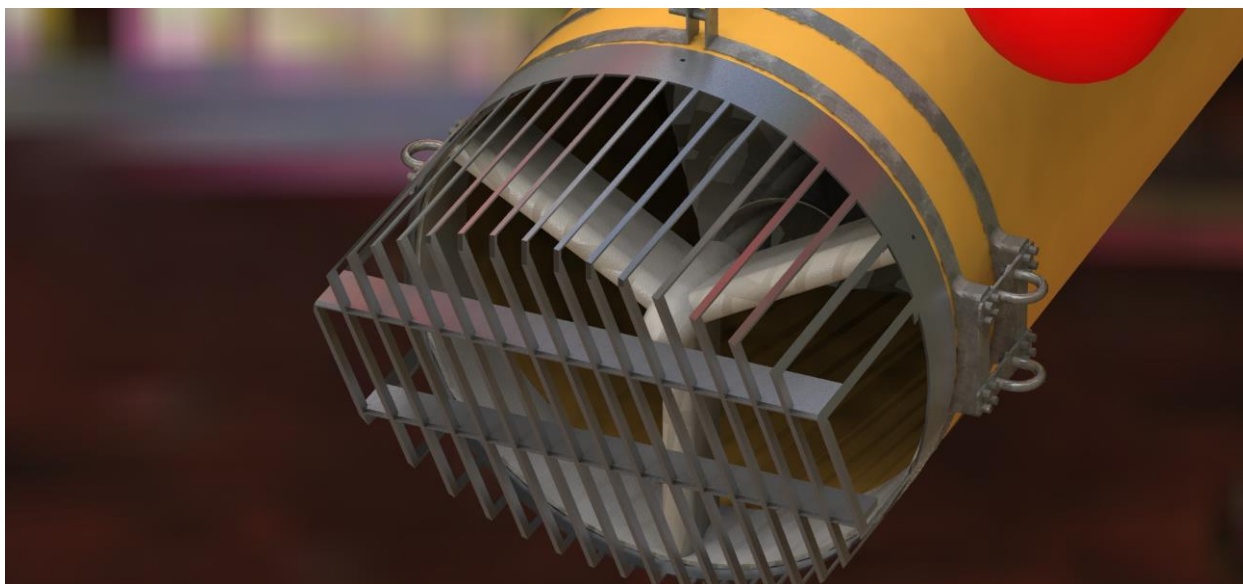
Aksletettingen blir en separat del som settes på akselen og plasseres i en åpning i generatorhuset før det settes sammen. For å unngå korrosjonsproblematikk og holde prise lav vil det i dette tilfellet blir benyttet HDPE (High density polyetylen) til generatorhuset. Dette er en polymer som er svært vannbestandig. Det er heller ikke store trykkdifferanser å snakke om og for å minimere materialbruken vil også denne blir konstruert som en sylinder. HDPE er en plasttype som kan vulkaniseres og oppnår tilstrekkelig styrke og stivet. Bruk av plast eliminerer også korrosjonsproblematikken og både for selve generatorhuset og galvanisk korrosjon i og med at generatorhuset står i kontakt med akselen. For å muliggjøre montering og service av generator vil huset bestå av to skall som til sammen utgjør en sylinder med langsgående flens.

Generatorhuset skal også ha gjennomføringer for strøm med vanntette kontaktpunkter på utsiden. Figur 12 viser generatorhuset. Flensen vil bli holdt sammen av lavprofil skrue og mutter. Når det gjelder å holde generatorhuset sentrert i turbinrøret vil det bli benyttet stag til innsiden av rørveggen. Disse skal være så tynne som mulig for ikke å hindre vannstrømmen og samtidig tåle vibrasjoner og krefter. I og med at de skal være lange og tynne vil de være utsatt for knekking. De må derfor være utført i et veldig stivt materiale og ha en geometri som motvirker knekking. Stål er et materiale som peker seg ut i denne forbindelse, nærmere bestemt AISI 316 som er et veldig vanlig "syrefast" ståltype med høy stivhet. I og med at disse stagene skal være i kontakt med vann vil dette være en god løsning.

Generatoren er en sirkulær konstruksjon som skal holdes stabilt. I og med at generatoren er roterende maskineri vil innfestingen måtte dempe vibrasjonene som oppstår. I tillegg er det viktig at skruer/muttere ikke løsner som følge av vibrasjoner. For vibrasjonsdempende effekt vil det bli brukt vulkanisert gummi som pakning ved innfesting. Det vil være festepunkter inne i generatorhuset hvor generatoren festes før generatorhuset settes sammen. Generatoren skal festes med skrue og mutter. Det er her viktig å bruke låsemutter med sprengskiver og vanlige skiver for å fordele trykket.

## 4.6 Beskyttelsessystem

### 4.6.1 Endelig design



Figur 15: Beskyttelsessystem

#### Spesifikasjoner:

Materiale: 6061-T6 Aluminium

Vekt: 3 kg

### 4.6.2 Innledning

Beskyttelsessystemet skal stå foran innløpet på tubinenheten og sørge for at kvister, greiner og større trestokker ikke kommer inn til rotoren slik at denne stopper. I tillegg bør den hindre så lite som mulig av vannet som skal gå gjennom turbinen.

### 4.6.3 Metode

Det har vært fokus på å gjøre utformingen av beskyttelsessystemet slik at det leder uønskede objekter til side for eller under turbinenheten.

### 4.6.4 Resultat

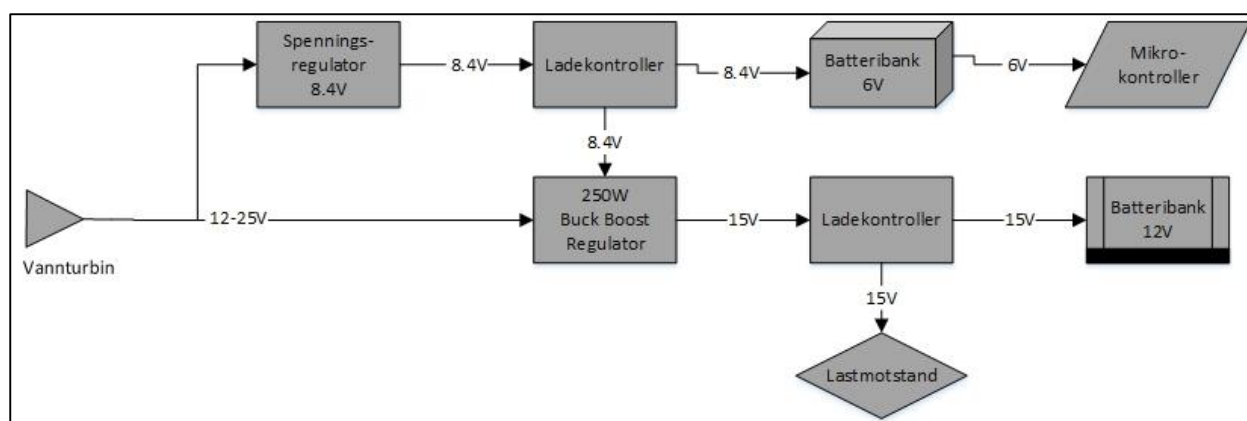
For å lede uønskede objekter til side for eller under tubinenheten vil beskyttelsessystemet bli utformet som baugen på en båt. Den vil i hovedsak lede objekter ned og under turbinenheten. Det vil være vertikale stag i front som skal lede objektene bort fra turbinåpningen. Disse vil være montert med 3 cm avstand (senter-senter).

## 4.7 Off-grid system

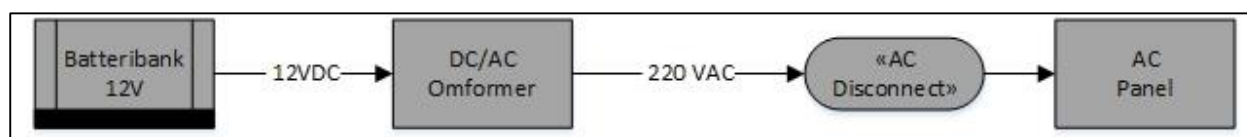
### 4.7.1 Endelig design - Systemoversikt

Off-grid systemet er det systemet som fører energien generert fra generatoren til en eventuell boenhet. Det er viktig at komponentene er tilpasset systemet med hensyn til generert effekt, og kapasitet for lagring av energien. I teknologidokument – Off-grid system ble to forskjellige konsepter designet, og grunnet oppdragsgivers ønske vil vi gå videre med design for konsept #2. Konsept #2 baserer seg på to dokkingstasjoner, en ladestasjon ved elven og en stasjon ved boenheten, hvor energien formes om til AC 220V – 50Hz.

Off-grid systemet skal også drive en mikrokontroller som sitter montert på turbinenheten. Figur 16 viser hvordan systemet er designet, hvor mikrokontrolleren trekker en veldig liten del av energien (6V – 155,5mA), ca. 0,3%, generert fra turbinenheten. Resten av energien føres til batteribanken eller lastmotstanden dersom batteriet er fulladet. I figur 16 og 17 ser vi hvordan spenningen endres gjennom systemet og tilpasses batteribanken. Figur 17 viser også hvordan konverteringen foregår gjennom DC/AC omformeren.



Figur 16: Enhet installert ved elven



Figur 17: Enhet installert i boenhet

### 4.7.2 250W buck boost regulator

Buck boost regulatoren består av, 2x LT3790(4) omformere – 4-switch synkron buck boost DC/DC regulatorer, som regulerer både spenning og konstant strøm. Regulatoren kan levere opptil flere hundre watt og tåler inngangsspenninger helt opp til 60V, noe som gjør denne kretsen til en ideell DC/DC regulator for batteriladning når «step up» konvertering er nødvendig.

Denne funksjonen gjør buck boost regulatoren til en viktig komponent i off-grid systemet da generatoren kan produsere opp til 250 W. Maksimal induisert spenning fra generatoren er 25V, og opptil 10A kan bli generert dersom vannstrømmen har høy hastighet.

En enkel LT3790 omformer kan levere høy effekt på grunn av sin synkrone switching topologi, men høy effekt vil lede mye varme til kretsen. Selv om varmen kan ledes bort ved hjelp av kjøleribber velger vi å koble 2 omformere i parallell for å spre belastningen.

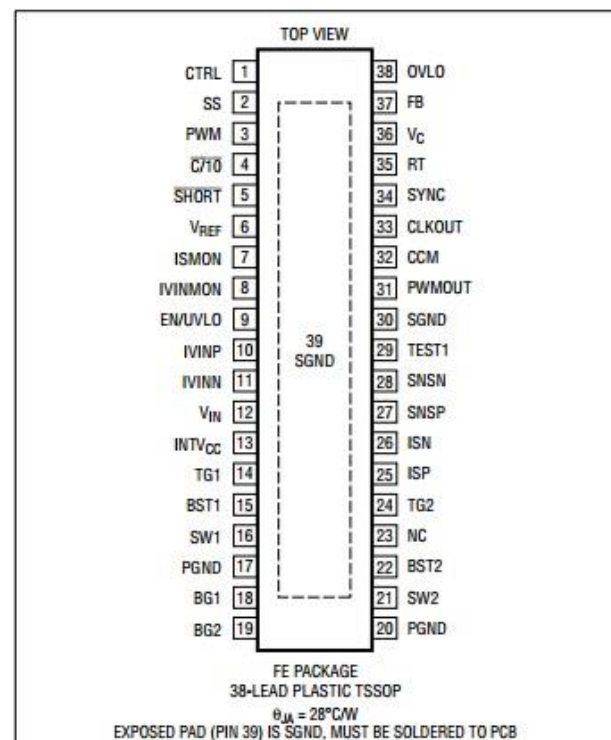
Ideelt sett deler omformeren belastningen likt over hele effektområdet og omformeren har en funksjon som kjører enten konstant spenning eller konstant strøm gjennom kretsen. Med to omformere vil en av de to operere som hovedomformer og dermed kontrollere utgangsspenningen mens sekundær regulatoren overvåker utgangsspenningen og regulerer utgangsstrømmen med hensyn på å matche hovedomformerens utgangsnivå.

#### 4.7.2.1 Begrensing av inngangsstrøm:

LT3790 har en «current sense amplifier», strøm forsterker som begrenser inngangsstrømmen til kretsen. Inngangsstrømmen begrenses av følgende likning:

$$I_{in} = \frac{50mV}{R_{in}}$$

For loop stabilitet brukes et lavpass RC filter som i de fleste kretser består av en 50Ω motstand og en 470nF kondensator.



Figur 18: LT3790 konfigurasjon

Nedenfor er en tabelloversikt som viser sammenheng mellom inngangsstrøm og –motstand.

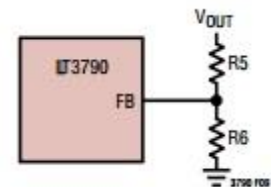
Tabell 20: Sammenheng mellom inngangsstrøm og -motstand

$R_{IN}(M\Omega)$	$I_{grense}(A)$
20	2.5
15	3.3
12	4.2
10	5.0
6	8.3
5	10.0
4	12.5
3	16.7
2	25.0

#### 4.7.2.2 Utgangsspenning

Ved å endre motstandene R5 og R6 se figur 21(4), kan ønsket spenning reguleres ut fra kretsen. For å samsvare med batteripakken ønsker vi å regulere ut 15V. Utgangsspenningen reguleres ved hjelp av følgende likning:

$$V_{UT} = 1.2 * \frac{R5 + R6}{R6}$$



Figur 19: Regulering av utgangsspenning

Buck boost regulatoren er koblet direkte til batteribanken og lastmotstanden, gjennom en ladecontroller som sender elektrisiteten til batteribanken når den er utladet eller til lastmotstanden når batteribanken er fulladet. Det er derfor viktig at utgangsspenningen er tilpasset batteribanken (15V).

Batteribanken har en utgangsspenning på 12V, men må lades med 15.0V.

Vi beregner da utgangsspenning ut fra likning x, og setter R5 = 3.83kΩ.

$$15.0V = 1.2 * \frac{3.83k\Omega + R5}{3.83k\Omega}$$

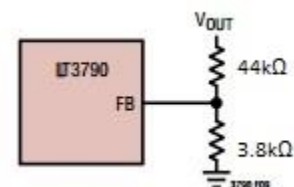
Løser så likningen med hensyn på R5:

$$R5 = 44045\Omega$$

For regulering av ut-verdi lik 15.0V settes verdier på R5 og R6:

$$R5 = 44045\Omega$$

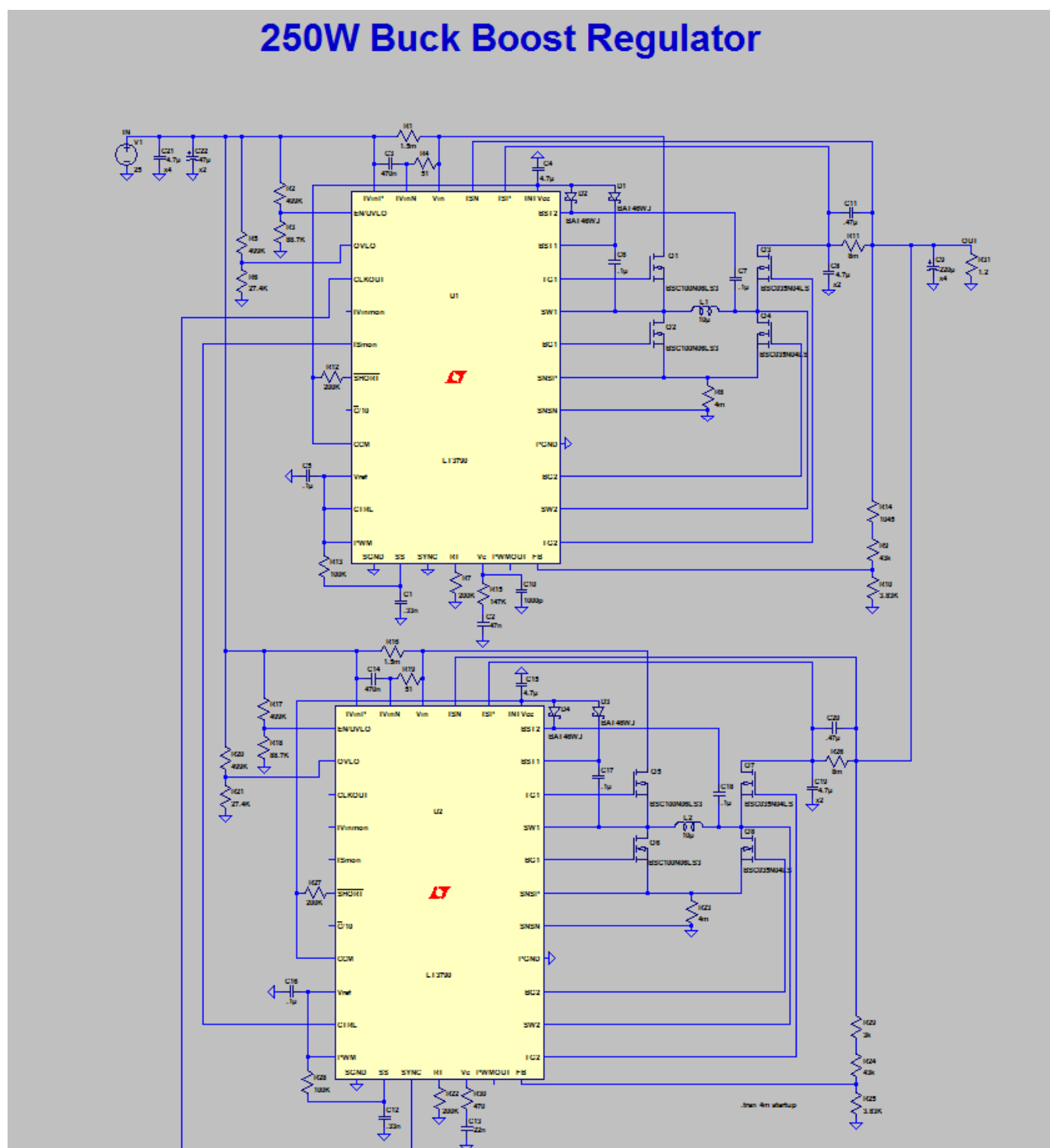
$$R6 = 3830\Omega$$



Figur 20: Motstander for 15V ut

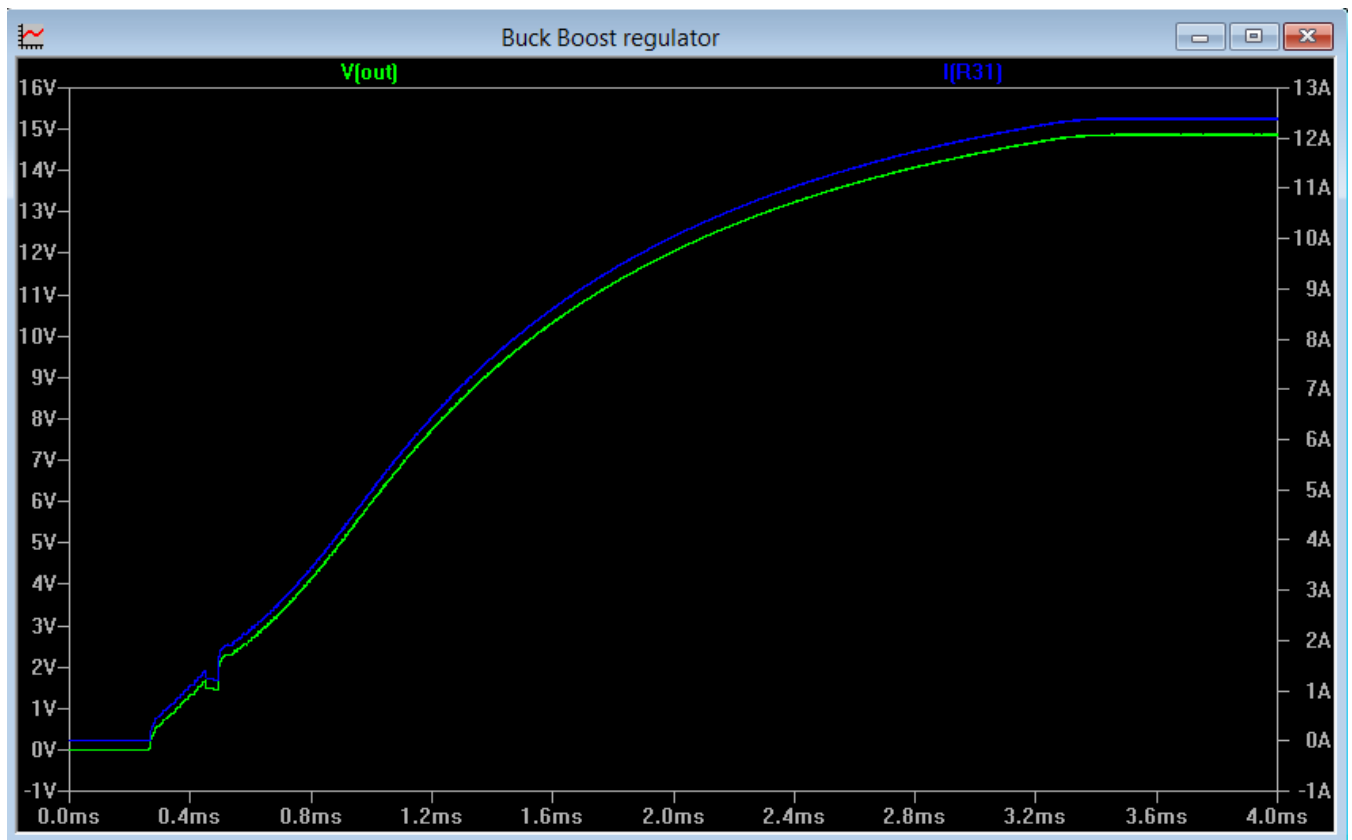


## Kretsskjema – Buck boost regulator, tegnet i Ltpice:



Figur 21: Kretsskjema for Buck Boost Regulator





Figur 22: viser simulering av kretsen med  $V_{in} = 25V$

Fra karakteristikken fra figur 18 ser vi at utgangsspenningen (blå linje) stabiliseres ved 15V og strømmen (grønn linje) stabiliseres ved  $x > 12A$  i dette tilfellet.

Strømmen kan reguleres og velges med bakgrunn i R-sense verdien. Under en økningsoperasjon reguleres maksimum last strøm ved  $V_{in(min)}$ :

$$I_{UT(max\_boost)} = \left( \frac{51mV}{R_{sense}} - \frac{\Delta I_L}{2} \right) * \frac{V_{IN(MIN)}}{V_{out}}$$

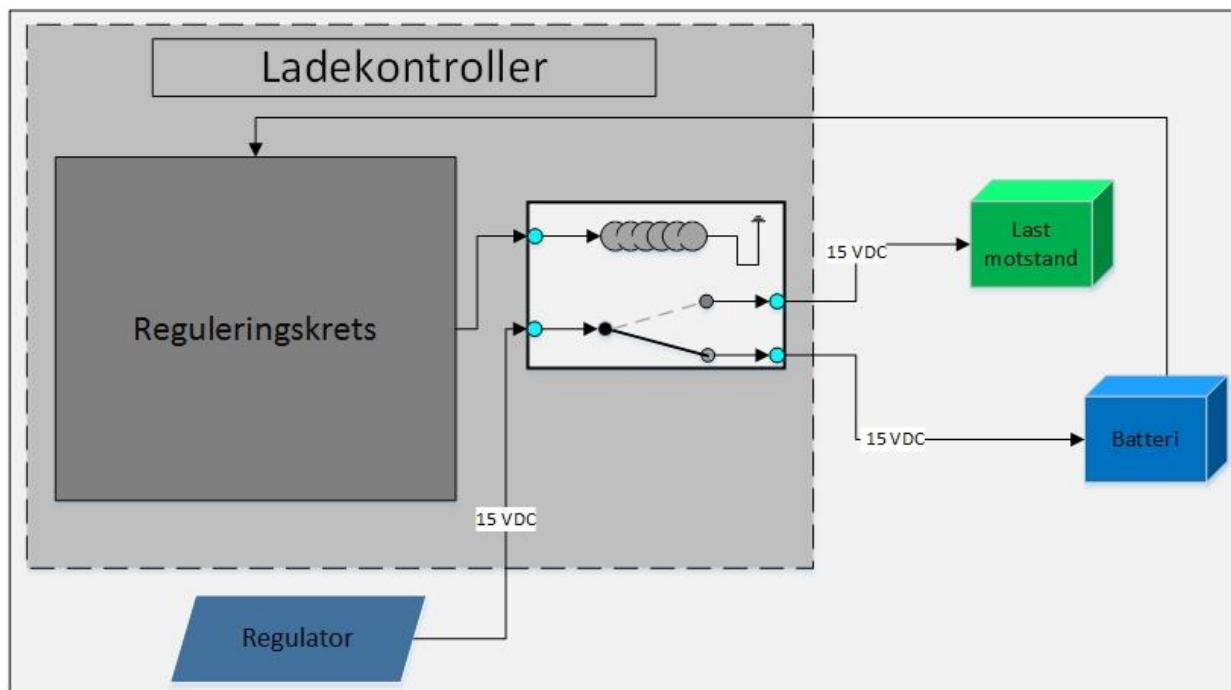
Hvor  $\Delta I_L$  er peak til peak ripplestrøm. Under vanlig buck operasjon er maksimum gjennomsnittets laststrøm lik:

$$I_{UT(max\_boost)} = \left( \frac{47.5mV}{R_{sense}} - \frac{\Delta I_L}{2} \right)$$

Ved disse beregningene kan vi regulere ut riktig strømverdi.

Siden generatoren har genererer maksimalt 10A går vi videre med denne kretsen som tåler effekt opptil 250 W.

### 4.7.3 Ladekontroller

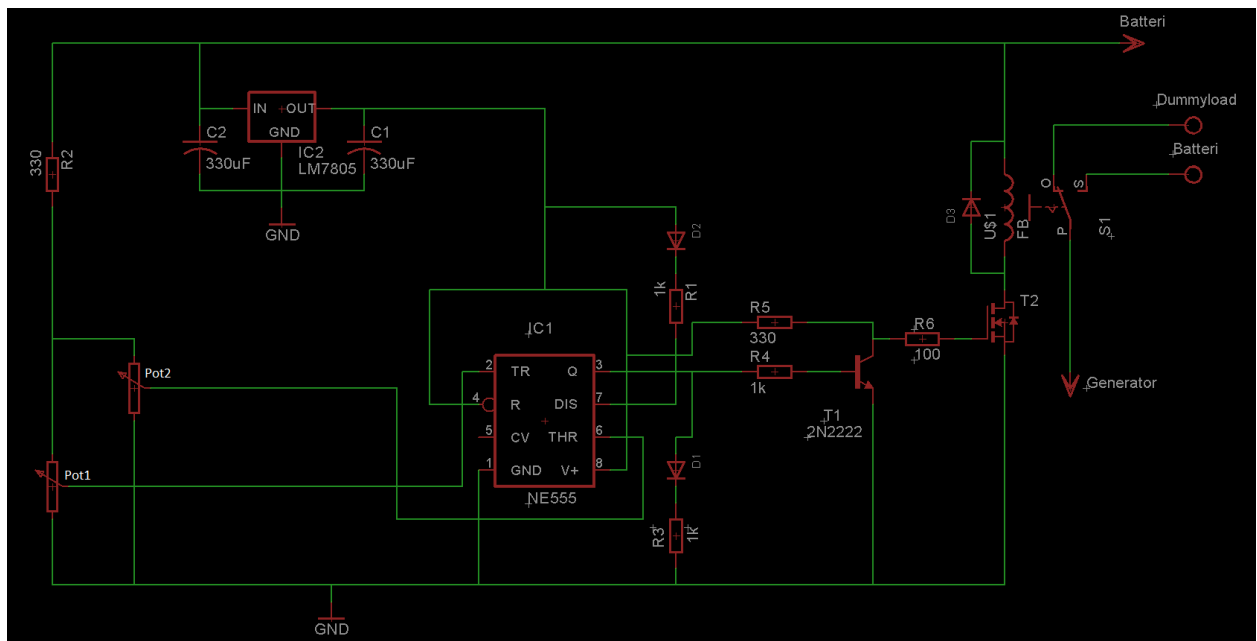


Figur 23: Oppbygning av Ladekontroller

Systemet bruker en ladekontroller som skal styre energitilførselen fra turbinenheten til batteribanken eller lastmotstanden. Ladekontrolleren overvåker batteriet og svitsjer strømmen til lastmotstanden «dummy load», når batteriet er fulladet, og svitsjer tilbake når batteriet synker til en gitt spenningsverdi. Dette gjøres for å unngå overlading av batteriet/ene.

Ladekontrolleren får kontinuerlig input fra batteriet som sender en spenning inn i reguleringskretsen, se fig 23. Når Batteribanken øker til 14.9 Volt sendes denne verdien til ladekontrolleren og bryteren blir da aktivert. Bryteren går fra normal lukket posisjon til åpen posisjon og sender da overskuddsenergien til lastmotstanden. Når spenningen til batteriet synker til 11.9 V vil bryteren lukkes og strømmen føres tilbake til batteribanken.

Ved hjelp av denne funksjonen vil levetiden til batteribanken øke og batteribanken unngår overlading. Denne kretsen er designet og inspirert fra et 555timer prosjekt for solcelle paneler(5).



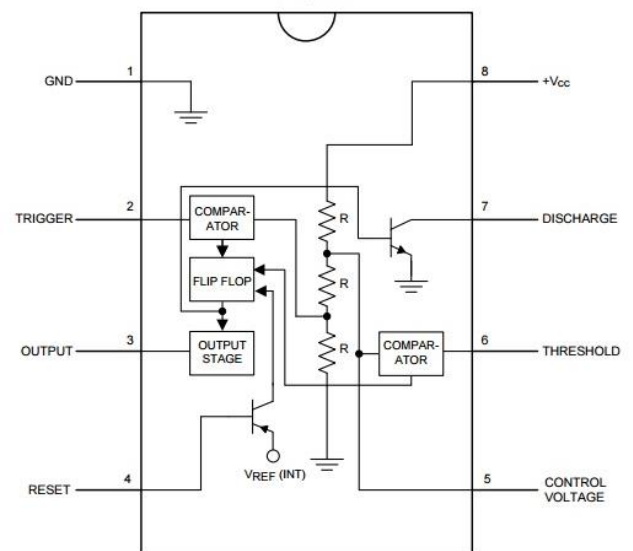
Figur 24: Kretsskjema Ladekontroller (CSEagle)

Figur 25 viser kretsskjema for ladekontrolleren. Hovedkomponenten i denne kretsen består av en NE555 timer som beskrives som en veldig stabil kontrollert for generering av tidsforsinkelser. Terminalene på denne kontrolleren er konstruert for resetting og trigger funksjoner om ønskelig.

Det er nettopp triggerfunksjonen vi benytter oss av i denne kretsen.

Når kretsen skal kalibreres for å oppnå riktig spenningsintervall for ladning av batteriet, må potentiometrene settes til riktig verdi. I Konsept #1 tar vi i bruk et AGM batteri hvor maks ladespenning er 14,8V og minimum Ladespenning settes til 11,9V. Dette er verdiene hvor bryteren svitsjer fra å levere energi til batteriene til å dumpe energien til lastmotstanden.

For å kalibrere kretsen tilfører vi minimumsspenningen til systemet, og justerer Pot1 til spenningsverdien ligger så nærme 1.667V som mulig.



Tabell 21: NE555 timer

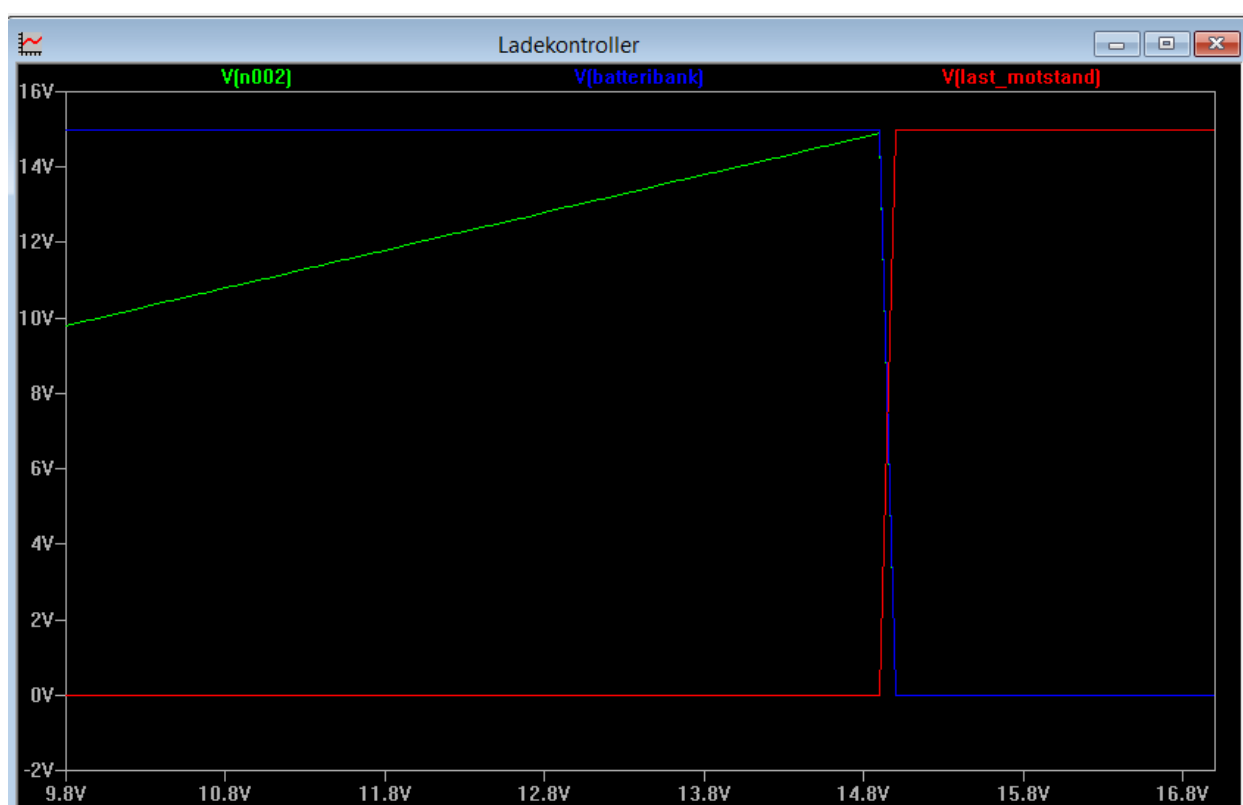
For å kalibrere maksimal ladespenning tilføres 14,8V til kretsen og endrer verdien på Pot2 til verdien ligger så nærme 3,333V som mulig.

Fra tabell 25 ser vi at pin 6 (threshold) sammenlikner innkommende spenning med referanse spenningen som er 2/3 av Vcc. Når spenningen gjennom Pot2 stiger over 3.333V vil triggerfunksjonen sette utgangssignalet tilnærmet 0. Når spenningen gjennom Pot 1 synker under 1.667V øker utgangssignalet og svitsjen sender energi til batteribanken.

Pin 5 og 6 er koblet sammen gjennom en flip flop til utgangsporten i den interne 555 kretsen, se fig 26. Ved hjelp av denne funksjonen kan gir kretsen høyt utgangssignal når spenningsnivået på batteribanken synker under minimumsverdien og fortsetter med høyt signal til maksimumsverdien nås. Da trigges 555timeren til å gi lavt utgangssignal til spenningsverdien synker til minimumsverdi. Slik foregår operasjonen kontinuerlig.

Tabell 22: Beskrivelse av kontaktpinner hentet fra datablad(6)

Pin		I/O	Description
NO.	Navn		
1	GND	O	Ground reference voltage
2	Trigger	I	Responsible for transition of the flip-flop from set to reset. The output of the timer depends on the amplitude of the external trigger pulse applied to this pin
3	Output	O	Output driven waveform
4	Reset	I	Negative pulse applied to this pin to disable or reset the timer. When not used for reset purposes, it should be connected to VCC to avoid false triggering
5	Control Voltage	I	Controls the threshold and trigger levels. It determines the pulse width of the output waveform. An external voltage applied to this pin can also be used to modulate the output waveform
6	Threshold	I	Compares the voltage applied to the terminal with a reference voltage of 2/3 Vcc. The amplitude of voltage applied to this terminal is responsible for the set state of the flip-flop
7	Discharge	I	Open collector output which discharges a capacitor between intervals (in phase with output). It toggles the output from high to low when voltage reaches 2/3 of the supply voltage
8	V+	I	Supply voltage with respect to GND



Figur 25: Simulering av Ladekontroller

I figur 25 ser vi at svitsjen sender generert energi til batteribanken (blå) helt til inngangsverdien når 14,8V (Vn002). Da skal batteriet være fulladet og overskuddsenergien sendes til lastmotstanden (rød).

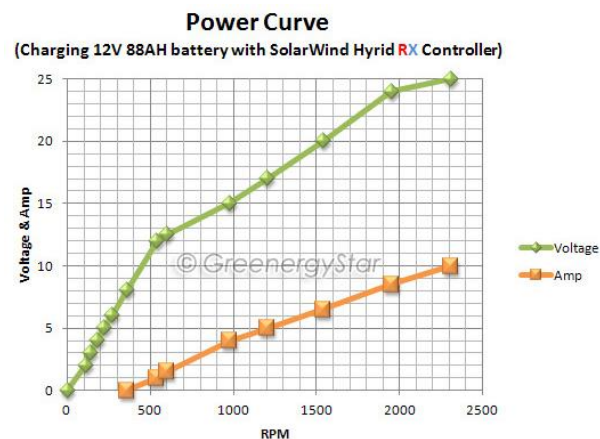
#### 4.7.3.1 Lastmotstand

For å avlaste batteribanken når den er full, må vi implementere en lastmotstand som tar seg av overskuddsenergien generert fra generatoren. Valgt generator til fullskala system kan generere maksimalt 250W – 25V/10A ved ca. 2300 omdreininger per minutt. (RPM), se figur 26.

Når ladekontrolleren sender overskuddsenergien til lastmotstanden, må vi velge et motstand som kan håndtere full energiproduksjon. Det vil si at lastmotstanden må kunne håndtere maksimal effekt, så valgt lastmotstand > 250W.

Valg av lastmotstand:

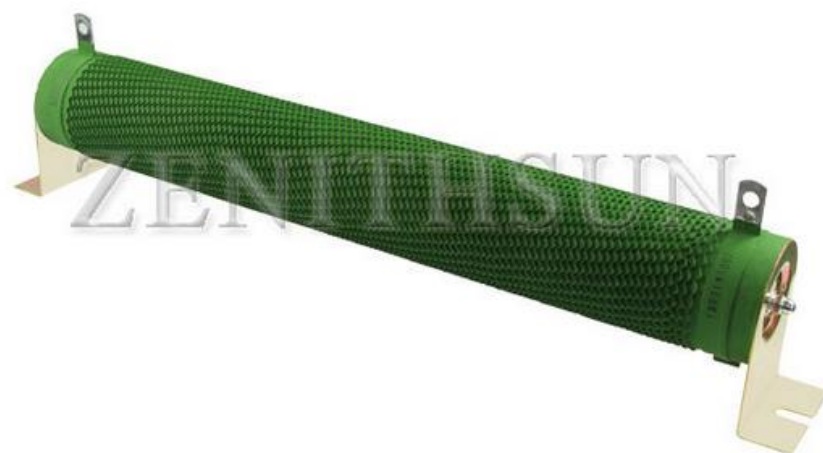
Siden maksimal energiproduksjon = 250W implementerer vi en 300W Tubular Wirwound Dummy Load Resistor til systemet. Systemet har da 50W margin som gir ekstra beskyttelse av systemet.



Tabell 23: Effektkurve Generator

Tabell 24: Spesifikasjoner til dummyload

Type	Fixed resistor
Technology	Wirewound
Rated Power	15W – 20KW
Shape og dummy load resistor	Turbular
Color	Green
Operating Temperature	-50°C ~ +300°C

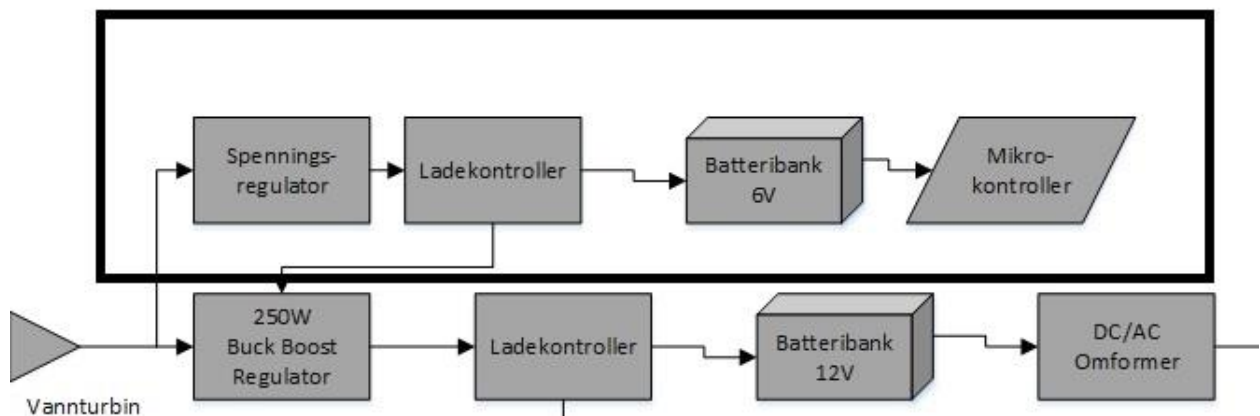


Tabell 25: Dummyload (3)

#### 4.7.4 Spenningsregulator

Mikrokontrolleren er avhengig av energitilførsel fra turbinenheten for å operere. For at mikrokontrolleren skal operere i minimum 72 timer uten energitilførsel må det implementeres en batteripakke til dette systemet, se figur 26.

Batteripakken vil bestå av 5 stk 1.2V D-celle batterier koblet i serie, som gir 6V – 12 000 mAh kapasitet.<sup>2</sup> Lading av 6V batteribanken vil skje på samme måte som for 12V batteriet, men ladespenningen reguleres til en passende verdi. Dette gjøres ved hjelp av en LM317(7) regulator som gir en fast utgangsspenning. LM317 regulatoren er en justerbar regulator, som betyr at utgangsspenningen kan endres ved å endre motstandene i kretsen.



Figur 26: Oversikt for energisystem til mikrokontroller

LM317 er konstruert for å regulere ut 1.5A over et spenningsprang fra 1.2V til 37V. Regulatoren er som sagt justerbar, og yter langt mer sammenliknet med «fixed regulators» som har en fast utgangsverdi uavhengig av inngangsverdien. LM317 består av en beskyttelses mekaniske mot overlading for sikker bruk i kretser. Interne kretser som er i kontakt med denne mekanismen opererer som normalt selv om justeringsterminalen er koblet ut.

I dette designet er kretsen utstyrt med kondensatorer for å forbedre transient responsen og fjerne rippler i kretsen med kondensatorer i rekkevidden 1uF til 1000uF. Utgangsspenningen til dette systemet vil ligge mellom 7- 9V avhengig av batteritype, og vi velger da kondensatorstørrelse ved å simulere med forskjellige verdier. Ut ifra simuleringene har ikke dette stor betydning for disse spenningsnivåene, så kondensatorverdien settes til 330uF.

Med Batteripaket til prototypen (4 AA batterier, 6,0V) gir fulle batterier en spenning på:  $1.25(\text{ladeverdi}) * 6V = 7,5V$

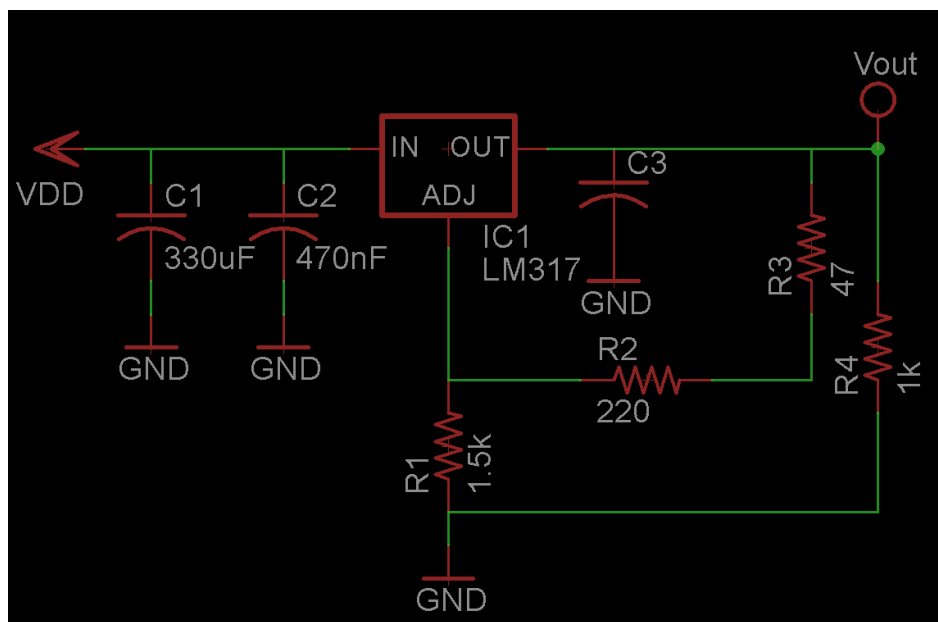
Kretsen reguleres derfor til 8,4 V for å lade batteriene. Ladespenningen må altså være høyere enn maksspenning fra fulladet batteripakke.

**Spenningsverdi ut:**

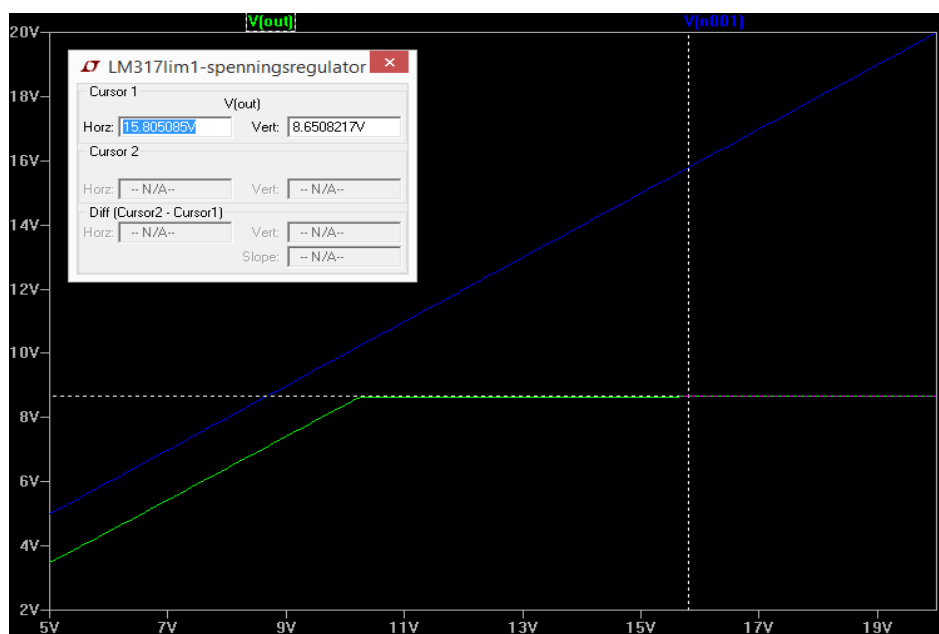
<sup>2</sup> Se Teknologidokument – Strømsystem til sikkerhetssystem

Spenningsverdien regnes enkelt ut ved:

$$V_{UT} = 1.25V * \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) + I_{ADJ}(R2)$$



Figur 27: Kretsskjema for spenningsregulator (tegnet i CSEagle)



Figur 28: Simulering av Spenningsregulator (LTspice)



## 4.7.5 Batteribank

### 4.7.5.1 Batterivalg

Valg av batteribank må tilpasses de to konseptene vi har designet med tanke på pris, vekt og kapasitet. Det største problemet med portabel batteribank vil være å beholde batterikapasiteten men samtidig gå ned på vekt. Ut fra undersøkelser gruppen har gjort

#### 4.7.5.1.1 Konsept #1

I dette konseptet fører vi energien fra generator til batteribank gjennom ledninger som blir ført fra turbinenheten til hytten/huset/bygningen etc., og installasjon av det elektriske systemet plasseres inne i boligen.

Til dette konseptet vil vekten på batteriet/ene ha liten innvirkning på hvordan bruker vil oppleve systemet. Bruker vil ha minimal kontakt med batteribanken siden batteribanken er installert i boenheten. Vi kan derfor velge et batteri som er billigere, samtidig som kapasiteten øker. Vi har derfor valgt et AGM Solar 290 batteri som er designet for bruk på hytter til solcelleanlegg hvor selvutladningen er lav og batteriet tåler mange dyputladninger, noe som kan være nyttig i slike systemer dersom man ønsker å utnytte energien på best mulig måte.

#### Spesifikasjoner:

- Svært gode syklusegenskaper
- Tåler mange dyputladninger
- Meget lav selvutlading (ca. 1% pr. mnd. ved 5°C)
- Høy lademottagelighet
- Svært lav indre motstand (ved fulladet batteri og 25°C ca. 1,0mOhm)
- Liten fare for frostskaide
- Lang levetid
- Vedlikeholdsfritt
- Lite eller ingen gassutvikling
- Ingen syrelekkasjer
- Maks ladestrøm 0,3C (beregnet ved 10timers kapasitet)
- Maks ladespenning syklisk 14,4 - 14,8V
- Maks ladespenning standby 13,6 - 13,8V
- Lengde 522 mm
- Bredde 238 mm
- Høyde 218 mm (240 mm inkl. poler)
- Terminaler: M8 bolter (medfølger).
- Nettovekt: ca. 61 Kg
- Kapasitet ved 10 timer: 200At
- Typisk kapasitet i solcelleanlegg ved 100 timer: 290 At



Tabell 26: AGM solar 290 (Hentet fra sparelys.no)

#### 4.7.5.1.2 Konsept #2

Dette konseptet består av to batteristasjoner. En stasjon plasseres ved elven og den andre stasjonen plasseres inne i boligen. Brukeren må derfor hente batteribanken fra ladestasjonen ved elven og transportere denne og plassere batteribanken i batteristasjonen i boligen. Til dette konseptet er det viktig at vekten på batteribanken ikke er for stor. Eier av systemet må her frakte batteriet frem og tilbake til ladestasjonen ved elven så vekt er en viktig del av løsningen. Dette subsystemet vil bestå av hyllevarer, dvs. komponenter hentet direkte fra forhandler. Valget falt da på Batteripakken, vist i figur 29, 100Ah Litium Ion Batteri da dette var det eneste batteriet som kunne levere spesifikasjonene vi var ute etter med hensyn på vekt og kapasitet. Fra tabell 30 ser vi at vekten kun er 21 kg med kapasitet lik 100Ah, noe som gjør denne batteripakken portabel for et voksent menneske.



Figur 29: Clayton Power 100Ah lithium Ion Batteri

Tabell 27: Spesifikasjoner hentet fra produsentens hjemmeside(8)

Lithium Battery type :	12V – 100Ah Lithium Ion Battery
Model no.	012-00002GF
Nominal capacity	100Ah
Nominal battery voltage	12 VDC
Operation voltage discharge	9.2 VDC
Operation voltage charge	15 VDC
Cell voltage min cut-off	2.3 VDC
Cell voltage max cut-off	4.2 VDC
Continuous discharge current	100 A
Operating temperature	-40°C~+50°C
Package Weight (total)	21kg
Package dimensions WxHxD (mm)	285x330x390

### 4.7.5.2 Effektregnskap

Her er et eksempel på hvilke applikasjoner som brukes i en boenhet. Ved hjelp av et slikt effektregnskap kan vi regne ut ladetiden ved en gitt energiproduksjon fra turbinenheten.

Tabell 28: Effektregnskap

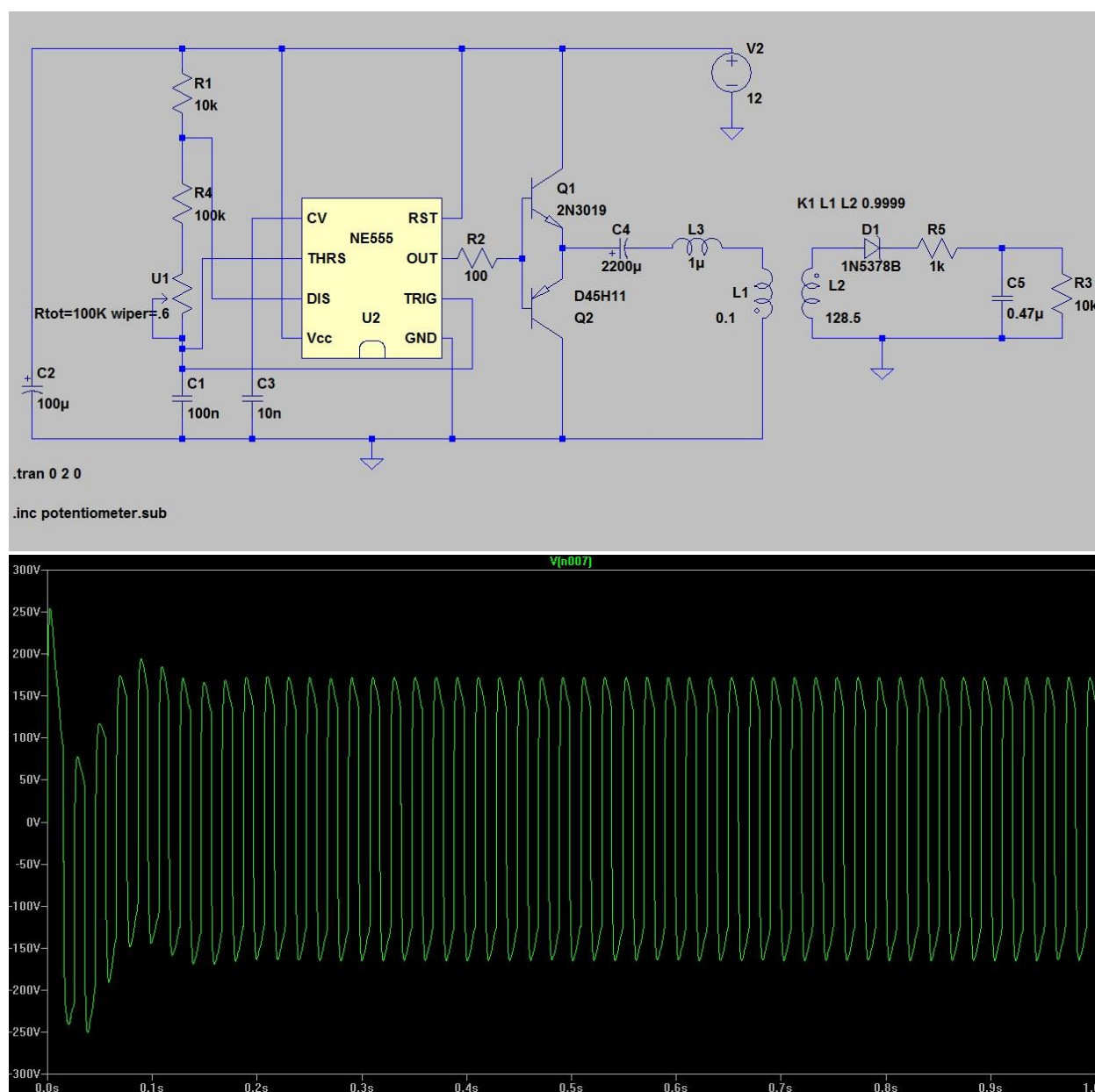
Applikasjon	Watt forbruk	Timer brukt	Antall	kWh	Wh	Ah - 12V	Ladetid - ved 5A	Tid
Lys	5	5	10	0,25	250	20,8	5	Timer
Telefonlader	5	3	1	0,015	15	1,3	0,3	Timer
22" led LCD	30	5	1	0,15	150	12,5	3	Timer
Laptop	60	1	1	0,06	60	5,0	1,2	Timer
Radio	14	6	1	0,084	84	7,0	1,68	Timer
Blue-ray	16	4	1	0,064	64	5,3	1,28	Timer
-				0	0	0	0	Timer
-				0	0	0	0	Timer
-				0	0	0	0	Timer
-				0	0	0	0	Timer
SUM				0,623	623	51,9	12,46	Timer

Under energiproduksjon fra generator hvor det blir generert 15V og 5 Ampere til batteribanken vil det ta ca. 13 timer å lade batteriet til fra 50% til 100% når boenheten ikke trekker noe energi. Systemet vil som sagt lade opp halvfulle batterier på ca. 13 timer, forutsatt at systemet står ubrukt, om hurtiglading er ønskelig.

#### 4.7.6 DC-AC omformer

Dette systemet genererer likestrøm (DC), så for at brukeren skal kunne benytte vanlige husholdningsapplikasjoner må vi konvertere likestrøm til vekselstrøm (AC).

Det har blitt designet en krets hvor vi bruker en 555 timer, samme kontroller som brukt i ladekontrolleren, hvor vi bruker trigger funksjonen til å slippe ut strømmen som tilnærmet sinuskurver (modifisert sinus). Designet av denne omformereren har dessverre ikke blitt godt nok til bruk i et off-grid system, men som vist i figur 30 konverterer denne kretsen 12 VDC til 185 VAC. Vekselstrømsverdien kan reguleres til 220 VAC ved å endre verdien på spole L2.



Figur 30: kretsskjema og simulering av DC/AC omformer

Siden vi ikke ønsker å bruke denne kretsen i off-grid systemet vil vi liste opp et eksempel på en hylleware som kan kjøpes fra forhandler. Det har ikke vært nok tid eller kunnskap tilgjengelig til å designe denne kretsen, og dette er en veldig kompleks krets å designe.

Vi velger derfor å bytte ut DC/AC kretsen med Suder AJ 275-12-S(9), som er en DC/AC omformer. Dette er en 275W omformer som konverterer 12 VDC til 220 VAC 50 Hz. Dette er den samme strømkonverteringen vi har i husene her i Norge og flere steder i verden.

#### Spesifikasjoner:

- Effekt ved kontinuerlig belastning ved 25°C: 200Watt
- Effekt ved 30min belastning ved 25°C: 275Watt
- Effekt ved 5min belastning ved 25°C: 350Watt
- Effekt ved 5sek belastning ved 25°C: 450Watt
- Effekt ved asymmetrisk last: 150Watt
- Meget lavt forbruk ved ingen last, kun 2,4W (0,16A)
- Meget lavt forbruk i standby, kun 0,3W (0,025A)
- Maksimal virkningsgrad: 93%
- Utspenning: 220Volt AC
- Sinus: Ekte sinus (ikke firkantpuls eller "modifisert sinus" som i billigere omformere)
- Frekvens: 50Hz
- Innspenning: 10,5V - 16Volt DC
- Led indikerer status
- Innebygget 3-steps solcelleregulator (10A)
- Kopler automatisk ut ved overoppheting
- Kopler automatisk ut ved lav batterispenning
- Kopler automatisk ut ved overbelastning
- Beskyttet mot kortslutning (sikring)
- Temperaturjustert kjølevifte, starter kun ved behov
- Lydnivå når kjøleviften går: <45dB
- Leveres med ferdigkoblede ledninger
- Kapslingsgrad: IP30
- Vekt: 2,4 Kg
- Dimensjon: 142x163x84mm



Inverter 275W, Suder  
AJ 275-12-S

I omformerer er det også innebygd en sikringsmekanisme som beskytter systemet mot kortslutning, så med denne DC/AC omformerer implementert i off-grid systemet kan vi se bort ifra «AC-Disconnect».

AC-Disconnect er en sikring som var ment til å sitte mellom DC/AC omformerer og AC panelet, hvor disconnecten skulle beskytte systemet mot kortslutning.

### 4.7.7 Konklusjon

#### 4.7.7.1 Strømsystem til overvåkningssystemet:

Vi vil bruke en regulator for å regulere 8.4 volt til ladekontrolleren som sender energien til en 6V batteripakke eller videre til buck boost kontrolleren. Batteriet forsyner

Strøm til Watt	12.05.15
Designdokument	Versjon 1.0

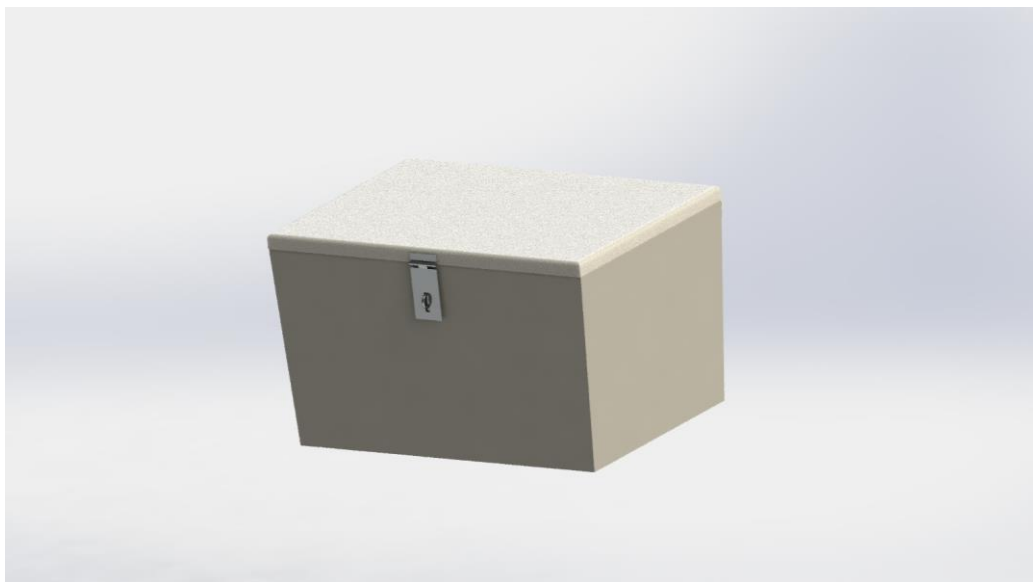
mikrokontrolleren med energi og denne batteripakken er designet til å supplere systemet med energi i minimum 72 timer uten energitilgang fra generator.

#### **4.7.7.2 Off-grid system til boenhet:**

Til dette systemet vil vi regulere energien gjennom buck boost kontrolleren, som sender energien til ladekontrolleren. Ladekontrolleren supplerer batteribanken til den er full og sender overskuddsenergien til lastmotstanden. Når batteribanken er full blir bruker informert og kan da frakte batteriet fra ladestasjonen til batteristasjonen inne i boenheten. Batteriet konverterer da likestrømmen (DC) til 220VAC – 50Hz (vekselstrøm), og energien kan da benyttes ved uttak i boenheten.

## 4.8 Oppbevaring off-grid system

### 4.8.1 Endelig design



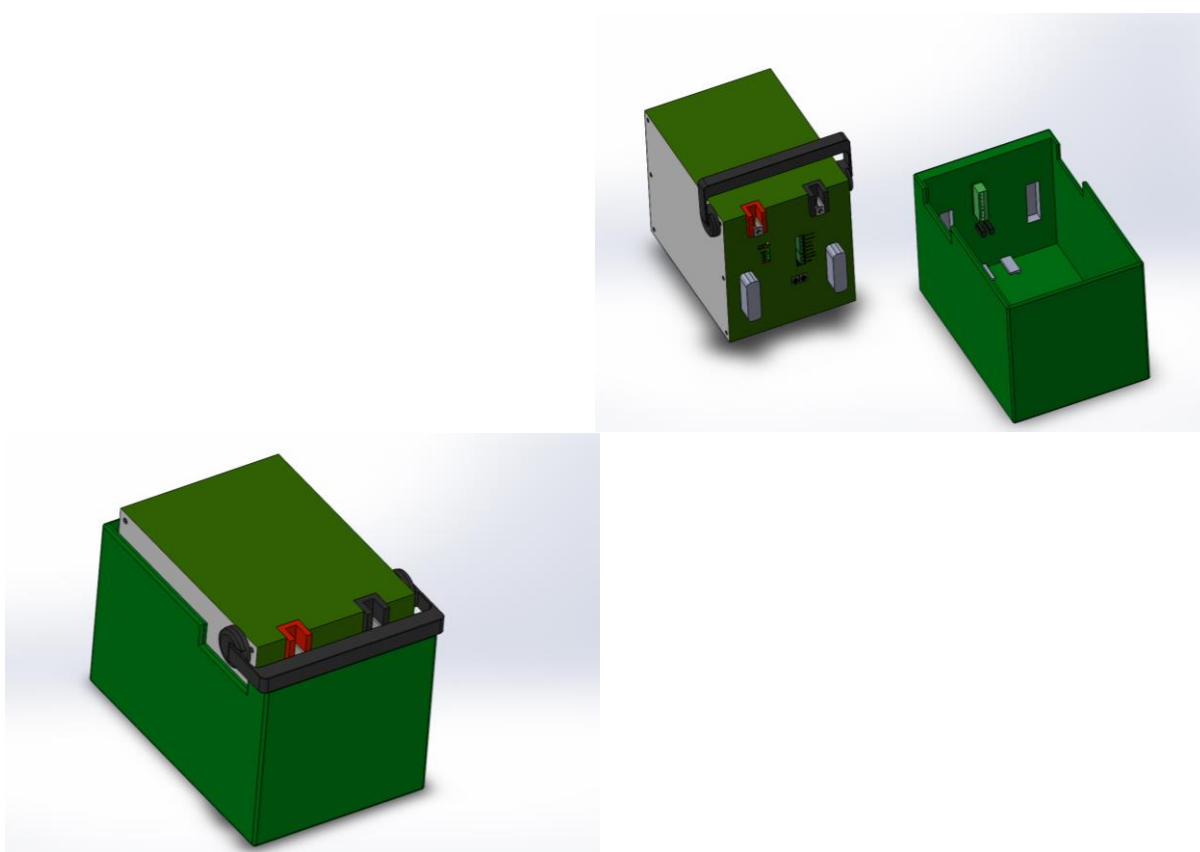
Figur 31: Oppbevaringsboksen for strømstyringssystem, batterier og dump-load.

#### Spesifikasjoner

Mål: (Lengde x Bredde x høyde)	800 mm x 400 mm x 400 mm (innvendig mål)
Vekt	ca. 5 kg
Materiale	Glassfiberforsterket polyester og beslag i AISI 316 stål

Figur 32 viser dokkingstasjonen som skal brukes i konsept #2.

Dokkingssystemet er designet for enkelt bruk, hvor bruker av systemet plasserer batteriet i boksen. Så skyves batteriet på plass og låses ved hjelp av en låsemekanisme i håndtaket. Batteriet lades så på en sikker måte hvor bruker unngår direkte kontakt med ledninger eller kontakter.



Figur 32: Dokkingstasjon til Konsept #2 - portabelt system



Strøm til Watt	12.05.15
Designdokument	Versjon 1.0

#### 4.8.2 Design oppbevaring off-grid system

Off-grid systemet skal bestå av batterier, ladekontroller, spenningsregulator og DC- til AC-omformer. Systemet blir hovedsakelig designet for å stå inne i en hytte, men det er mulig å tilpasse systemet slik at batterikassen står på elvebredden. I dette tilfellet må brukeren av systemet bytte/hente batteriet når vedkommende skal bruke strøm. Tyverisikring av batteriene når de står ute er nærmest umulig og er derfor sterkt frarådet.

#### 4.8.3 Metode

For å komme frem til endelig valg av oppbevaring til off-gridsystem så er det sett på eksisterende løsninger som finnes på f. eks båter. I forhold til eksisterende systemer er det gjort vurderinger for å sikre at det passer til vårt system.

#### 4.8.4 Resultater

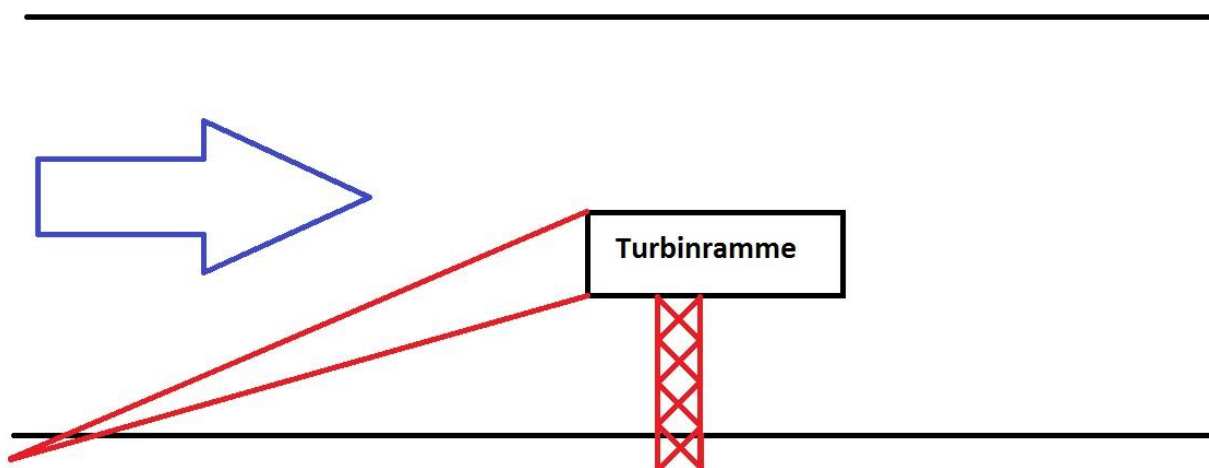
Enten batteriene skal stå på elvebredden eller inni en hytte som ikke er koblet til strømnettet vil det være nødvendig med en batterikasse. Denne kassen skal holde batteriene tørre og utenfor rekkevidde av folk eller dyr som ferdes i naturen. Dette kan gjelde barn eller uforsiktige voksne inne i en hytte. I tillegg bør det være innebygget kabelgjennomføringer som sikrer tilgang og tilførsel av strøm til og fra batteriene. Dessuten kan disse kassene være en brannsikring om de er laget i brannhemmende materiale. Batteriboksen bør også være naturlig ventilert slik at eventuell gassutvikling blir luftet ut.

Det finnes en del batterikasser på markedet. Dette er absolutt det billigste alternativet og gir tilstrekkelig beskyttelse og sikkerhet. Det må kanskje noen justeringer til i forhold til gjennomføringer av kabler. Kassene kan også låses. Om kassene skal stå ute vil det kanskje også være nødvendig å sikre kabelkontaktene slik at det ikke bare er å koble fra og stikke av med batteriene. På denne måten blir batteriene "låst" til turbinenheten. Hvis noen skulle klippe kablene og stikke av med batteriene vil brukeren merke dette når han sjekker batteristatus. Batterikassen bør være litt større enn selve batteriet og hvis den skal være plassert på elvebredden bør det også være plass til ladekontroller, spenningsregulator og dump-load inne i kassa. Dette er tatt hensyn til i endelig design. Det er gjort plass til to batterier (Li-ion), ladekontroller og dump-load.

## 4.9 Forankring til land

Forankringen skal holde systemet på plass i elven og ved ekstremvær hindre at turbinrammen løsner og driver nedover elven.

### 4.9.1 Endelig design



Figur 33: Forankringssystem

Et tau som er festet skrått inn mot land tar opp strekkreftene i x-retning og en stiv konstruksjon vinkelrett på turbinrammen tar opp trykkrefter i y-retning. Tauet er laget av Dynema og den stive konstruksjonen er en aluminiumprofil med teleskopfunksjon.

### 4.9.2 Design av forankringssystem

Under design av forankringssystem har det blitt gjennomgått en kravanalyse for finne frem til de ulike funksjonelle kravene som stilles til et forankringssystem.

### 4.9.3 Metode

Det er sett på eksisterende løsninger og deretter tilpasset slik at kravene til forankringssystemet skal være tilfredsstillt. Inspirasjon er hentet fra Goliat-plattformen som er ankret opp med tau i stedet for kjetting. Beregninger er gjort for å dimensjonere den stive konstruksjonen.

#### 4.9.4 Resultater

Tauet går over en trinse på land slik at det er mulig å justere vinkelen på turbinrammen ved å dra tauet over denne og låse når man er fornøyd. Den stive konstruksjonen er beregnet å holde opp mot 5 m/s vannstrøm og kollapse dersom kreftene blir større. Da vil tauet fortsatt holde igjen enheten og den vil drive mot land hvor det er lavere vannhastighet.

Tauet er laget av Dynema og har en bruddstyrke på 1280 MPa. Det er i tillegg slitesterkt og tåler steiner. Den stive konstruksjonen er en aluminiumprofil med teleskopfunksjon som kollapse når belastningen kommer over en viss størrelse. Når vannet har roet seg ned kan den foldes ut igjen og er klar til bruk. Under kollaps vil materialet holde seg i den elastiske sonen og derfor ingen permanent skade. Ved 5 m/s vannstrøm virker ca. 3500 N på turbinrammen. Hvis vinkelen på tauet inn mot land er 45 grader vil tauet måtte kunne ta opp ca 5000 N i strekkretning og den stive konstruksjonen 3500 N i trykkrefter. Regner med en sikkerhetsfaktor på 3 for tauet. Altså det må kunne ta opp  $3 \cdot 5000 \text{ N} = 15000 \text{ N}$ . Med en bruddstyrke på 1280 MPa gir dette et tverrsnittsareal på  $11,7 \text{ mm}^2$ , altså et tau med diameter på ca. 4 mm. Går da opp til 5 mm for å bruke nærmeste standardstørrelse. Den stive konstruksjonen vil bestå av aluminium med rørutforming som blir større og større. Den minste vil ha indre diameter på 10 mm og ytre diameter på 20 mm, neste har indre diameter 20 mm og ytre 30 mm osv. Hver dimensjon har en lengde på 1 meter. Den minste dimensjonen tåler minst belastninger. Denne tåler knekkspenninger opp mot 10 kN. Videre følger utregninger:

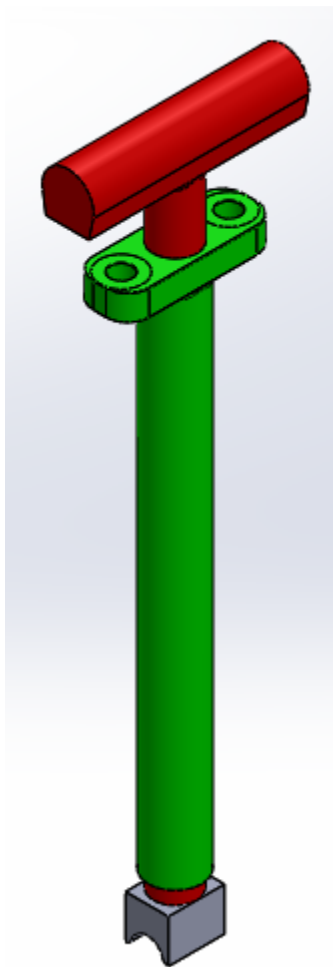
$$I_0 = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi d_y^4}{64} - \frac{\pi d_i^4}{64} = \frac{\pi * 20\text{mm}^4}{64} - \frac{\pi * 10\text{mm}^4}{64} = 7363,1 \text{ mm}^4$$

$$F_K = \frac{\pi^2 E I_0}{l_K^2} = \frac{\pi^2 * 70\,000 \text{ N/mm}^2 * 7363,1\text{mm}^4}{(1000\text{mm} * 0,7)^2} = 10381,56 \text{ N}$$

## 4.10 Aksellås

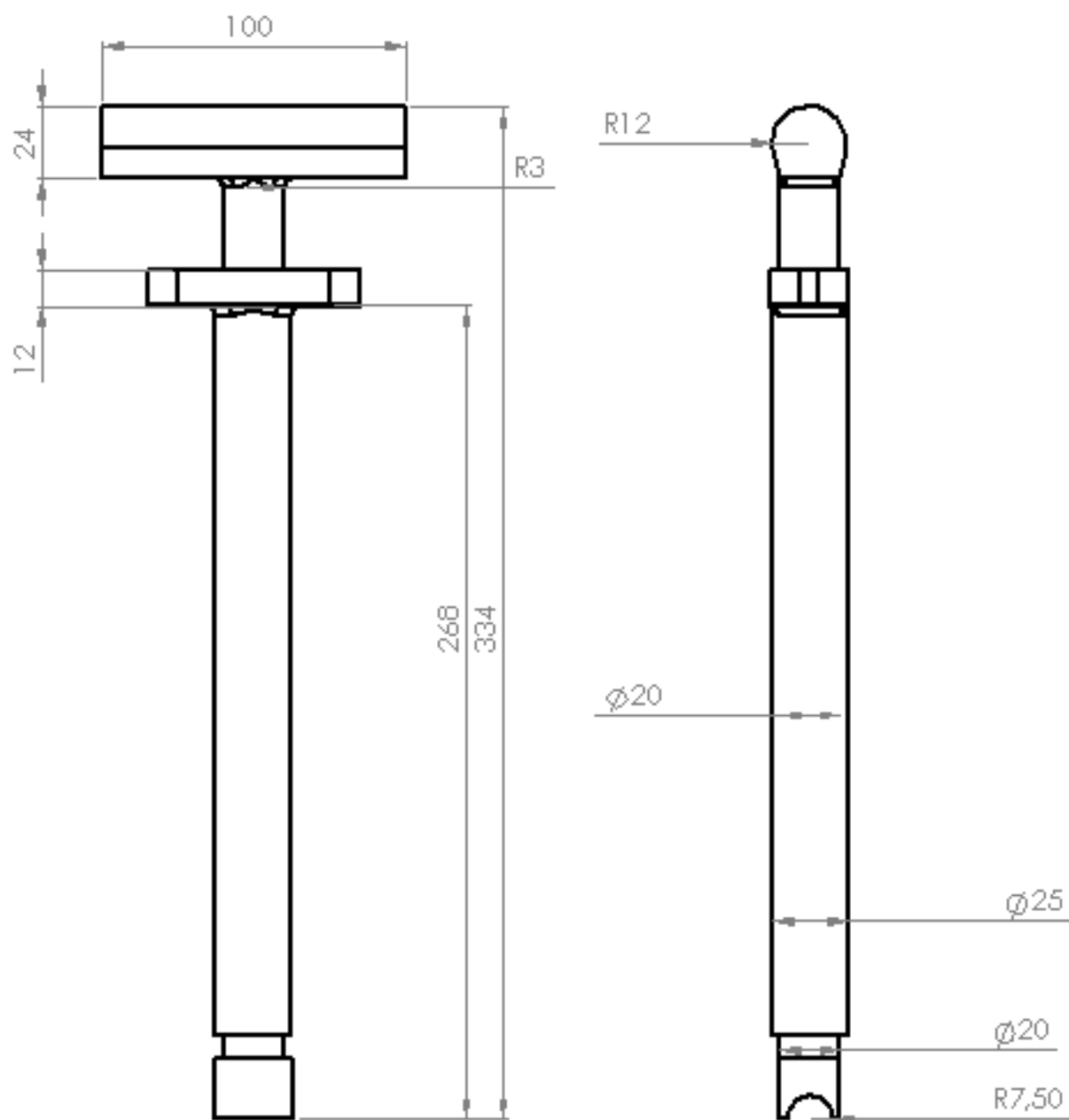
Akselbremsen bremser rotorakselen med en gummibremsekloss som trykkes mot akselen. Bremseklossen blir trykt mot akselen med en skrue som blir skrudd nedover av brukeren for å bremse.

### 4.10.1 Endelig design



Figur 34: Endelig design av aksellås

#### 4.10.2 2D-tegninger



Figur 35: 2D-tegninger av aksellås

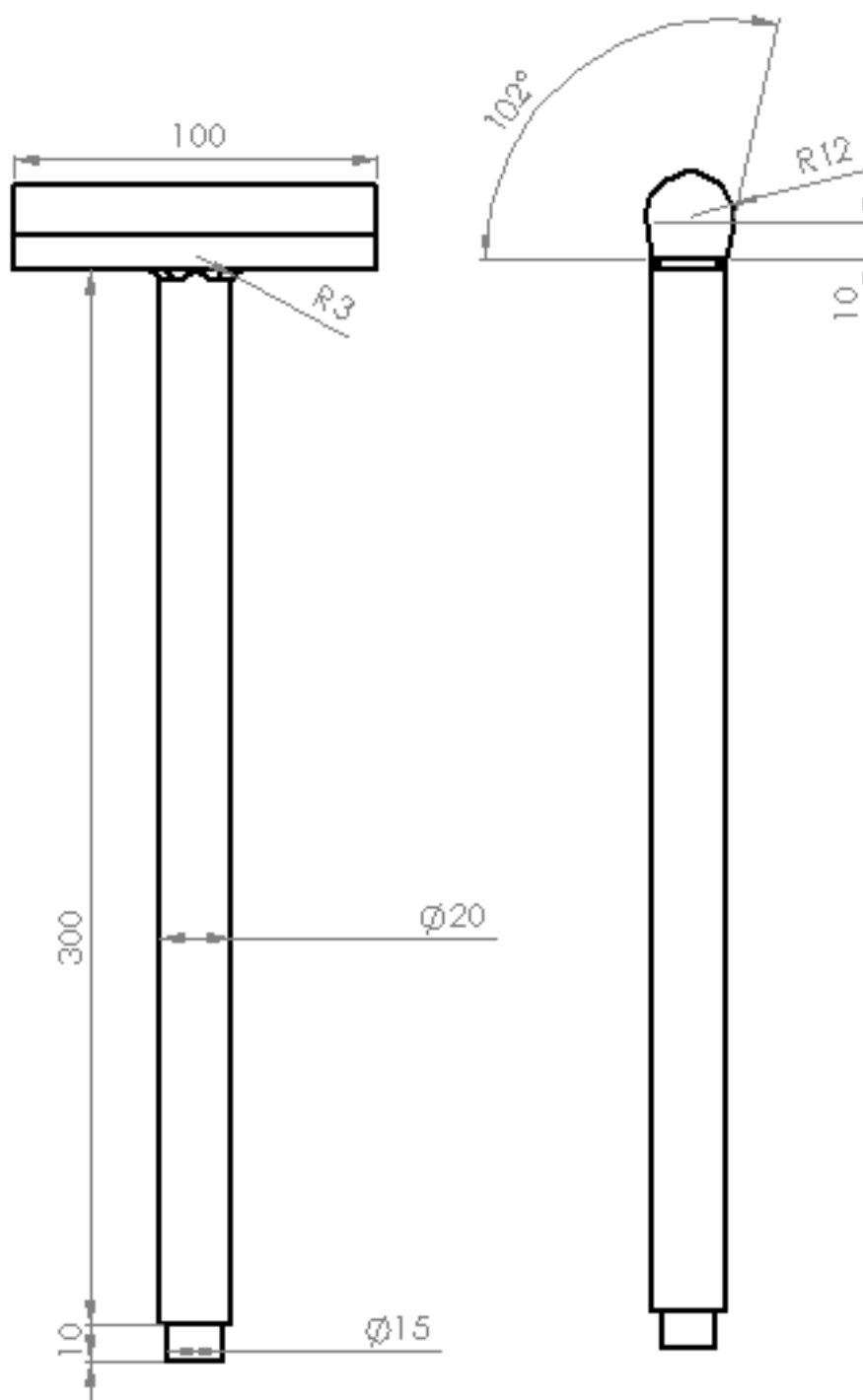
Strøm til Watt	12.05.15
Designdokument	Versjon 1.0

Tabell 29: Spesifikasjoner - Aksellås

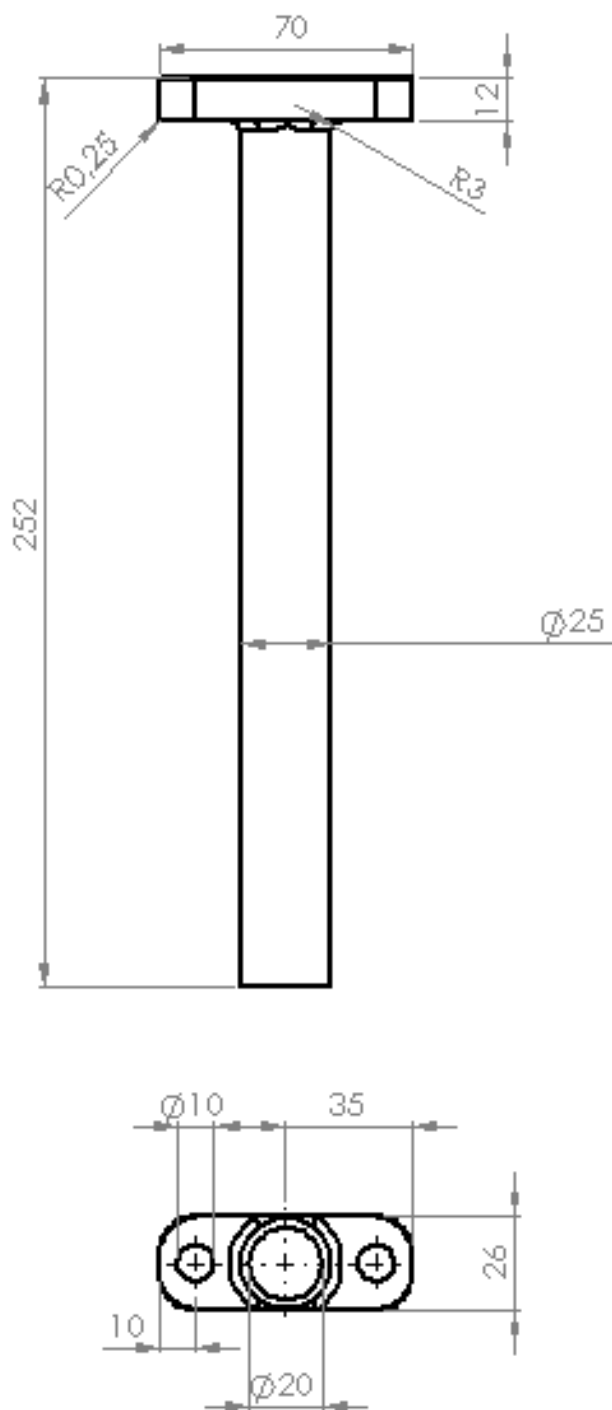
Materiale konstruksjon	AISI 316
Material bremsekloss	Vulkanisert gummi
Vekt	1,6 Kg

Tabell 30: Deleliste - Aksellås

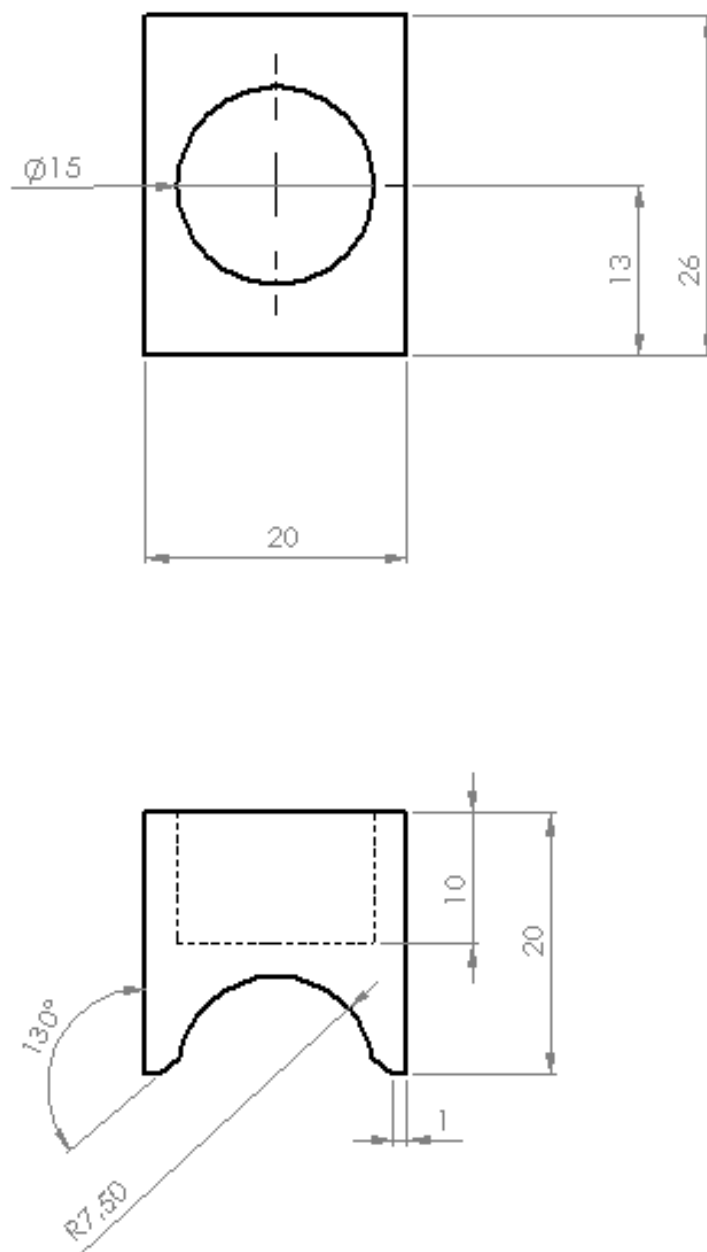
Navn	Beskrivelse
Skrue med håndtak	Trykker bremseklossen mot aksel
Gjengerør og feste	Trykker skrue og bremsekloss mot aksel
Bremsekloss	Bremser mot aksel

**Skrue med håndtak:**

Figur 36: Skruer med håndtak

**Gjengerør og feste:***Figur 37: Gjengerør og feste*



**Bremsekloss:***Figur 38: 2D-tegninger av bremsekloss*

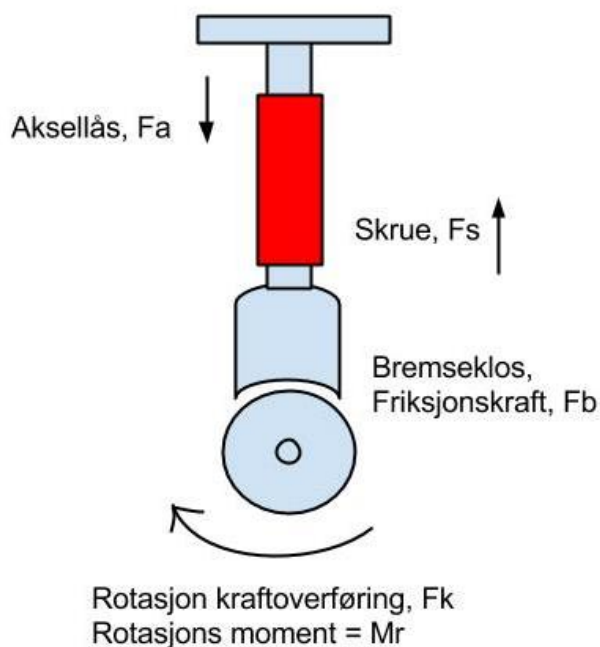
### 4.10.3 Innledning

Aksellåsen skal stoppe rotoren når turbinen står i en vannstrøm. Dette er beskrevet i krav 3.5.3.1. Rotoren skal kunne sikres når turbinen står i en vannstrøm hvis man skal ha ut greiner eller løv som har satt seg fast i rotoren, eller hvis det er andre grunner til å bevege verktøy eller kroppsdeler inn i turbinen og i nærheten av rotorbladene.

### 4.10.4 Metode

For å komme frem til designet er det først gjort idémyldring på design ut i fra kravet. Så er det regnet på hvilke krefter som virker på aksellåsen. Videre er det modellert design og valgt materialer ut fra materialanalysen. Det er så gjort utregninger på bremsekraft og gjenger.

### 4.10.5 Krefter



Figur 39: Krefter på akselen

Rotasjonsmoment fra akselen er  $M_r = 93 \text{ Nm}$  i henhold til analysen "beregningsgrunnlag". Kraften fra akselens overflate blir derfor  $F_k = M_r / \text{akselradius} = 93 \text{ Nm} / 0,0075 \text{ m} = 12400 \text{ N}$ . For å finne kraften som kan stoppe rotasjonen med friksjon brukes coulombs friksjonsutregning ( $R = \mu * N$ ).  $F_b = 12400 \text{ N} / 0,125 = 99,2 \text{ kN}$ . Dette er ut fra en friksjonskoeffisient på 0,125, denne blir grundigere gått gjennom i avsnittet om bremseklossen.

Kraften som utspiller seg normalt på akselen fra  $F_b$ , kommer fra  $F_a$ , og aksellåsen.

**Materialer:**

Materialet som vil bli brukt i store deler av konstruksjonen vil være AISI 316. Dette er en syrefast ståltype som er bestandig mot korrosjon<sup>(12)</sup>. Materialet er hentet fra anbefalte materialer som beskrevet for prosjektet i materialanalyse. Ut over dette vil det brukt korrosjonsbestandige deler fra leverandører innenfor gitte standarder.

Property	Value	Units
Elastic Modulus	193000	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.3	N/A
Tensile Strength	550	N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	137.9	N/mm <sup>2</sup>
Tangent Modulus		N/mm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient	1.6e-005	/K
Mass Density	8000	kg/m <sup>3</sup>
Hardening Factor	0.85	N/A

Tabell 31: Materialegenskaper AISI 316, hentet fra SolidWorks

Det er tenkt å bruke vulkanisert gummi på bremseklossen.

**4.10.5.1 Bremsekloss**

Bremseklossen som skal brukes av systemet må ha en så høy kinematisk friksjonskoeffisient som mulig, samtidig som materialet ikke må være så hardt at det skader akselen den skal bremse mot. Ut fra kinematisk friksjonskoeffisient blir det sett på kreftene som oppstår i akselens rotasjon og om dette lar seg stoppe med kraften fra aksellåsen og bremseklossen.

Det har lyktes å finne en kinematisk friksjonskoeffisient mellom gummi og sement i våte omgivelser. Denne er på 0,25 (13 s.147, tabell 5.1). Da vi kan regne med at bremseklossene våre er dekket med vann når de skal bremse, og at det skal bremses mot stål kan vi regne med en betydelig lavere koeffisient. Vi har regnet med at denne er så lav som halvparten av gummi mot sement for å være på den sikre siden,  $\mu_k=0,125$ .

For at bremseklossen skal stoppe akselen må friksjonskraften ( $R = \mu_k * N$ ) være større enn rotasjonskraften fra akselen.

Rotasjonskraften er 93Nm når akselen står stille i en vannstrøm på 5 m/s. Dette er den hurtigste vannstrømmen turbinen er konstruert for. Rotasjonskraften er hentet fra beregningsgrunnlag om generelle krefter som virker på turbinen. Ut fra dette momentet må bremseklossen, etter friksjonslikningen (Friksjonskraft= $\mu_k*N$ ) utøve 99,2kN på bremseklossen for å få akselen til å stoppe.

#### 4.10.6 Skruelokbling

Utrekningene til skruelokblingen er gjort med en gjengekalkulator fra Tribology ([http://www.tribology-abc.com/calculators/e3\\_6f.htm](http://www.tribology-abc.com/calculators/e3_6f.htm)). Med denne kalkulatoren har det blitt funnet den optimale størrelsen for forbindelsen.

Kreftene som skruen må klare å overføre på bremseklossen er 99,2kN som utregnet i delkapittelet om bremseklossen. Ut fra dette er det gjort utregninger i gjengekalkulatoren som sier at ved bruk av M20 gjenger i røret over 10 mm lagd av AISI 360 vil dette kunne stå imot 152,57 kN skjærspenning. Dette er gir en sikkerhetsfaktor på ca. 1,5.

Gjengene er ikke tegnet inn i tegningen, men er ment å stå langs hele skruerbolten, og i hele skruerøret.

<b>Metric size</b>	M20	
Effective length of engagement $L_e$ (0.75d for standard nut)	10	mm
Material shear strength of weakest part	550	MPa
<input type="button" value="Solve"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
pitch diameter $d_0 = (d_2 + d_3)/2$	17.7	mm
tensile stress area $A_t = \pi/4 d_0^2$	244.79	mm <sup>2</sup>
shear area $A_{th} = 0.5\pi d_0 L_e$	277.41	mm <sup>2</sup>
Shear strength $F = T A_{th}$	152.57	kN
Tensile stress $\sigma = F / A_t$	623.27	MPa

[www.tribology-abc.com](http://www.tribology-abc.com)

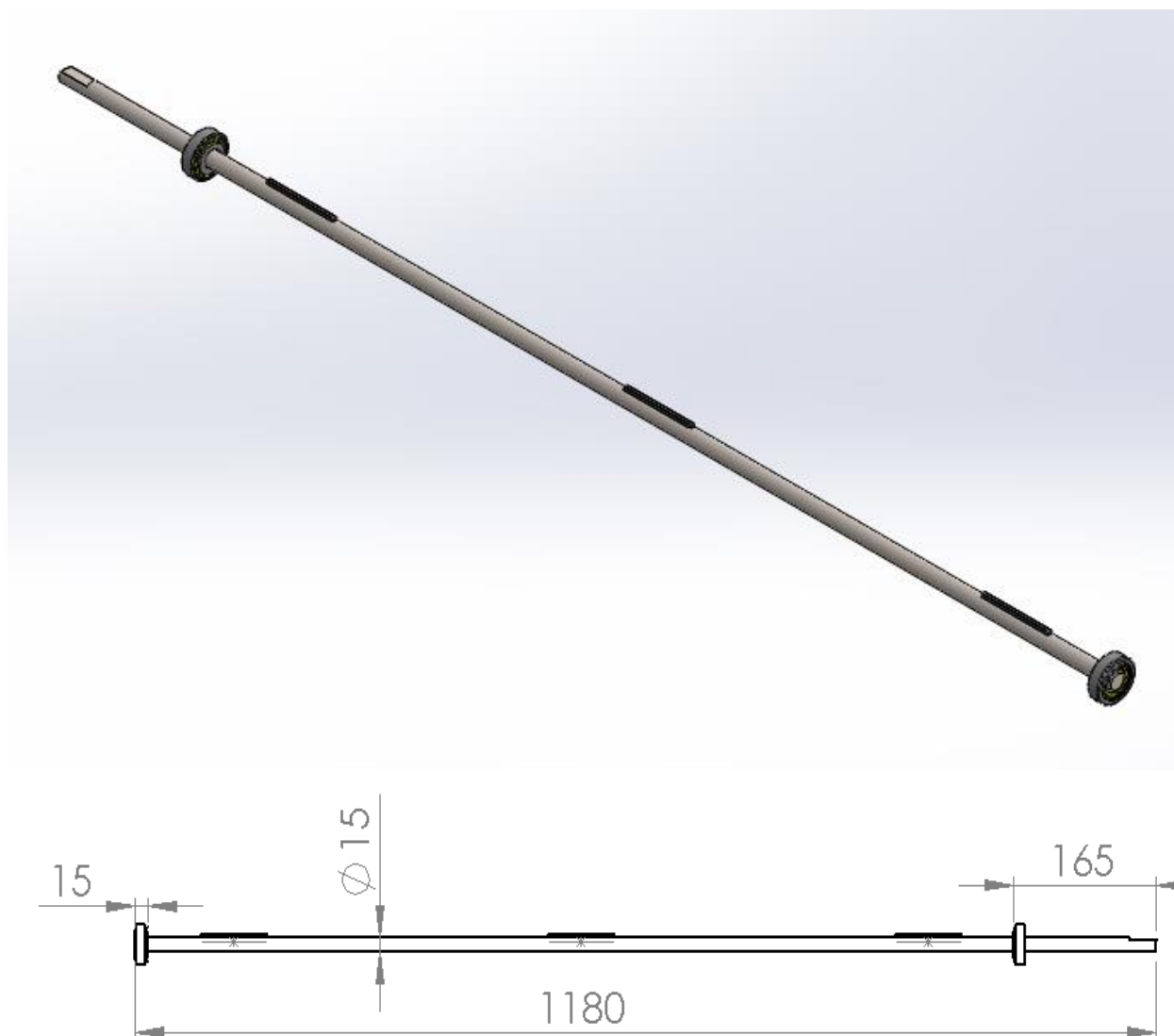
Figur 40: Kalkulator – Skruelokbling

#### 4.10.7 Konklusjon

Bremseklossen er gjort i vulkanisert gummi som skal trykke mot akselen når brukeren skruer på bremsen. Dette er tilsvarende funksjon som brukes på sykler før skivebremsene kom på markedet. Det er valgt å bruke M-20 gjenger i røret basert på utregning vist over.

## 4.11 Kraftoverføring

### 4.11.1 Endelig design



Tabell 32: Spesifikasjoner - Kraftoverføring

Vekt	1,7 kg
Lengde	1180 mm
Diameter	15 mm

#### 4.11.2 Deler

Delenavn	Beskrivelse	Kilde
Kile	Fester av rotor	Egenprodusert
Konisk rullelager, 30302 J2	Rullelager for aksiale og radielle krefter	SKF.com
Aksel	Fester rotor, og overfører mekanisk energi til generator	Egenprodusert

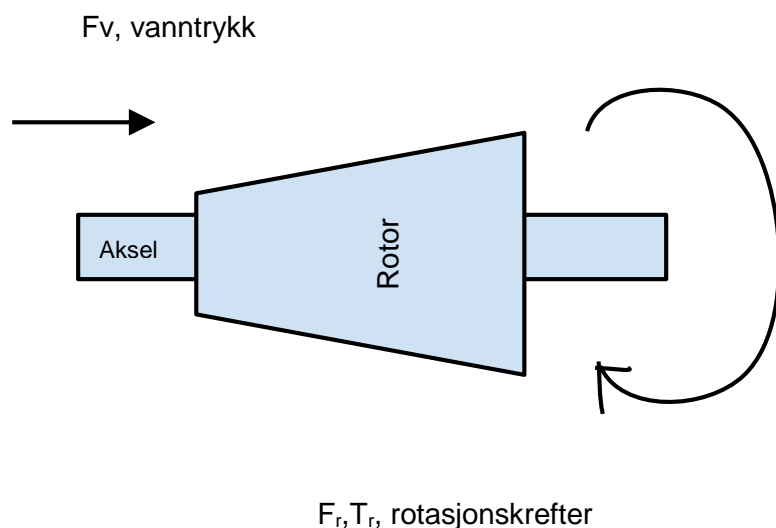
#### 4.11.3 Innledning

Kraftoverføringen skal overføre den mekaniske energien fra rotoren til generatoren. Ut fra konklusjonen gjort i teknologidokumentet for kraftoverføring skal kraftoverføringen designes som en rett aksel.

#### 4.11.4 Metode

For å komme frem til riktig design av akselen er det først gjort undersøkelser på kraftoverføring med aksel til rotor ved å se på lignende systemer. Ut fra dette er det gjort et generelt design i SolidWorks. Videre er det laget en oversikt over kreftene som påvirker konstruksjonen. Det er gjort styrkeberegninger for å finne de riktige lagrene og kilene for systemet. Til slutt er det gjort en FEM-analyse for å se på de største spenningene som kommer til opptre i akselen under bruk, og ut fra dette laget et ferdig design.

#### 4.11.5 Krefter



Akselen skal holdes på plass mot rotoren av kiler, en limhinne og opplagringer i hver ende av akselen. Den mest ekstreme kraftsituasjonen som akselen vil bli påvirket av i aksialretning er hvis rotoren stoppes med aksellåsen.

Etter krav 3.5.1.3 skal fullskala system skal tåle en vannstrøm på inntil 5 m/s. Denne strømmen med vann tilsvarer i krefter:

$$F = \frac{1}{2} \rho A C_D V^2 = \frac{1}{2} * 1000 \text{ kg/m}^3 * (0.25\text{m})^2 * \pi * 1.28 * (5 \text{ m/s})^2 = 3141,59\text{N}$$

Ut i fra beregningen gjort i beregningsgrunnlag vil kreftene som virker på rotoren være:

$$F_r = 1600\text{N}$$

$$F_v = 1600\text{N}$$

$F_r$  vil virke som moment på akselen. Ut fra beregninger gjort i beregningsgrunnlag totalmomentet ( $T_{rs}$ ) satt til 93Nm

I prosjektet generelt bruker vi en sikkerhetsfaktor på 1.5. Kreftene vi da kommer til å forholde oss til er vist under i utregningene:

$$F_{rs} = F_r * \text{sikkerhetsfaktor} = 1600\text{N} * 1.5 = 2400\text{N}$$

$$F_{vs} = F_v * \text{sikkerhetsfaktor} = 1600\text{N} * 1.5 = 2400\text{N}$$

$$F_{rs} = 93\text{Nm (kommer fra beregningsgrunnlag)}$$

### 4.11.6 Material

Materialet som vil bli brukt i konstruksjonen av akselen vil være AISI 316. Dette er en syrefast ståltype som er bestandig mot korrosjon<sup>(14)</sup>. Materialet er hentet fra anbefalte materialer som beskrevet for prosjektet i materialanalysen.

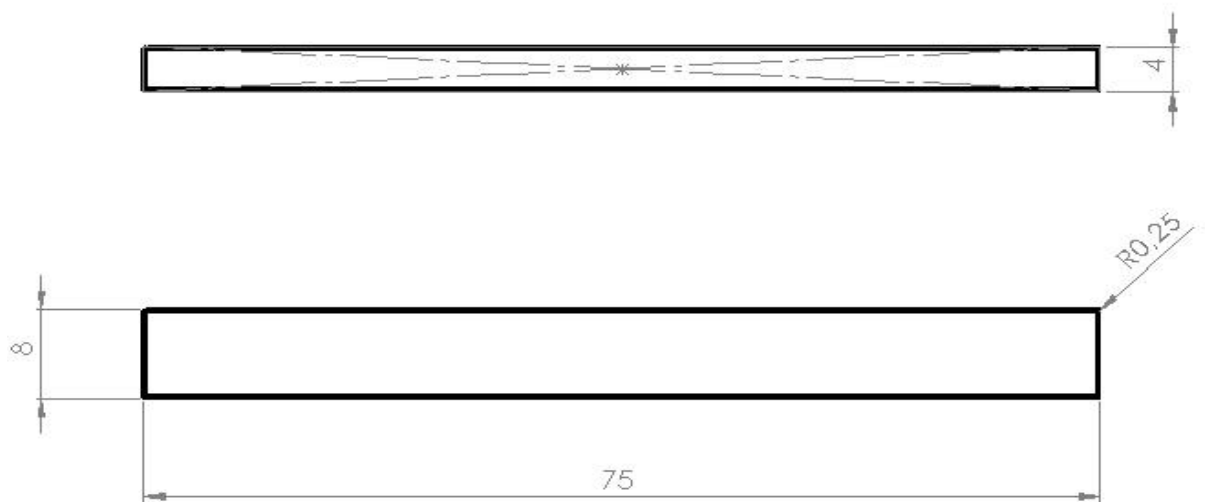
Tabell 33: Materialspesifikasjon hentet fra SolidWorks

Property	Value	Units
Elastic Modulus	193000	N/mm^2
Poisson's Ratio	0.3	N/A
Tensile Strength	550	N/mm^2
Yield Strength	137.9	N/mm^2
Tangent Modulus		N/mm^2
Thermal Expansion Coefficient	1.6e-005	/K
Mass Density	8000	kg/m^3
Hardening Factor	0.85	N/A

### 4.11.7 Resultater

#### 4.11.7.1 Kilene

Det ble først hentet kile fra standarder for kiler i Maskinhåndboka for yrkesopplæring ANS<sup>(15)</sup>. Etter en FEM analyse på akslene ble det konkludert med at kilene trengte å ha andre dimensjoner for tåle påkjenningene. Designet på kilene ble derfor endret. Kilene ble designet til å være 8 mm høye, og sitte i et 5 mm dypt sete.



#### 4.11.7.2 Feste av rotor i aksialretning

Designet har lagt opp til at rotoren limes på akselen og kilene. Limet det er lagt opp til å bruke er to-komponent Araldite. Dette limet kan brukes til å lime både metal og e-glass(16).

#### 4.11.7.3 Koniske rullelager

Etter å ha søkt på listene over koniske rullelager på SKF.com har det blitt valgt lager ut fra diameteren på aksel, og det at lagrene skal tåle kreftene som virker på de. Det er også tatt hensyn til den ytre diameteren til lageret da denne skal holde akslene på plass i feste til turbinen. For å finne frem til dynamisk belastning av radiallageret er det brukt en kalkulator på SKF.com. Kreftene som er tatt med i beregningen er tatt fra delkapittel om krefter.

##### Input parameters

<b>F<sub>r</sub></b>	0.45 kN
Radial load	
<b>F<sub>a</sub></b>	2.4 kN
Axial load	

##### Result

<b>P</b>	5.22 kN
Equivalent dynamic bearing load	

Figur 41: Parameteroversikt

Spesifikasjonene til lageret som er valgt er vist under. Det er tatt hensyn til en rotasjonshastighet på 1080 RPM. Dette er det dobbelte av hastigheten som generatoren



bruker for å produserer 12 V. For å komme fremt til konklusjonen under er det tatt i bruk lagerkalkulatoren til SKF.com.

Principal dimensions			Basic load ratings		Speed ratings	Limiting speed	Designation
d	D	T	dynamic C	static C <sub>0</sub>	Reference speed		* SKF Explorer bearing
mm			kN		r/min		-
15	42	14,25	22,4	20	13000	18000	30302 J2

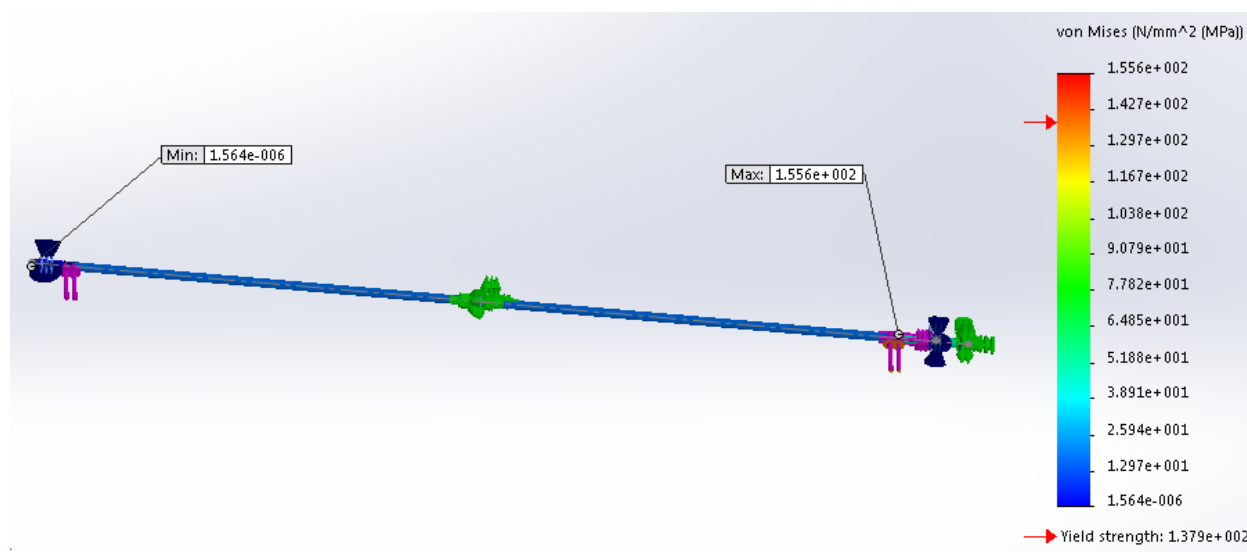
**Calculation factors**  
 $e$  0,28  
 $Y$  2,1  
 $Y_0$  1,1

Figur 42: Spesifikasjoner - Rullelager

Spesifikasjonene over er hentet fra SKF.com og katalogsøk gjort på akseldiameter på 12mm. Etter ikke å ha funnet aksiallager som passer til en aksel på 12 mm diameter måtte aksel diameteren endres til 15 mm diameter.

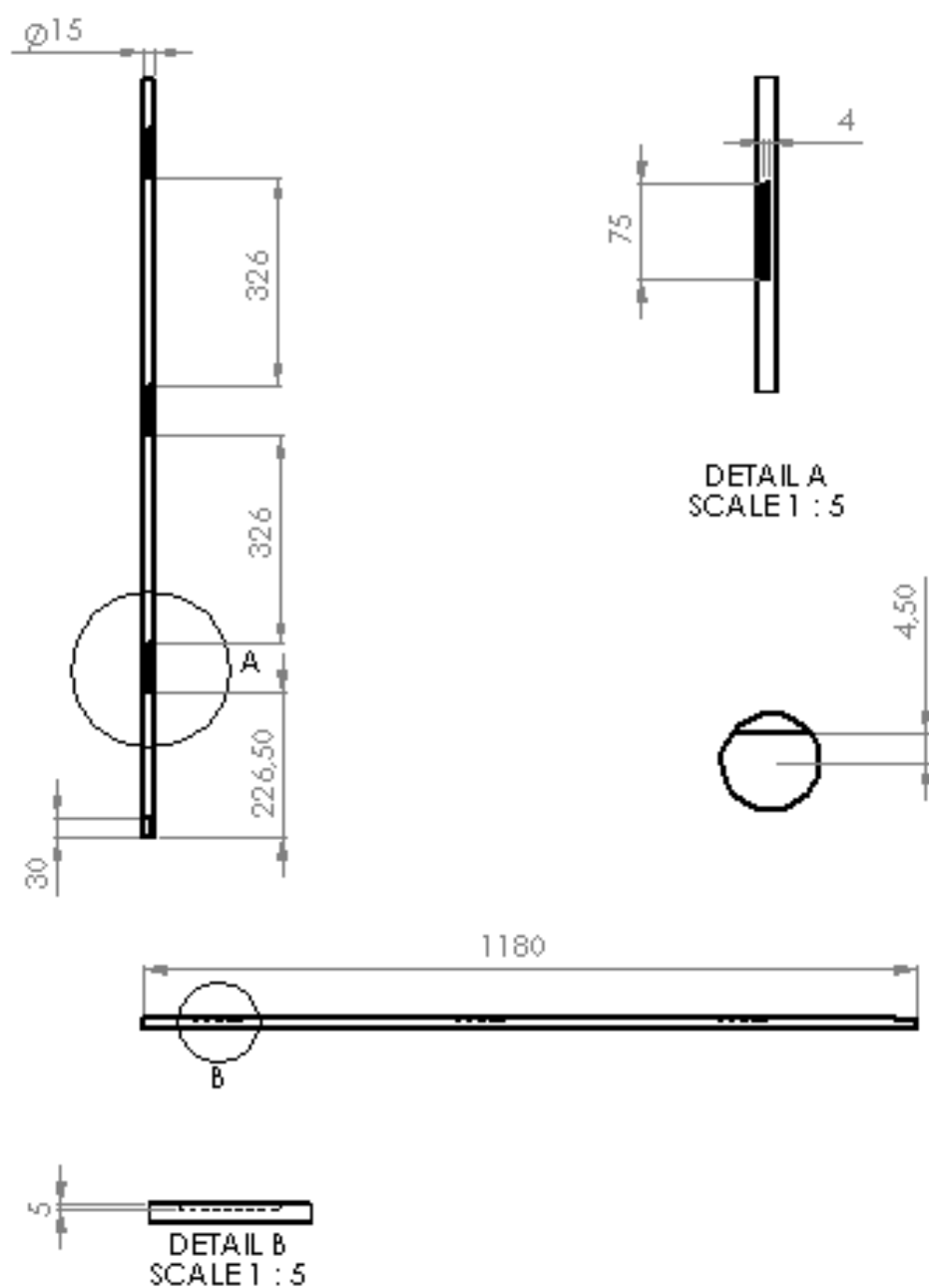
#### 4.11.7.4 Aksel

Det er valgt å bruke FEM-analyse i SolidWorks for å dimensjonere akselen. Etter FEM-analysen er akseldiameteren satt til 12 mm i diameter. Ved denne diameteren viser hovedstrukturen til akselen ingen problemer med å holde seg under flytegrensen på materialet. Det oppstår derimot tendenser til flyt i små punkter rundt kilene. Det at vi har brukt sikkerhetsfaktorer på eksterne krefter kan man konkludere med at akselen vil holde under de kreftene den er designet for. Illustrasjonen av FEM-analysen og kreftene som oppstår i konstruksjonen er under.



Figur 43: FEM analyse - Aksel

For designet av akselen er det satt en maskineringstoleranse h11 for å ha en fin overflatebehandling som gjør at lekkasjer ikke oppstår rundt pakninger som skal stenge for vannet inn til generatorhuset og pakningene rundt aksiallagrene.

*Figur 44: 2D bilde – aksel*

#### 4.11.8 Resultat

Akselens diameter ble til slutt satt til 15 mm i diameter for å passe med det koniske rullelageret som ble funnet hos SKF.com. Det var ikke mulig å finne et konisk rullelager med 12 mm diameter. Etter som dette er en større diameter enn det det er testet og gjort beregninger for konkluderer vi med at beregningene og testene som er gjort også gjelder for aksel med 15 mm i diameter.

## 4.12 Sikkerhetssystemet

### 4.12.1 Innledning

Sikkerhetssystemet har som hovedoppgave å varsle eier av enheten om den skulle være stjålet eller løsnet fra forankringen til land. Som en tilleggsoppgave skal systemet gi eier opplysninger om status på det oppladbare batteriet og hvor enheten befinner seg i form av gps-koordinater.

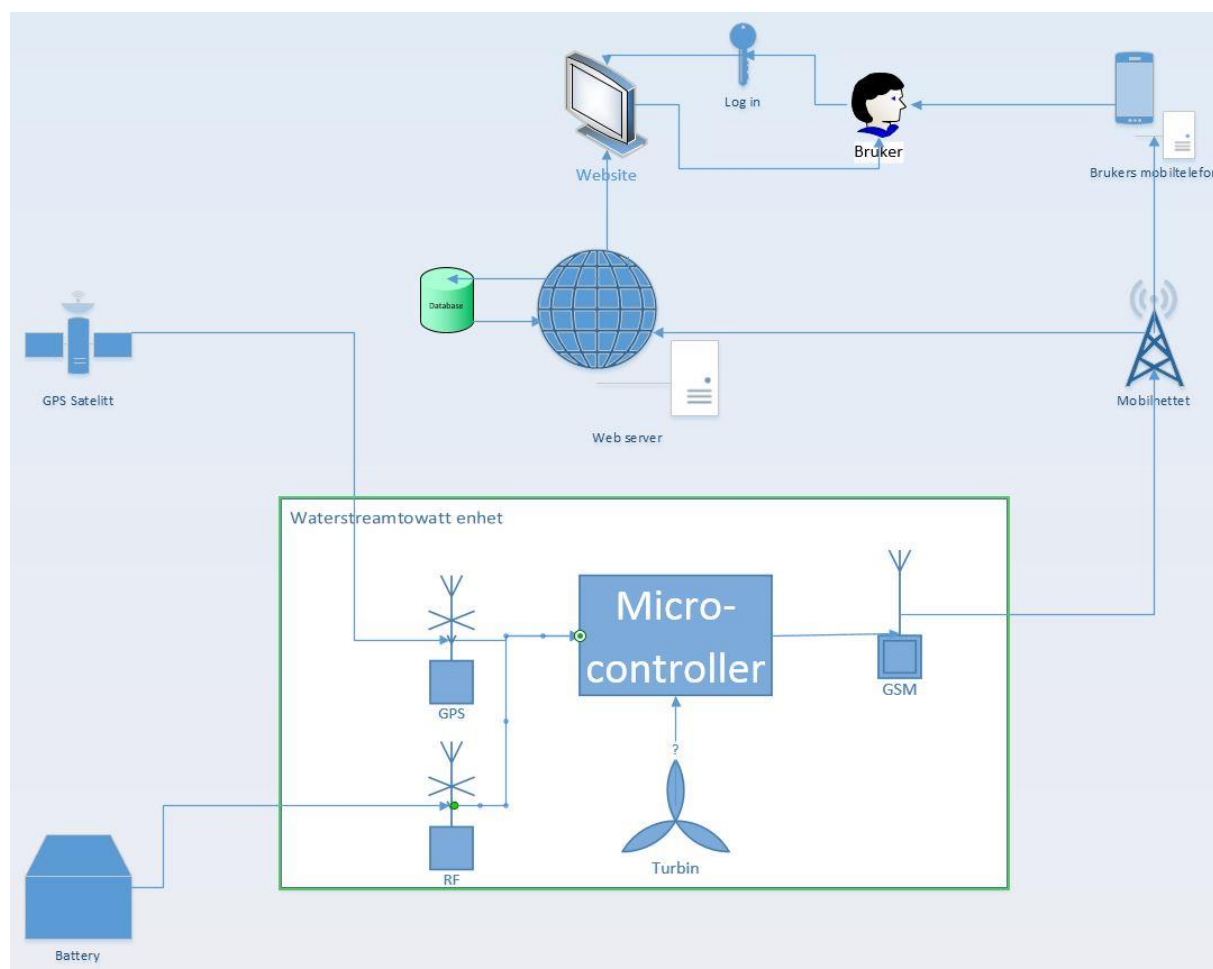
Eier har også en egen innloggingsside via websiden til produktet. På denne siden skal eier kunne få en visuell fremstilling av dataene/informasjonen som sendes fra enheten. Eier kan når som helst be om en oppdatering på systemets plassering og batteristatus gjennom innloggingssiden.

Ettersom systemet i hovedsak er tiltenkt hyttemarkedet som ikke er tilkoblet strømnettet, vil det være vanskelig å få kontakt med omverdenen gjennom noe annet enn GSM-nettet. Systemet vil derfor varsle eier gjennom GSM-nettet, noe som vil si at om eieren har en mobiltelefon vil han kunne motta varsling innen få sekunder. Koordinatene oppdateres hvert sekund. Hver eier låser sin enhets korrekte posisjon via sin innloggingsside. Dersom deres enhet forflytter seg mer enn 10 meter fra den låste posisjonen vil et automatisk varsel sendes til eierens mobiltelefon.

Sikkerhetsboksen på turbinenheten har et reservebatteri som gjør at den fremdeles vil kunne sende signaler selv om den kobles fra hovedbatteriet. Dette reservebatteriet holder i 72 timer uten tilføring av strøm fra turbinen

## 4.12.2 Metode

### 4.12.2.1 Turbinenhetens informasjonsteknologiske system



Figur 45: Flow-chart sikkerhetssystem

#### 4.12.2.2 Mikrokontroller

For å komme frem til et system som styres av en mikrokontroller og som skal kunne sende data til websiden gjorde vi research på hva slags mikrokontroller som enkelt kan kobles til enheter som sender over GSM-nettet. Vi trengte enheter som kunne motta GPS-signaler og som kunne sende data over korte distanser (kommunikasjon mellom enhet i vann og batteripakke på land). Vi valgte å gå for Arduino fordi koblingsmulighetene mot GSM og GPS var gode, det var enkelt å få tak i deler, det var kostnadseffektivt og brukergrensesnittet var det enkleste av mikrokontrollerene som vi gjorde research på (for sammenligning se Teknologidokument - Mikrokontroller).

Strøm til Watt	12.05.15
Designokument	Versjon 1.0

#### **4.12.2.3 GPS-enhet**

Ettersom vi valgte Arduino som mikrokontroller måtte vi finne en GPS-enhet som var kompatibel med denne. Her har vi gjort research på hvilke GPS-enheter som er kompatible og vi har valgt å gå for den rimeligste da det var lite som for øvrig skilte enhetene fra hverandre (for sammenligning se Teknologidokument - Posisjonering).

#### **4.12.2.4 GSM-enhet**

Ettersom vi valgte Arduino som mikrokontroller måtte vi finne en GSM-enhet som var kompatibel med denne. Vi gjorde research på hvilke enheter som kan sende informasjon til internettet og landet på valg av en GSM-enhet. Grunnen til dette var at produktene våre vil kunne plasseres i områder hvor eneste tilgjengelige kommunikasjonsnettverk er nettopp GSM-nettet. Vi gjorde deretter research på hvilke GSM-moduler som kunne passe til vårt formål. Vi fant lite forskjeller mellom de ulike modulene og valget falt derfor på den rimeligste (for sammenligning se Teknologidokument – Digital langdistansekommunikasjon).

#### **4.12.2.5 Kortdistansekommunikasjon**

Sikkerhetssystemet på turbinenheten skal kunne motta informasjon fra batteripakken som står på land. Avstanden mellom disse vil aldri overgå 50 meter så det var behov for en enhet som kan sende informasjon over minst denne distansen. Vi gjorde research på enheter for overføring av data og valgte å gå for en RF-sender fordi denne var rimelig og enkelt sender data over en distanse på 50 meter (for sammenligning se Teknologidokument – Kortdistansekommunikasjon).

#### **4.12.2.6 Webside**

Vi gjorde research på hvor vi skulle plassere hjemmesiden. Valgene stod mellom privat server, webserver eller skolens server. Valget falt på privat server grunnet pris samt best tilgjengelighet. Vi utførte research for å finne ut hvilken software som var mest brukervennlig for å programmere hjemmesiden. Vi gjorde også reseach på hvordan vi skulle klare å få data fra GSM nettet i form av SMS til websiden og visa versa.

### 4.12.3 Resultater

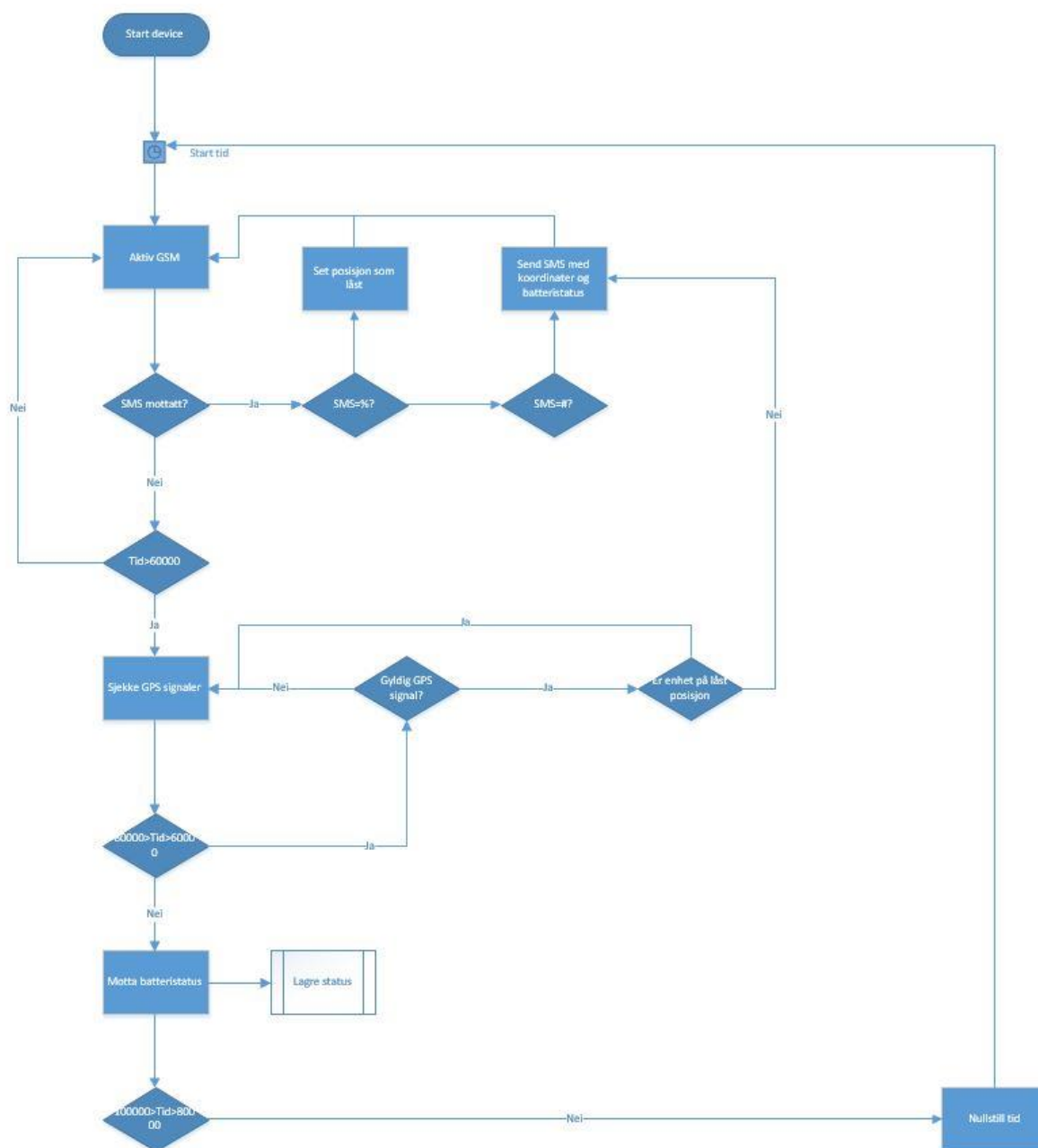
#### 4.12.3.1 Turbinenhetens informasjonsteknologiske system

Det vi hadde behov for at systemet skulle utføre av oppgaver innebar:

- Gi informasjon om produktets plassering
- Motta forespørsler fra webside
- Låse GPS-koordinatene fast på forespørsel fra webside
- Oppdatere egne koordinater hvert sekund
- Sende beskjed til eier dersom koordinatene endres med mer enn 10 meter
- Kommunisere mellom turbinenhet og batteripakke
- Kunne sende informasjon om batteristatus på forespørsel fra webside

GPSEN vår står nå og oppdaterer seg hvert sekund og sammenligner koordinatene med den låste posisjonen. Om koordinatene avviker med mer enn 10 meter fra den låste posisjonen aktiverer den GSM-enheten som sender en tekstmelding til eier med den nye posisjonen. Dette fungerer som en alarm både med tanke på tyveri og dersom enheten skulle løsne og drive av gårde. Vi har også koblet til et reservebatteri til enheten slik at denne informasjonen fortsatt kan sendes dersom den skulle kobles fra hovedbatteriet på land. Dersom enheten mottar signal gjennom GSM-enheten med tegnet # så aktiverer dette en funksjon som sender batteristatus og GPS-koordinater tilbake. Dersom enheten mottar tegnet % setter den nåværende posisjon som sin låste posisjon.

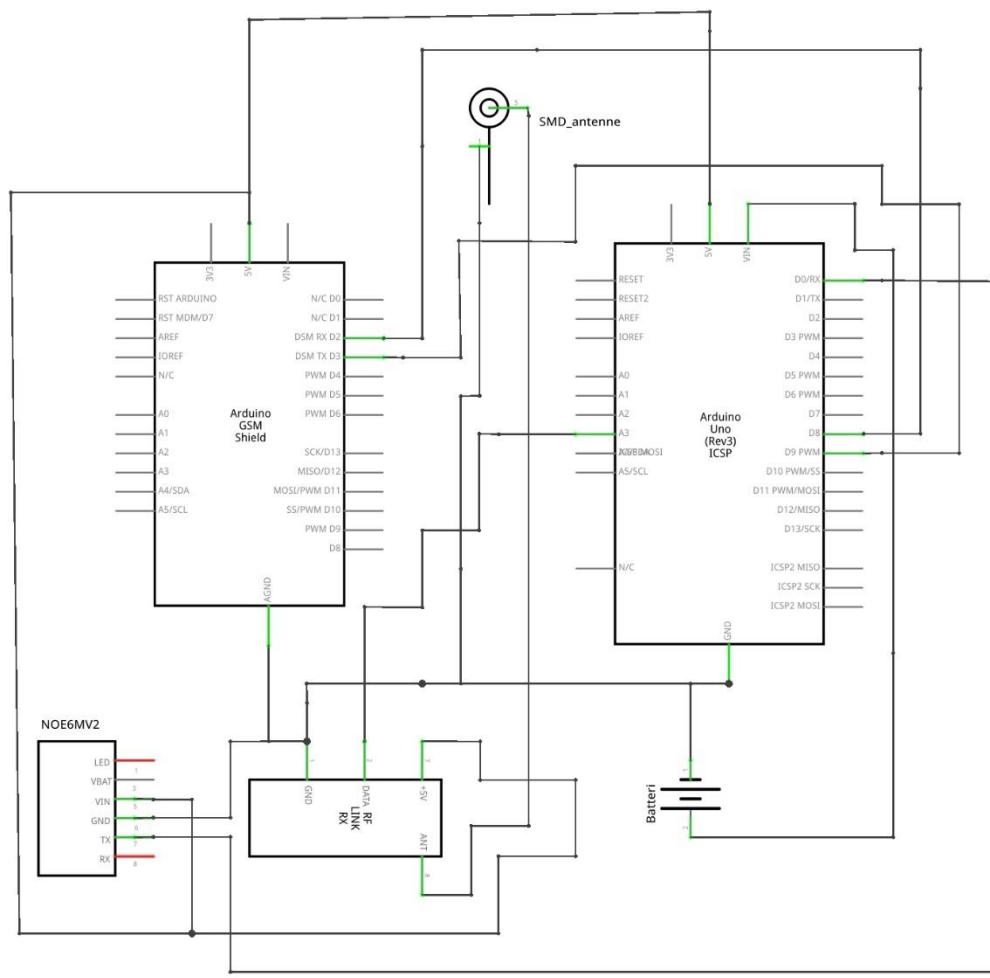
Under vises en ASMD-chart (Algorithmic State Machine with Datapath) av sikkerhetssystemet. Dette skjemaet viser hvordan sikkerhetssystemet fungerer. Vårt system krever at Arduinoen kan håndtere tre prosesser: GSM, GPS og RF. Ettersom Arduino mikroprosessor kun kan kjøre en prosess av gangen må den bytte på hvilken prosess den skal kjøre. For å bestemme hvilken som kjører når starter vi en timer og lar GSM kjøre i 60 sekunder, GPS i 20 og så RF i 20 sekunder, før prosessen repeteres. Dette illustreres i Figur 46.



Figur 46: ASMD-chart av sikkerhetssystem på turbinrammen.

GSM, GPS og RF er koblet sammen med Arduino mikrokontrolleren. Sammenkoblingen av disse er illustrert i Figur 47 som viser enhetene med navn og hvilke tilkoblingspunkter som er brukt på de overnevnte.

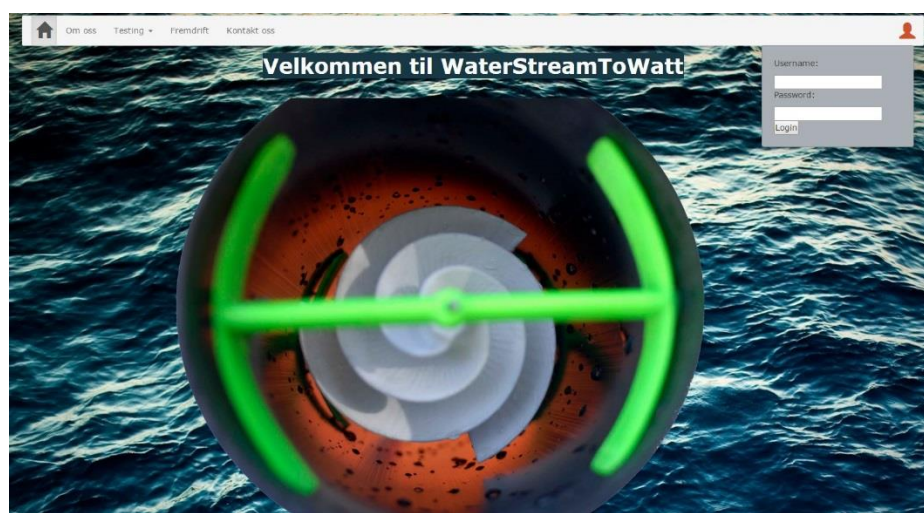




Figur 47: Kablingsskjema av sikkerhetssystemet på turbinrammen

#### 4.12.3.2 Website

Vi har valgt å lage en website med informasjon om prosjektgruppen og hva vi holder på med. Dette er ikke bare for å gi andre interesserte informasjon om prosjektet men også for å holde oppdragsgiver oppdatert på fremgangen. Siden kan også brukes som en reklame/promo for systemet som oppdragsgiver kan bruke for å få oppmerksomhet rundt produktet i næringslivet.



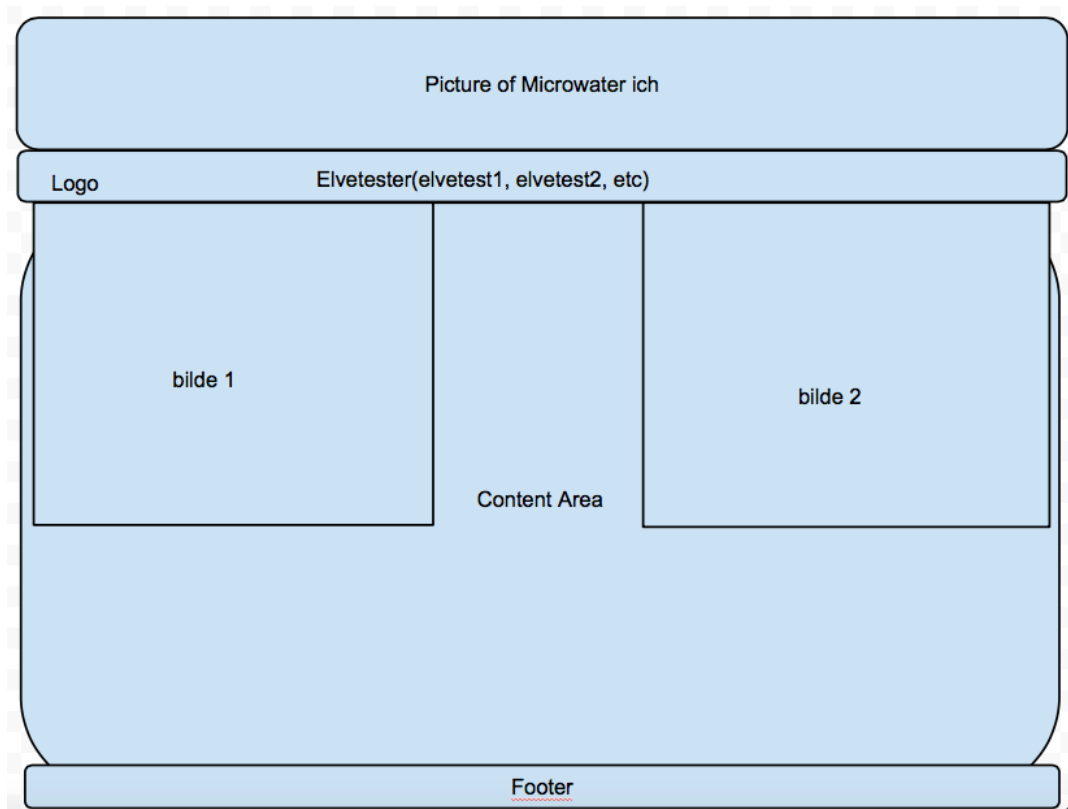
Figur 48: Forside webside

I tillegg har siden en innloggingsfunksjon hvor hver enkelt eier kan kommunisere med sikkerhetssystemet på turbinrammen. Denne websiden er satt opp på en Synology DS 414j server med operativsystem DSM 5.2. Vi bruker MariaDB som database håndterer. MariaDB er et administrasjonssystem for relasjonsdatabaser og er kompatibelt med MySQL. Som phpMyadmin versjon er det brukt versjon 4.3.0.

Om det brukes annen programvare kan vi ikke garantere for at websiden fungerer som den skal.

### Designet av hovedsiden

I begynnelsen laget vi en mal i googledraw, slik at vi hadde noe å gå etter. Sluttdesignet ble litt annerledes fordi ønsker om endringer av utseende og funksjoner kom underveis i prosessen.



Figur 49: Den første malen for utseende av websiden.

Vi delte opp strukturen i tre hovedcontainers. En til menylinjen, en til hovedinnholdet og en til en footer som kun inneholder navn på produsent av siden.

Bakgrunnsbildet er konstant uavhengig av hvordan du navigerer deg rundt på siden. Vi valgte et bilde av vann for å være i samsvar med produktet som nettstedet representerer. I begynnelsen hadde vi en marg rundt bakgrunnen, men fjernet denne margen fordi det så bedre ut.

### **Bakgrunn CSS:**

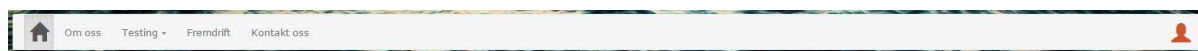
```
*  
{  
margin: 0;  
padding: 0;  
}  
body  
{
```

```
font-family: Verdana, Arial, Geneva;  
/* Margin bottom by footer height */  
margin-bottom: 60px;  
margin:60px;  
margin-top:10px;  
background:url(web_images/background1.jpg) no-repeat;  
background-size:100% 100%;  
}
```

Dette er koden for å få bildet over hele bakgrunnen. Vi laget en template til de viktigste og største blokkene. Disse templatene blir forklart senere. Å legge templatene i egne filer gjør det enklere å gå til en fil for å endre blokkene i stedet for å lete gjennom hele index.php filen. Se vedlegg F for kode til index.php.

Malen for navigasjonsfeltet har vi fra getbootstrap.com (figur 49). Dette valget ble gjort både basert på designet og brukervennligheten av navigeringslinjer til bootstrap. Se vedlegg G for kode. Vi brukte også getbootstrap.com for utformingen av noen av knappene på navigasjonslinjen. Innloggingsikonet og huset (hjem) har vi også hentet fra bootstrap. De var litt for små for navigasjonsfeltet, derfor laget vi en kode for å doble størrelsen på disse. Kode for dette under.

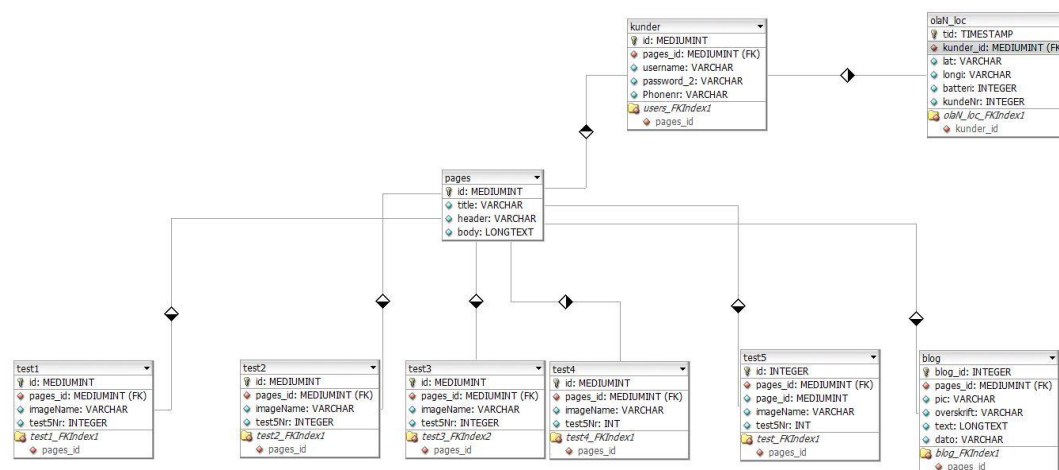
```
.doubleSize  
{  
-webkit-transform: scaleX(2) scaleY(2);  
-moz-transform: scaleX(2) scaleY(2);  
}
```



Figur 50: Navigasjonslinjen

Vi har laget en cookie funksjon for å sjekke om «my site» siden skal være aktiv. Om cookie ikke er gyldig vil ikke «min side» synes på navigasjonslinjen.

All informasjon på websiden er lagret i en database. Dette gjelder både informasjon om prosjektet som ligger der fra før, samt informasjonen knyttet til eierne som vil registreres fortløpende. Bruken av database gjør at vi har fått en dynamisk webside. Dette betyr at innholdet forandres basert på hva brukeren trykker på, samtidig som websiden gjenbraker en del elementer når ny side lastes, slik at det går raskere enn om alt skal lastes på nytt. Det er kun endret informasjon som lastes fra databasen for hvert valg. For oppbygging av websiden, samt for kommunikasjonen mellom websiden og databasen, har vi brukt programmeringsspråkene html, javascript, php og sql. Oppbyggingen av databasen illustreres i figur 50.



Figur 51: Bilde av hvordan database er bygget opp

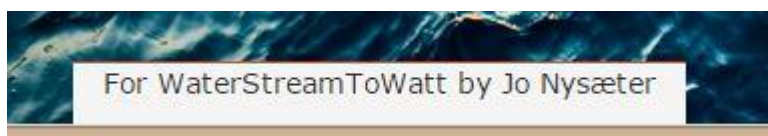
Tabell	Handling	Rader	Type	Sammenligning	Størrelse	Overheng
blog	Se på Struktur Søk Sett inn Tøm Slett	17	InnoDB	utf8_general_ci	16 KiB	-
kunder	Se på Struktur Søk Sett inn Tøm Slett	3	InnoDB	utf8_general_ci	32 KiB	-
olaN_loc	Se på Struktur Søk Sett inn Tøm Slett	8	InnoDB	utf8_general_ci	16 KiB	-
pages	Se på Struktur Søk Sett inn Tøm Slett	12	InnoDB	utf8_general_ci	16 KiB	-
test1	Se på Struktur Søk Sett inn Tøm Slett	7	InnoDB	utf8_general_ci	16 KiB	-
test2	Se på Struktur Søk Sett inn Tøm Slett	15	InnoDB	utf8_general_ci	16 KiB	-
test3	Se på Struktur Søk Sett inn Tøm Slett	17	InnoDB	utf8_general_ci	16 KiB	-
test4	Se på Struktur Søk Sett inn Tøm Slett	11	InnoDB	utf8_general_ci	16 KiB	-
test5	Se på Struktur Søk Sett inn Tøm Slett	12	InnoDB	utf8_general_ci	16 KiB	-
9 tabeller	Sum	102	InnoDB	utf8_general_ci	160 KiB	0 B

Figur 52: Bilde av strukturen til database i phpMyadmin

Noen elementer på nettstedet er konstante uavhengig av hvilken menyvalg man gjør. Hver side på nettstedet har en overskrift som kommer fra databasen. Forbindelsen til datatbasen blir gjort i setup filen. Se vedlegg H for kode.

### Footeren

Footeren er også en standard som alltid er fremme. Denne endres ikke uansett hva man gjør på siden.



Figur 53: Footeren på websiden, med navnet på eieren/ produsenten av nettstedet

CSS for footer:

```
.footer
{
border-top:1px solid;
border-top-color: rgba(207, 84, 43, 1);
position: absolute;
bottom: 0;
width: 100%;
/* Set the fixed height of the footer here */
height: 60px;
background-color: #f5f5f5;
}
```

### Navigasjonslinjen

Navigasjonsfeltet forblir også konstant uavhengig av navigasjon på nettstedet. Innholdet på hver side kommer fra databasen, og endringer er avhengig av ditt valg på navigasjonsfeltet.

Valgene består av:

- Hjem
- Om oss
- Testing
  - o 1. Elvetest
  - o 2. Elvetest
  - o 3. Elvetest



- 4. Elvetest
- 5. Elvetest
- Fremdrift
- Kontakt oss
- Min side (vises kun om bruker er logget inn)

Hjem: Overskriften sier "Velkommen til WaterStreamToWatt". Under overskriften er et bilde av vår enhet.

Om oss: Denne siden gir en kort introduksjon av bachelorgruppen . Det er også et bilde av gruppen i aksjon sammen med vår oppdragsgiver.

Testing: Disse sidene gir en beskrivelse av hvordan vi har testet enheten vår så langt, og viser også bilder fra prosessen. På denne siden har vi også brukt en bildefremviser (figur 53) for å navigere gjennom bildene fra de ulike testene. Jeg brukte <http://www.jssor.com/demos/image-slider.html> for å lage bildefremviseren på test-sidene.



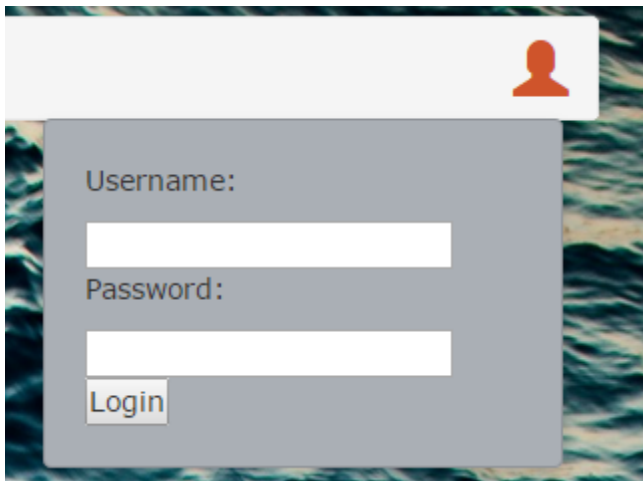
Figur 54: Bilde av bildefremviseren, templatene er fra <http://www.jssor.com/download.html>

For CSS-kode til bildefremviserens se vedlegg I.

Kontakt oss: Kontaktsiden viser et bilde av hvert enkelt gruppemedlem, og deres kontaktinformasjon.

Logg inn: Når du trykker på "Logg inn"-ikonet vil et pop up-vindu vises (figur 8). Her kan kundene skrive inn brukernavn og passord. Vi hadde store problemer med denne rullegardin-menyen, problemet var å få den til å holde seg synlig lenge nok til å kunne taste inn brukernavn og passord, derfor brukte vi javascript for å gjøre så det holder seg åpent. Se kode under.

```
$('#body').on('click', function (e)
{
  if (!$('li.dropdown.mega-dropdown').is(e.target) && $('li.dropdown.mega-
dropdown').has(e.target).length === 0 && $('li.open').has(e.target).length === 0)
  {
    $('li.dropdown.mega-dropdown').removeClass('open');
  }
})
```



Figur 55: Logg in vindu

Når du har logget inn med med brukernavn og passord vil en meny-knapp som heter "Min side" dukke opp på navigasjonsfeltet og innloggingsknappen endres til brukernavnet og får en rullegardinmeny der brukeren kan velge å logge av (figur 55).

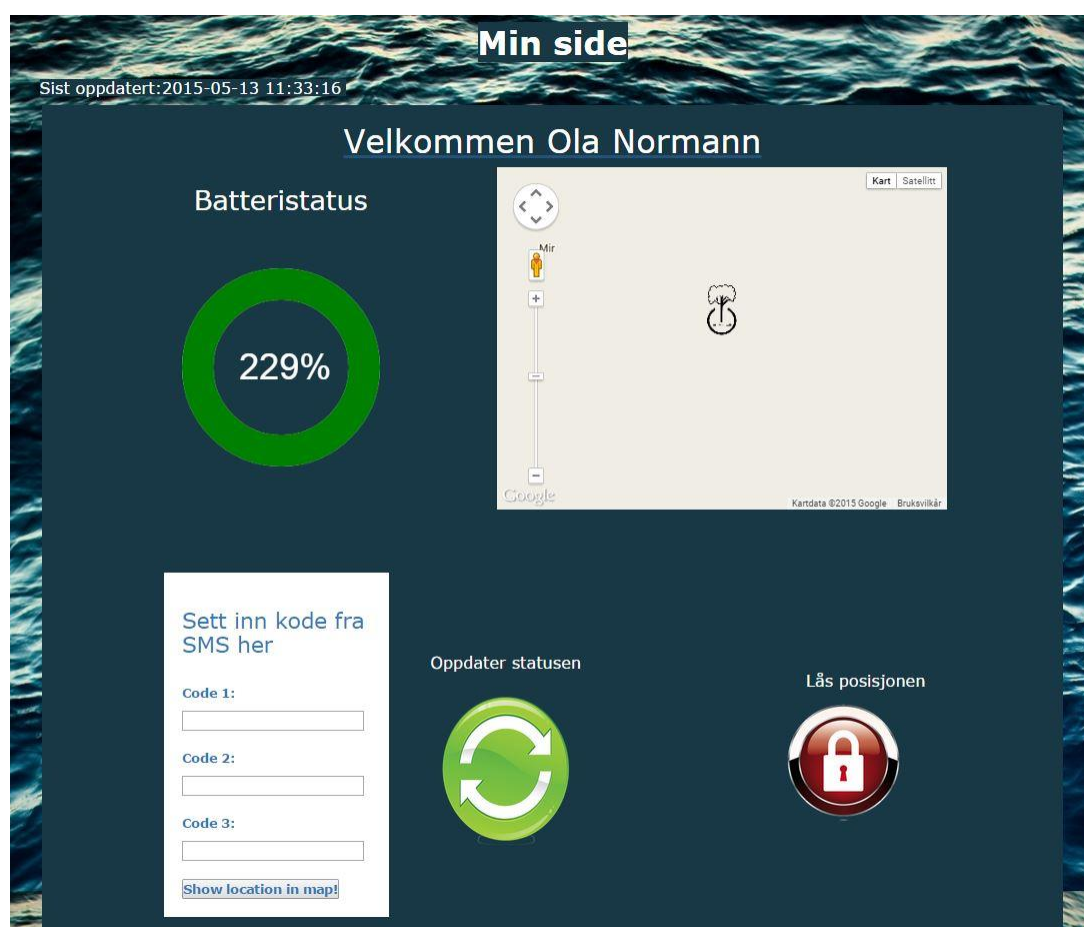


Figur 56: Bilde av navigasjonslinjen når bruker har logget seg inn



## Min side

"Min side" valget på navigasjonslinjen tar deg til din egen personlige informasjonside hvor du får informasjon om hvor enheten befinner seg, batteristatus, sist oppdatert, du kan låse posisjonen til enheten slik at du blir varslet når den er utenfor sitt "hjem", du kan be om en oppdatering av status og å informasjon om når den sist ble oppdatert. Det som skjer når du trykker "Lås posisjon" er at en SMS med tegnet "%" blir sendt til enheten som betyr at den låser posisjonen. Trykker man "oppdater" sendes tegnet "#" som får enheten til å sende statusoppdatering tilbake. Batteristatus vises i form av en sirkel som fylles opp prosentvis i tråd med batteriets opplading. Enhetens posisjon vises i et kart hvor produktets logo markerer enhetens posisjon. Øverst på siden vil man og kunne se tidspunkt for siste oppdatering av informasjonen som vises. For at vi skulle klare å sende data ut på GSM i form av SMS fra hjemmesiden bruker vi Clockworksms. Dette er en tjeneste hvor vi lager ett abonnement hos Clockwork som gjør at vi kan sende data via dems server også står dem for å sende dataene videre ut på GSM nettet referanse til clockwork.com(17).



Figur 57: Bilde av "min side" som man trenger passord for å få tilgang til

Strøm til Watt	12.05.15
Designdokument	Versjon 1.0

Se vedlegg J for CSS-kode til "Min side" og vedlegg K for HTML koden.

Logg ut vindu/rullgardin kommer frem om du trykker på innloggingsnavnet oppe i høyre hjørnet:



Figur 58: Navigasjonslinje med log ut valg

Ved å trykke "logg ut" vil cookie kanseleres og min side taben forsvinne fra navigasjonslinjen.

### SendSMS filen

SendSMS filen sender tegnene forklart tidligere og sender den til Clockwork server, som sender den til GSM-nettet. For koden til SendSMS funksjon se vedlegg L.

### .htaccess filen

forteller serveren hva den skal gjøre når noen prøver å få tak i en fil som ikke er der eller om serveren får en error. Koden ses under.

```
# 1 ---- Establish a custom 404 File not found----
```

```
ErrorDocument 404 /filenotfound.php
```

```
# 2 ---- Prevent directory file listing in all of your folders ----
```

```
IndexIgnore *
```

### FileNotFound filen:

Dette er filen du havner hos om du prøver å få tilgang til en fil som ikke er der.

Kode:

```
<?php
```

```
echo "<h1>Sorry, this file was not found.</h1><br>
```

```
<a>Press back in your browser to keep learning about our product</a><br><br>
```

```
<a>--WaterStreamToWatt--</a>
```

```
";
```

```
?>
```

**Cookie:**

Når man logger seg inn suksessfullt blir cookie satt til aktiv i 1200 sekunder. Når man logger av blir tiden nullstilt. Se kode under.

Set:

```
$seconds =1200 +time();  
setcookie(loggedin,date("F jS - g:i a"), $seconds );
```

Cancel:

```
$seconds =-10 + time();  
setcookie(loggedin,date("F jS - g:i a"), $seconds );
```

**Logo i tab**

For å få prosjektets logo i tab'en i nettleseren har vi lagt til denne koden i headern.

```
<link rel="shortcut icon" href="web_images/logo.gif" />
```

**Fremdrift siden**

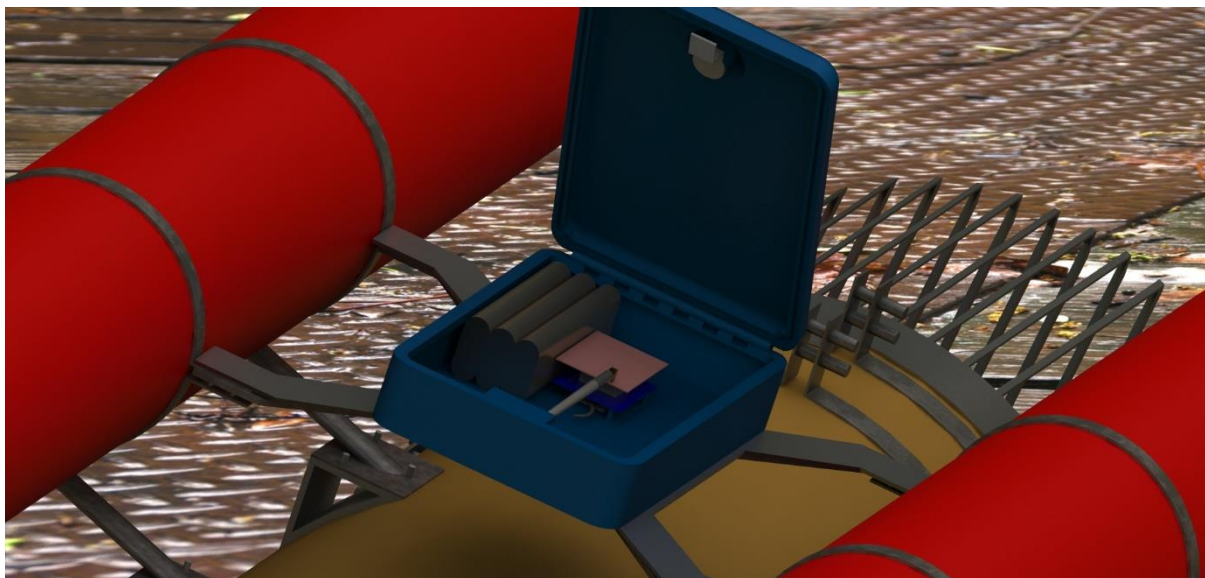
Dette er koden for hvordan vi har bygget opp fremdriftssiden.

**<?php**

```
for ($i=$ant;$i>0;$i--)  
{  
    $blog = data_blog($dbc, $i);  
    echo '<div class="container" style="border-style: solid;  
        border-width: 2px; border-color:orange;"><div class="blogMain">  
        <div class="blogPic">'.$blog['pic'].'</div>  
        <div class="blogText">  
        <h3 style="margin:0px;">'.$blog['overskrift'].' </h3></br>  
        <h4>'.$blog['text'].'</h4></br>  
        <p>'.$blog['dato'].'</p>  
        </div>  
        </div>  
        </div></br>  
<?>
```

### Plassering av sikkerhetssystemet

Under er en 3D-tegning som viser hvordan sikkerhetssystemet er kapslet inn og plassert på turbinrammen. Boksen er festet med skruer som kun kan skrus fra innsiden av boksen, slik at man må ha nøkkel til boksen for å løsne den fra turbinrammen. På tegningen vises og reservebatteriet som sikrer enheten strøm i 72 timer dersom den skulle kobles fra hovedbatteriet på land.



Figur 59: 3D tegning av hvordan sikkerhetsbeholderen med sikkerhetssystem inni sitter på turbinrammen

Strøm til Watt	12.05.15
Designdokument	Versjon 1.0

## 4.12.4 Komponenter

### 4.12.4.1 Turbinenhetens informasjonsteknologiske system

Tabell 34: Komponenter til sikkerhetssystemet på turbinenheten

Enhet	Delenavn	Kilde	Pris
<b>Mikrokontroller</b>	Arduino Uno Atmega328	<a href="http://www.ebay.com/itm/UNO-R3-ATmega328P-USB-Development-Board-CH340G-for-Arduino-with-USB-Cable-/191491260883">http://www.ebay.com/itm/UNO-R3-ATmega328P-USB-Development-Board-CH340G-for-Arduino-with-USB-Cable-/191491260883</a>	33.-
<b>GPS</b>	Ublox NEO6MV2	<a href="http://www.ebay.com/itm/Ublox-NEO-6M-GPS-Module-Aircraft-Flight-Controller-For-Arduino-MWC-IMU-APM2-/200911914297">http://www.ebay.com/itm/Ublox-NEO-6M-GPS-Module-Aircraft-Flight-Controller-For-Arduino-MWC-IMU-APM2-/200911914297</a>	100.-
<b>GSM</b>	SIM900	<a href="http://www.ebay.com/itm/SIM900-GPRS-GSM-Shield-Board-Quad-Band-Module-Kit-For-Arduino-High-Quality-New-/181722953850?pt=LH_DefaultDomain_15&amp;hash=item2a4f88387a">http://www.ebay.com/itm/SIM900-GPRS-GSM-Shield-Board-Quad-Band-Module-Kit-For-Arduino-High-Quality-New-/181722953850?pt=LH_DefaultDomain_15&amp;hash=item2a4f88387a</a>	160.-
<b>RF</b>	RF A000053	<a href="http://www.ebay.com/itm/1pcs-433Mhz-RF-transmitter-and-receiver-kit-for-Arduino-project-/371309617501?pt=LH_DefaultDomain_0&amp;hash=item5673c7215d">http://www.ebay.com/itm/1pcs-433Mhz-RF-transmitter-and-receiver-kit-for-Arduino-project-/371309617501?pt=LH_DefaultDomain_0&amp;hash=item5673c7215d</a>	6.-
<b>Total</b>			299.-

### 4.12.4.2 Webside

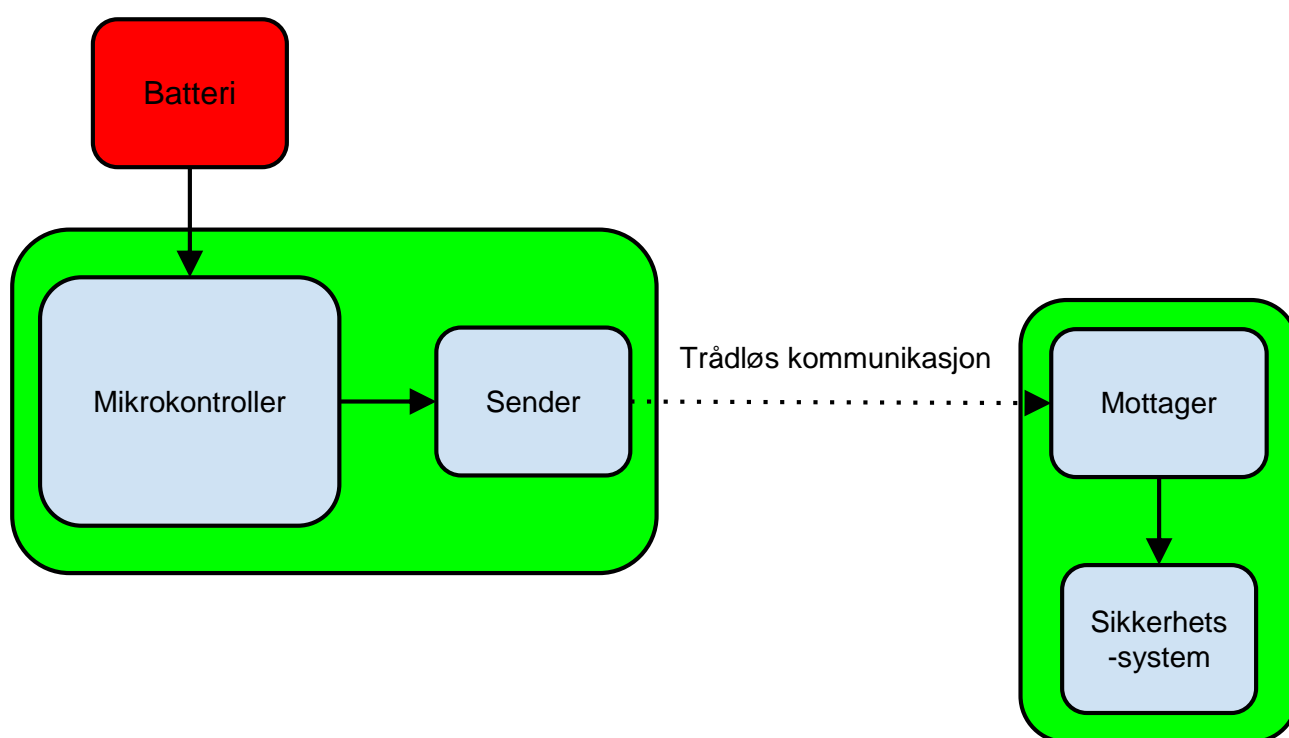
Tabell 35: Komponenter til webside

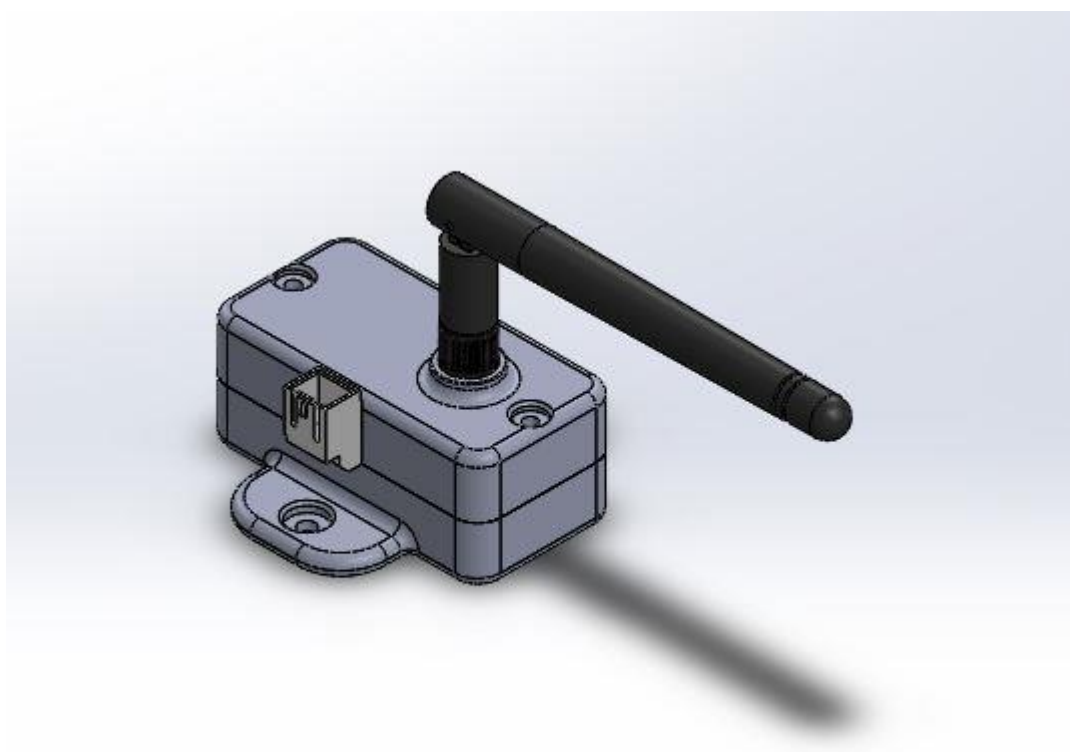
Enhet	Delenavn	Kilde	Pris
<b>Server</b>	Synology DS213	<a href="http://www.ebay.com/itm/Synology-Disk-Station-DS115j-NAS-Server-/291324811307?pt=LH_DefaultDomain_77&amp;hash=item43d44fd82b">http://www.ebay.com/itm/Synology-Disk-Station-DS115j-NAS-Server-/291324811307?pt=LH_DefaultDomain_77&amp;hash=item43d44fd82b</a>	850.-
<b>Harddisk</b>	WB Red 1 TB	<a href="http://www.netonnet.no/art/data-og-nettbrett/datakomponenter/harddisker-og-ssd/sata-35-tommer/westerndigital-caviarred1tbsata/177082.7070/">http://www.netonnet.no/art/data-og-nettbrett/datakomponenter/harddisker-og-ssd/sata-35-tommer/westerndigital-caviarred1tbsata/177082.7070/</a>	699.-
<b>Link mellom webside og GSM nettet</b>	Abonnement hos Clockworks ms.com	<a href="http://www.clockworksms.com/">http://www.clockworksms.com/</a>	0,6,- per SMS
<b>Total</b>			1550. -

### 4.13 Batteriovervåking

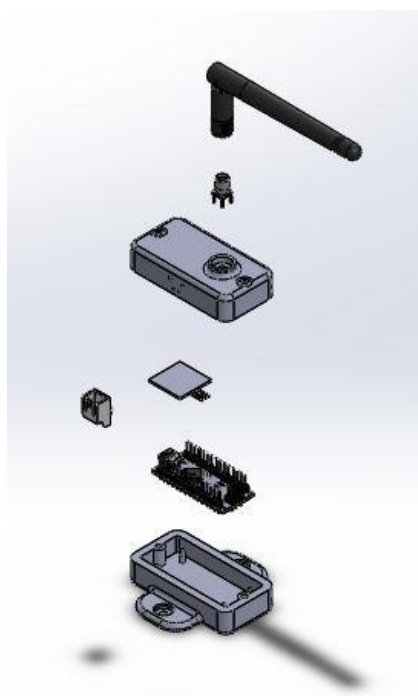
Batteri overvåking består av to moduler. Modul 1 som skal måle spenningen på batteribanken som blir ladet av turbinen. Denne modulen skal overføre informasjon om innhentet spenning videre til den 2. modulen som gir denne informasjonen til sikkerhetssystemet.

#### 4.13.1 Endelig design

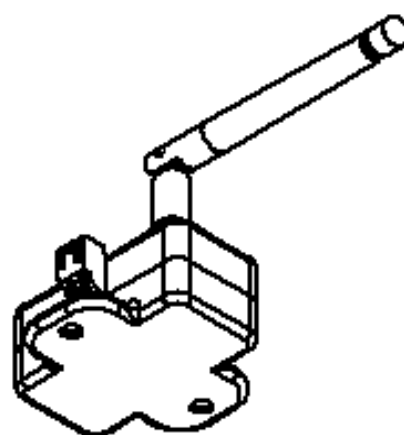
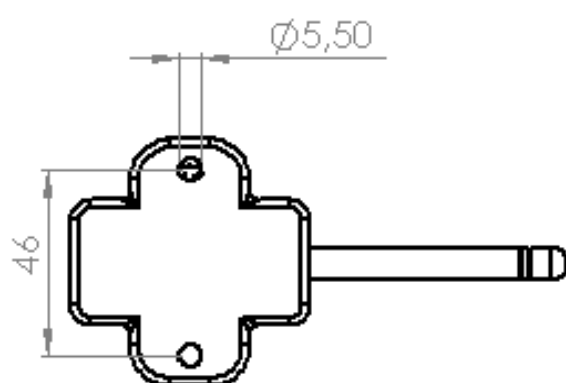
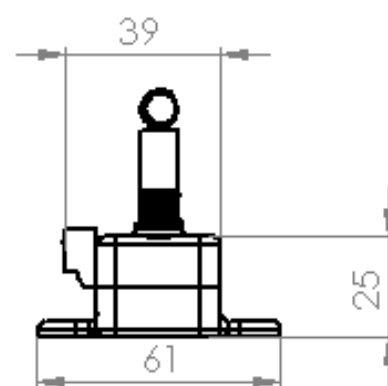
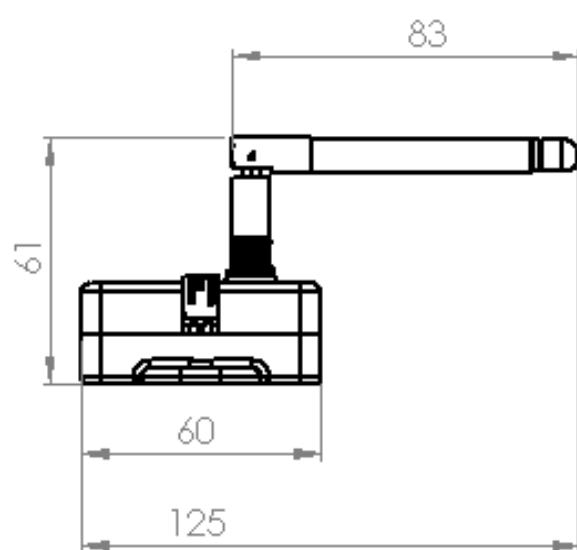




Figur 60: Batteriovervåkning – Sender



Figur 61: Demonstrasjonsfigur - Sender



Figur 62: Sender (mål i mm)



Strøm til Watt	12.05.15
Designokument	Versjon 1.0

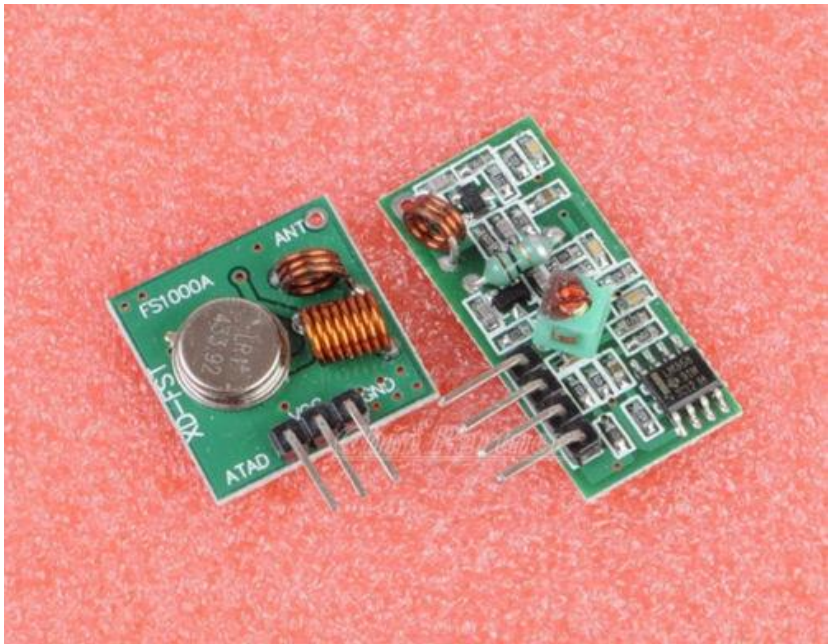
Spesifikasjoner:

Mikrokontroller for måling og styring av sender:

- Arduino Micro
- Kost: 18 Euro + VAT

Tabell 36: Spesifikasjoner - Batteriovervåkning

Mikrokontroller	ATmega32u4
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	20
PWM Digital I/O Pins	7
Analog Input Pins	12
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB
Flash Memory for Bootloader	4 KB
SRAM	2.5 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz
Weight	13 g
Lenght	48 mm
Width	18 mm
Hentet fra: <a href="http://store.arduino.cc/product/A000053">http://store.arduino.cc/product/A000053</a> , Arduino.com, 23.04.85	



Figur 63: RF-sender og -mottaker (11)

Tabell 37: Mottaker - Spesifikasjoner

RF 433.90MHz	
Product Model:	MX-05V
Operating voltage:	DC5V
Quiescent Current:	4mA
Receiving frequency:	433.92MHZ
Receiver sensitivity:	-105DB
Size:	30 * 14 * 7mm
External antenna:	32CM single core wire, wound into a spiral Technical parameters of the transmitter head

Tabell 38: Sender - Spesifikasjoner

RF 433.90MHz	
Product Model:	MX-FS-03V
Launch distance :	20-200 meters (different voltage, different results)
Operating voltage :	3.5-12V
Dimensions:	19 * 19mm
Operating mode:	AM
Transfer rate:	4KB / S
Transmitting power:	10mW
Transmitting frequency:	433M
An external antenna:	25cm ordinary multi-core or single-core line
Pinout from left to right:	(DATA; VCC; GND)

4.13.1.1 Antenne

Det er spesifisert i spesifikasjonene til sender og mottager at man skal bruke en 32 cm lang 50 Ohm ledning til antenne. Dette er tolket som noe det er naturlig å gjøre hvis man skal bruke sender og mottager til hobbybruk. Det er derfor valgt en antenne med SMA tilkobling som er lagd spesifikt for 433mHz trådløsoverføring til dette oppsettet. Disse er hyllevare, og kan bestilles fra f.eks. Alibaba.com. Et eksempel på antennen vi har valgt som har en kost på ca. 6,5,- NOK uten frakt og avgifter.

Place of Origin:

Guangdong China (Mainland)

Brand Name:

Yetnorson

Model Number:

YNX-0039-Omni 5dBi

Frequency(MHz):	433-880MHz	Gain(dBi):	5dBi	Supply Voltage	DC 3.3-5.0V
V.S.W.R:	≤1.5	Input Impendence:	50 OHM	Polarization Inten	R.H.C.P
Cable Length:	3000	Connector Type:	N-Male	Max Input Power	50 OHM
Products name:	Omni 9dBi Laptop Wifi Antenna Booster				

#### 4.13.1.2 Tilkobling SMA antenne

MANUFACTURER	Radiall
DESCRIPTION	SMA straight PCB mount jack,50ohm
PART NUMBER	R124426123
RS STOCK NUMBER	4141379

Kilde:  
<http://www.3dcontentcentral.com/secure/Download-Partner-Model.aspx?partner=TraceParts&name=SMA+straight+PCB+mount+jack+50ohm&lang=en&catalogid=7433&id=372340&parturl=http%3a%2f%2fwww.tracepartsonline.net%2fws%2f3dcc%2fproduct.aspx%3fwsid%3d3DCC%26product%3d10-25042012-083570%26htb%3d1%26lang%3den>, 3DContentCentral, 27.04.15

#### 4.13.1.3 Tilkobling batteri

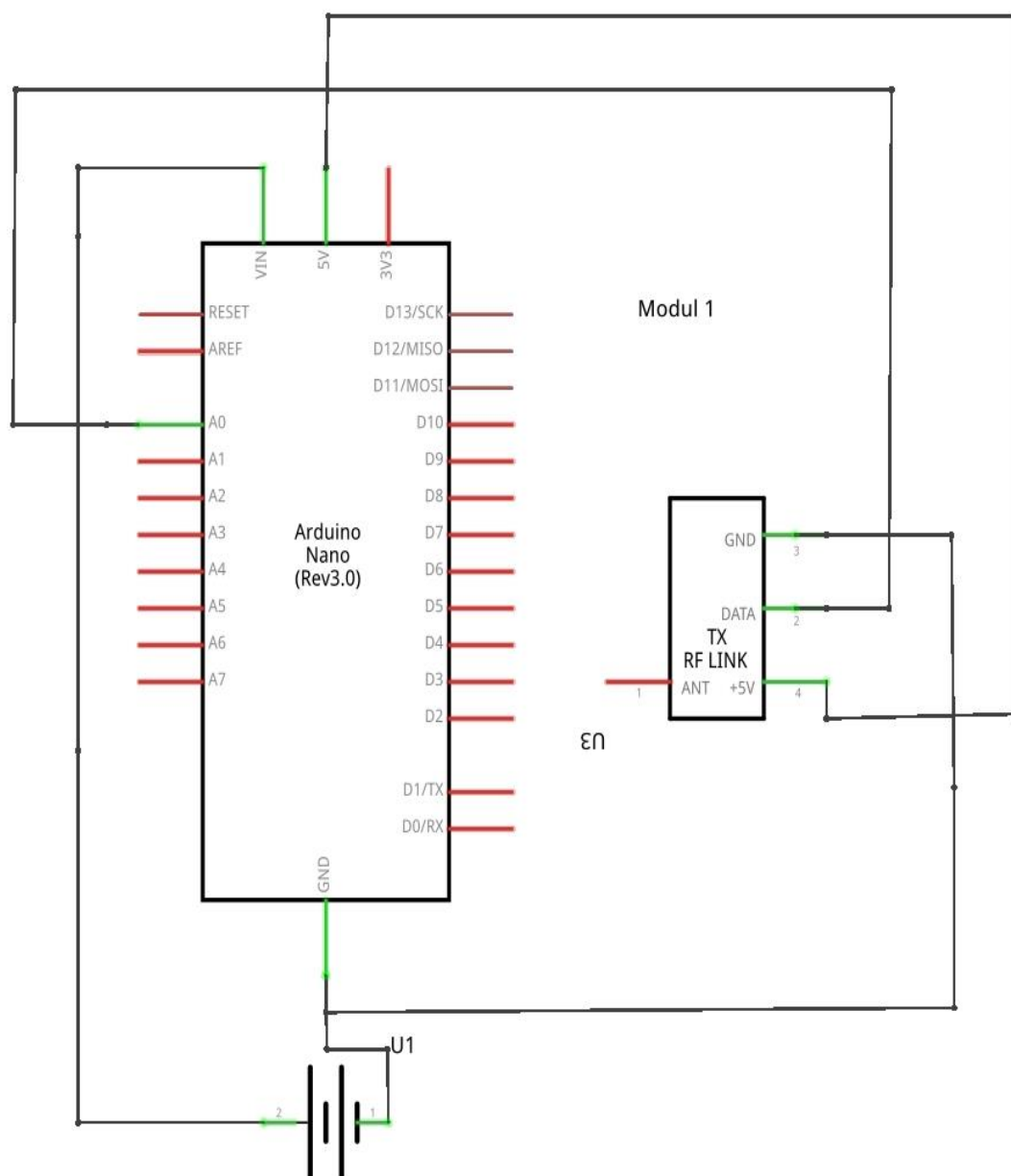
MANUFACTURER	Molex
DESCRIPTION	Connector,PCB,Wire to Board,3.5mmPitch,Rightangle
PART NUMBER	53259-0229
RS STOCK NUMBER	6021277

Kilde:  
<http://www.3dcontentcentral.com/secure/Download-Partner-Model.aspx?partner=TraceParts&name=Connector+PCB+Wire+to+Board+3.5mmPitch+Rightangle&lang=en&catalogid=7433&id=322448&parturl=http://www.tracepartsonline.net/ws/3dcc/product.aspx?wsid=3DCC&product=10-05032010-128776&htb=1&lang=en>, 3DContentCentral, 27.04.15

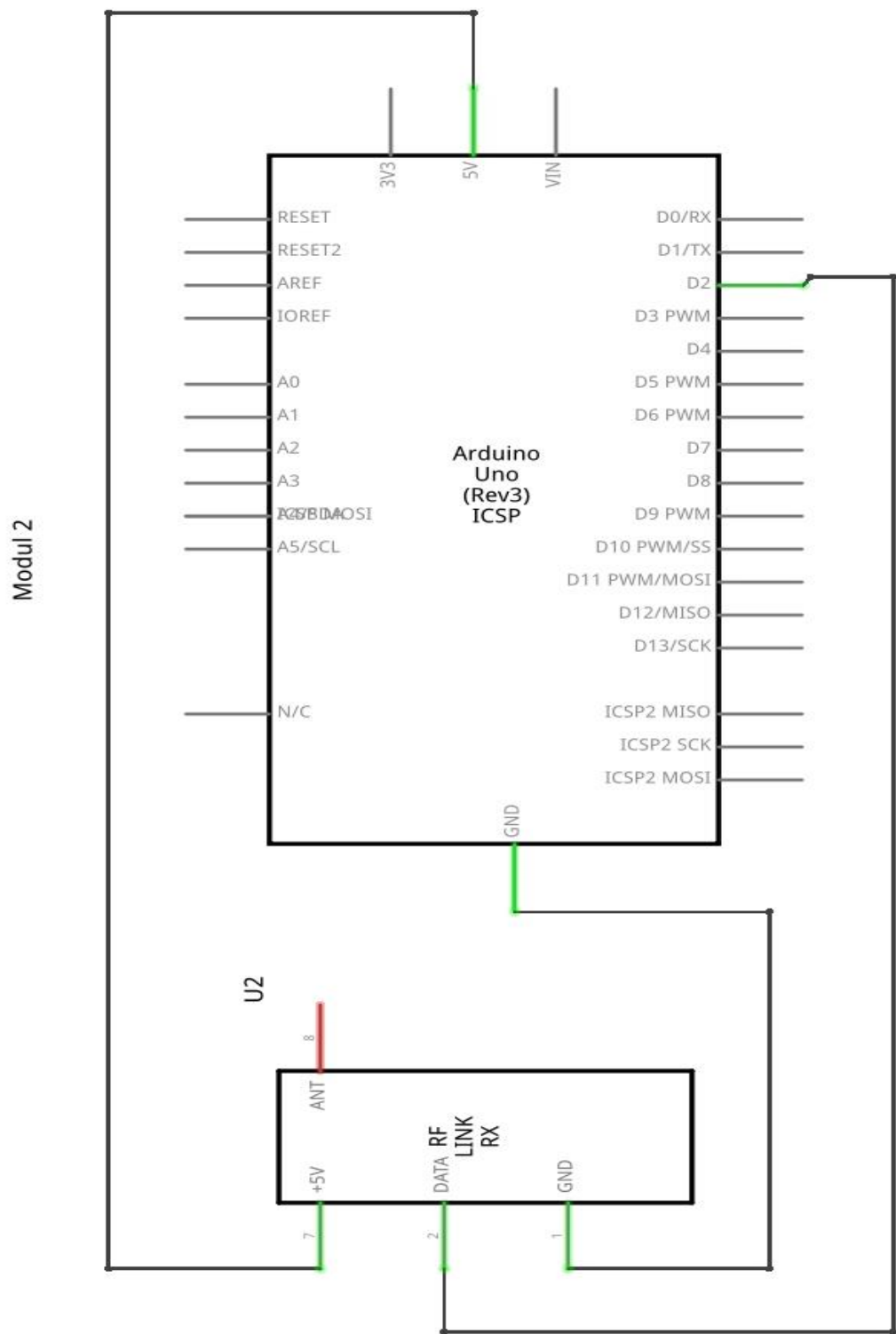
#### 4.13.1.4 Skruer

Skruer og muttere er hentet fra SolidWorks standardutvalg:

- Lökk: M3, Pan Cross Head - ISO 7045
- Boks: M5, Hex Bolt grade ISO 4016 med tilhørende mutter og skive.

**Skjematikk:**

Figur 64: Kretsskjema modul 1 - Batteriovervåkning



Figur 65: Kretsskjema modul 2 – Batteriovervåkning

## 4.13.2 Oppbevaringsboks

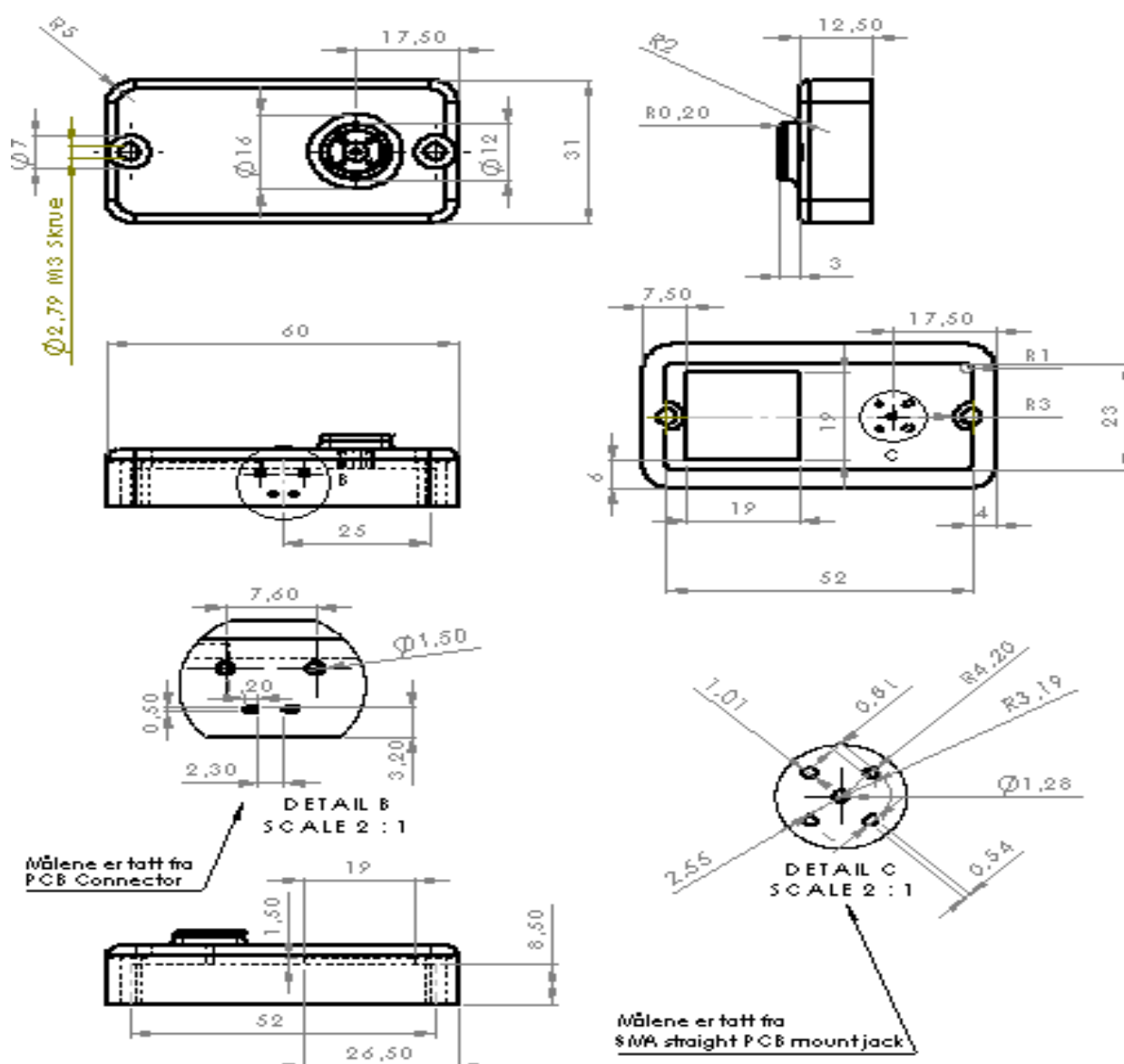
### 4.13.2.1 Spesifikasjoner

Materialet: ABS, kan også konstrueres i andre polymermaterialer med samme type egenskaper som ABS.

Vekt: 28 gram

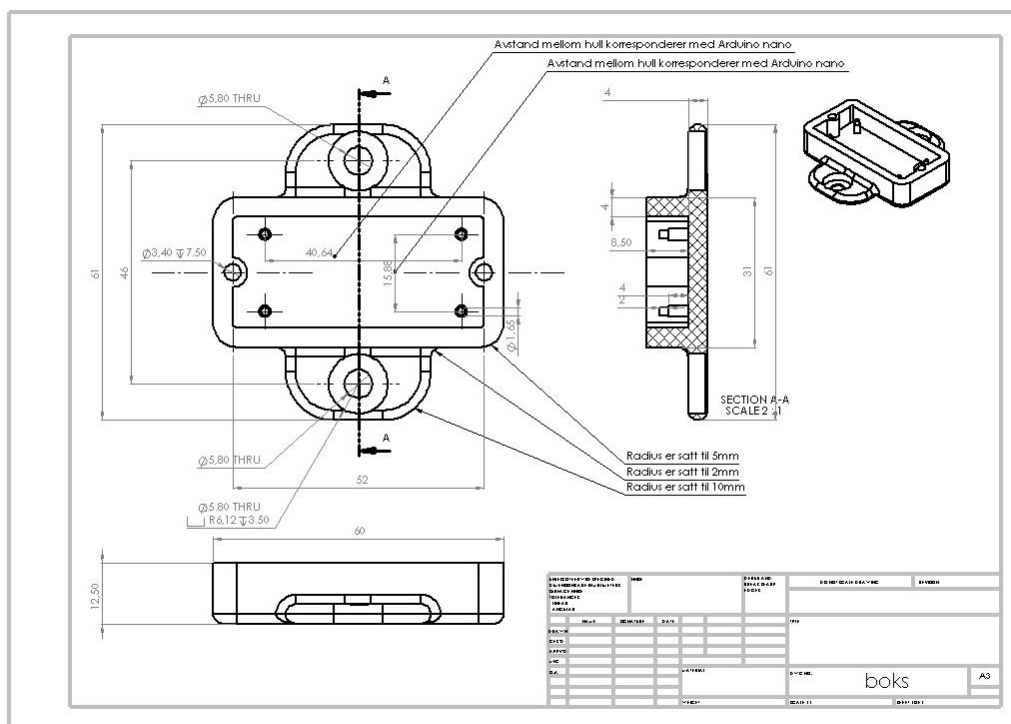
### 2D-tegninger

Lokk:



Figur 66: Lokk

Boks:



Figur 67: Boks

#### 4.13.3 Innledning

Designet er utarbeidet som et siste ledd av en gjennomgang av kravanalyse, og kravspesifikasjoner. Det er gjennomgått teknologier i teknologidokumenter om mikrokontroller og kortdistansekommunikasjon. Teknologiene som er valgt i disse kapitlene er brukt videre i designet av batteriovervåkingssystemet.

#### 4.13.4 Metode

For å utarbeide design er det skrevet kode, funnet standardkomponenter som skruer og SDA koblinger, og hentet inn teknologier fra teknologidokumenter. 3D-modellene av disse standardkomponentene er hentet fra [www.3dcontentcentral.com](http://www.3dcontentcentral.com). Til slutt er det designet en oppbevaringsboks til modul 1.

Koden til modulene våre er designet selv, der det er hentet inn kode fra andre kilder er dette spesifisert i kildekoden.



Strøm til Watt	12.05.15
Designdokument	Versjon 1.0

## 4.13.5 Resultater

### 4.13.5.1 Kode

Koden er produsert av Strøm til Watt. Der det er hentet inn kode fra andre kilder er dette spesifisert i koden. I tillegg til dette er det hentet inn biblioteker, disse er også spesifisert i kode.

### 4.13.5.2 Innstillinger til kode

Koden er konstruert så den kan tilpasses til alle slags typer batterier som har en tilnærmet lineær utladningsprofil. Variablene som kan endres er VccCorrection, VccMin og VccMax.

VccCorrection tar for seg referansespenningen. Denne blir brukt til å regne om verdiene som blir målt på Vcc. Her setter man inn generell spenning, f.eks. 12V når det er et 12V batteri. Dette må måles med multimeter.

VccMin er minimum spenning på batteriet. F.eks. hvis du ikke vil at batteriet skal under et visst nivå skriver du dette inn i koden. Da blir dette satt til 0% verdien i koden.

VccMax er maksverdien, og verdien som viser til et 100% oppladet batteri.

Koden til prosjektet er lagt med i vedleggene listet opp under:

Vedlegg A: Kode for Modul 1

Vedlegg B: Kode for Modul 2

#### 4.13.6 Budsjett

Enhet	Pris: (NOK)
Pakkeløsning: MX-05V, MX-FS-03V(12)	12,-
Arduino Nano(27)	27,-
Antenne(28)	6,5,-
Kobling antenne(29)	3,9,-
Kobling batteri(30)	5,2,-
Boks	30,-
Skruer, skiver og muttere	20,-
Sum:	104,6,-

Det er ikke funnet noen konstruksjonskostnad på boksen, men den er satt til 30,- ut fra å ha sett på tilsvarende konstruksjonskostander på liknende bokser.

Skruer er anslått til å ikke koste mer enn 20,- NOK.

#### 4.13.7 Konklusjon

Etter testing og ferdigstilling av designet er det konkludert med at batteriovervåkingssystemet fungerer innen en radius på ca. 55 meter i åpent terreng med innkjøpspris på ca. 104,6,- NOK. Dette er før eventuelle storinnkjøpsavtaler på elektronikk som er naturlig å skaffe seg som stordriftsfordel. Det er gjort målinger på effekt som viser at modul 1 bruker i snitt 0,32 Watt, men ut fra spesifikasjonene på de elektroniske enhetene er dette antatt til å være så lite at det er ubetydelig for lagringskapasiteten til batteriet som lades av turbinen. Det er ikke blitt gjort noen test på hvor stor effekt modul 2 bruker, da dette må måles når denne modulen er implementert i sikkerhetssystemet for å få et riktig svar.

## 5 Referanser

1. material informasjon <http://www.goodfellow.com/E/Stainless-Steel-AISI-316.html>: goodfellow.com; [27.4.15, 09.49].
2. Stainless steel AISI 316 [http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=stainless\\_steel\\_aisi\\_316](http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=stainless_steel_aisi_316): substech.com; [27.04.15, 10.21].
3. Planetary Gearbox (MGH Series) <http://www.alibaba.com/product-detail/Planetary-Gearbox-MGH-Series-205004081.html?s=p>: alibaba; [02.05.15].
4. Linear Technology <http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/3790f.pdf>: linear.com; [10.04.15].
5. A New & Improved Charge Controller Based on the 555 Chip <http://www.mdpub.com/555Controller/>: mdpub.com; [20.03.15].
6. LM555 Timer <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm555.pdf>: ti.com; [20.03.15].
7. Positive Adjustable Regulator <http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/lt0117.pdf>: linear.com; [01.04.15].
8. Lithium Ion Batteries <http://www.claytonpower.com/products/lithium-ion-batteries/>: claytonpower.com; [23.02.15].
9. Inverter 275W [http://www.sparelys.no/index.php?page=shop.product\\_details&flypage=flypage\\_ny.tpl&product\\_id=1037&category\\_id=46&option=com\\_virtuemart&Itemid=39](http://www.sparelys.no/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage_ny.tpl&product_id=1037&category_id=46&option=com_virtuemart&Itemid=39): sparelys.no; [01.05.15].
10. <http://www.ebay.com/itm/WindZilla-12-V-DC-Permanent-Magnet-Motor-Generator-for-Wind-Turbine-PMA-/200716942488>: ebay; [02.05.15].
11. Power Resistor <http://www.topresistor.com/powerresistor/>: topresistor.com; [05.05.15].
12. <http://www.eyolf-thon.no/c-53-Syrefast-st%C3%A5l-AISI-316.aspx> Eyolf [16.04.15].
13. Zemansky Sa. University Physics 13Th.
14. Syrefast stål AISI 316 <http://www.eyolf-thon.no/c-53-Syrefast-st%C3%A5l-AISI-316.aspx>: eyolf thon; [16.04.15].
15. Krex. Maskinhåndbok.
16. ARALDITE Kjente produkter - Nye forpakninger <http://www.lindberg-lund.com/araldite-gjor-det-selv>: Lindberg-Lund; [11.05.15].
17. Easy text message api <http://www.clockworksms.com/>: clocckwork; [02.04.15].
18. Developing a Dynamic Website 2014 - Part 1 - Intro to the Series <https://www.youtube.com/watch?v=u4-altfZQuo&list=PLAkMqlQoeMeiwwNWpe3mhgQxAa1jiGwmt>: youtube.com; [02.02.15].
19. Components <http://getbootstrap.com/components/>: getbootstrap.com; [05.03.15].
20. Dropdowns <http://getbootstrap.com/components/#dropdowns>: getbootstrap.com; [05.03.15].
21. Twitter Bootstrap cant stop a dropdown from closing on click <http://stackoverflow.com/questions/18306433/twitter-bootstrap-cant-stop-a-dropdown-from-closing-on-click>: stackoerflow.com; [09.04.15].
22. How to add a browser tab icon for a website? <http://stackoverflow.com/questions/4888377/how-to-add-a-browser-tab-icon-for-a-website>: stackoverflow.com; [28.03.15].
23. Velkommen til WaterStreamToWatt <http://waterstreamtowatt.synology.me/>: strøm til watt; [28.01.15].
24. Demos <http://www.jssor.com/demos/image-slider.html>: jssor.com; [02.04.15].
25. HTML <http://www.w3schools.com/>: w3schools.com; [13.02.15].
26. Steve Suehring JV. PHP, MySQL, JavaScript & HTML5 All-in-One For Dummies 2013. 730 p.
27. MINI USB Nano V3.0 ATmega328P CH340G 5V 16M Micro-controller board for Arduino <http://www.ebay.com/itm/MINI-USB-Nano-V3-0-ATmega328P-CH340G-5V-16M->

Strøm til Watt	12.05.15
Designokument	Versjon 1.0

[Micro-controller-board-for-Arduino-](#)

[/281626083826?pt=LH\\_DefaultDomain\\_0&hash=item41923901f2](#), : bay; [24.04.15].

28. Factory Directly Supply Laptop 433mhz antenna, 868mhz antenna, GSM antennas

[http://www.alibaba.com/product-detail/Factory-Directly-Supply-Laptop-433mhz-antenna\\_1749506595.html](http://www.alibaba.com/product-detail/Factory-Directly-Supply-Laptop-433mhz-antenna_1749506595.html); alibaba.com; [27.04.15].

29. Straight PCB receptacle four holes SMA plug connector

[http://www.alibaba.com/product-detail/Straight-PCB-receptacle-four-holes-SMA\\_1443112252.html](http://www.alibaba.com/product-detail/Straight-PCB-receptacle-four-holes-SMA_1443112252.html); alibaba.com; [27.04.15].

30. MOLEX 53259-0229 Header Connector,PCB Mount,RECEPT,2 Contacts,PIN,0.138

Pitch,COMPLIANT FIT Terminal,LOCKING [http://www.newark.com/molex/53259-](http://www.newark.com/molex/53259-0229/header-connector-pcb-mount-recept/dp/92M6796?mckv=sj2l8Uadw_dc|pcrid|66005234795|plid||kword|53259-0229|match|p&CMP=KNC-GUSA-SKU-MDC?gross_price=)

[0229|match|p&CMP=KNC-GUSA-SKU-MDC?gross\\_price=](http://www.newark.com/molex/53259-0229/header-connector-pcb-mount-recept/dp/92M6796?mckv=sj2l8Uadw_dc|pcrid|66005234795|plid||kword|53259-0229|match|p&CMP=KNC-GUSA-SKU-MDC?gross_price=); Element14; [27.04.15].

## Vedlegg A - Kode modul 1

```
//Koden er produsert av StrømtilWatt, men er bygd på kode fra  
//www.pjrc.com/teensy/td_libs_VirtualWire.html, og eksempler som følger med VCC  
//biblioteket(https://github.com/Yveaux/arduino\_vcc).  
//Biblioteker som er brukt i koden som ikke følger med som standard arduino biblioteker er:  
//VirtualWire(https://www.pjrc.com/teensy/td\_libs\_VirtualWire.html), og  
//Arduino //Vcc(http://forum.mysensors.org/topic/186/new-library-to-read-arduino-vcc-supply-level-wit/hout-resistors-for-battery-powered-sensor-nodes-that-do-not-use-a-voltage-regulator-but-connect-directly-to-the-batteries)
```

```
#include <VirtualWire.h>  
#include <Vcc.h>
```

```
//Variabler RF 433MHz  
const int led_pin = 13;  
const int transmit_pin = A0;
```

```
//Variabler VCC  
const float VccMin = 0.0; // Minimum Vcc/batteri spenning i volt  
const float VccMax = 12.30; // Maks Vcc volt/batteri volt  
const float VccCorrection = 12.30/5; // Målt Vcc delt på rapport Vcc.  
Vcc vcc(VccCorrection);
```

```
void setup()  
{  
  // Setup RF-433  
  vw_set_tx_pin(transmit_pin);  
  vw_setup(2000); // Bits per sec  
  
  Serial.begin(9600); //For debugging  
}
```

```
char bufferVoltValue [5];
```

```
void loop()  
{  
  dtostrf(vcc.Read_Volts(),2, 2, bufferVoltValue); //Henter ut volt måling fra Vcc, og oversetter den til  
  char.  
  digitalWrite(led_pin, HIGH); // Slår på integrert LED  
  vw_send((uint8_t *)bufferVoltValue, strlen(bufferVoltValue)); //Sender bufferVoltValue  
  vw_wait_tx(); // Venter til hele overføringen er gjort  
  digitalWrite(led_pin, LOW); // Slår av integrert LED, for blinke effekt for å vise at overføring skjer.  
  delay(1000);  
}
```

## Vedlegg B - Kode modul 2

Arduinokode for sikkerhetssystem på turbinenhet

```
#include <VirtualWire.h>

#include <SoftwareSerial.h>

// konfigurere software serial port
SoftwareSerial SIM900(7, 8);

char incoming_char=0;//for lagring av innkommende karakterer på gsm shield

const int receive_pin = 3;

#define powerpin 4

#define BYTE 1

//buffer for gps signaler

#define BUFFSIZ 90

char buffer[BUFFSIZ];

char buffidx;

char status;

String tempEast, tempNorth;

String east="0"; //lagring av fast koordinat

String north="0";//lagring av fast koordinat

String batteri_status;

unsigned long tid=0;

long interval=100000; //Tid på en syklus

void setup() {

    Serial.begin(38400);

    SIM900.begin(19200);

    SIM900power();

    SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); // Setter gsm enhet til sms modus

    delay(100);

    SIM900.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r");

    delay(100);
```

```
pinMode(13, OUTPUT);  
// Setter opp trådløsforbindelse med VirtualWire  
vw_set_rx_pin(receive_pin);  
vw_setup(2000);    // Bits per sekund  
vw_rx_start();     // Starter mottaker  
digitalWrite(powerpin, LOW);    // pull low to turn on!  
} //end setup
```

```
void loop(){  
    unsigned long tidNo=millis();//starter tidtaker  
    long temp=tidNo-tid;  
    if ((unsigned long)temp>= interval){  
        tid=tidNo;  
    } //end if  
    if ((temp>=60000) && (temp<80000) ){  
        readline();  
    } //end if  
    if (temp>=80000){  
        String batteri_status_temp;  
        batteri_status_temp = receive();  
        if (batteri_status_temp != ""){  
            Serial.println(batteri_status_temp);  
            batteri_status=batteri_status_temp;  
        } //end if  
    } //end if  
    if (temp<60000){  
        if(SIM900.available() >0){  
            incoming_char=SIM900.read(); //Mottar karakterene fra sim900 enheten på reial  
porten.  
            Serial.print(incoming_char); //For å skrive mottatt karakterer til terminalen.
```

```
        if(incoming_char=='#'){//Sender vi dette tegnet skal enheten sende en oppdatering
            sendSMS();
        }//end if

        if(incoming_char=='%'){//Når enheten er på plass, skal den sette lokasjonen til fast
lokasjon om den mottar dette tegnet
            east=tempEast;
            north=tempNorth;
        }//end if
    }//end if
}//end if
}//end loop
```

```
//sjekke gps koordinatene
```

```
void readline(void)
```

```
{
```

```
    char c;
```

```
    int tempE= 0;
```

```
    int tempN= 0;
```

```
    buffidx = 0; // start på begynnelsen
```

```
    while (1)
```

```
    {
```

```
        c = Serial.read();
```

```
        if (c == -1)
```

```
            continue;
```

```
        if (c == '\n')
```

```
            continue;
```

```
        if ((buffidx == BUFFSIZ-1) || (c == '\r')) {
```

```
            String gga(buffer);
```

```
            tempN= gga.indexOf('N')+1;
```



```
tempE= gga.indexOf('E')+1;
if (tempN=tempE-14){
  if (tempN>0){
    if (tempNorth==(gga.substring(tempN-12 , tempN-2))){
      //Sjekker om enheten er ute av posisjon
      if (east!="0"){
        distance(east, tempEast);
        distance(north, tempNorth);}
      SIM900power(); // power off GSM shield
    }//end if
    else{
      tempNorth = (gga.substring(tempN-12 , tempN-2));
      tempEast = (gga.substring(tempE-12, tempE-2));
    }//end else
  }//end if
} //end if
buffer[buffidx] = 0;
return;
} //end if
buffer[buffidx++]= c;
} //end while
} //end readline
```

//sjekke om enheten er utenfor 20 meter av sin satte lokasjon

```
void distance(String valu, String valu2){
  String temp= (valu.substring(5, 7));
  int a=temp.toInt();
  String temp2= (valu2.substring(5, 7));
  int b=temp2.toInt();
  if( (a-b>7) || (b-a>7)){
```

```
        sendSMS();
    } //end if
} //end distance

//skru på gsmshield
void SIM900power(){
    digitalWrite(9, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(9, LOW);
    delay(5000);
} //end SIM900power

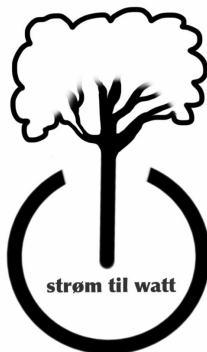
//brukes kun til testing
void callSomeone(){
    SIM900.println("ATD + +4795260319;"); //nummer til bruker
    delay(100);
    SIM900.println();
    delay(30000); // vent 30 sek for legge pa
    SIM900.println("ATH"); // legg pa
} //end callSomeone

//send sms til bruker
void sendSMS(){
    SIM900.print("AT+CMGF=1\r");// komando til AT om å sende SMS melding
    delay(100);
    SIM900.println("AT + CMGS = \"+4795260319\"");// mottakers telefon inkludert landskode
    delay(100);
    SIM900.println("Code1: " + north + " Code2: " + east + " Code3: " + batteri_status); // Melding
    som skal sendes
    delay(100);
}
```

```
SIM900.println((char)26);           // Avslutt AT komando med a ^Z, ASCII kode 26
delay(100);
SIM900.println();
delay(5000);                         // Gi enheten tid til å sende melding
SIM900power();                       // skru av enheten
} //end sendSMS

//motta signal fra batteri om status
String receive() {
    uint8_t buf[VW_MAX_MESSAGE_LEN];
    uint8_t buflen = VW_MAX_MESSAGE_LEN;
    String message;
    const int led_pin = 13;
    if (vw_get_message(buf, &buflen))
    {
        int i;
        digitalWrite(led_pin, HIGH); // Blinker med integrert LED på Arduino, når en melding er
        mottatt.
        for (i = 0; i < buflen; i++){ // Legger et og et tall i Stringen message.
            message += (char)buf[i];
        } //end for
        digitalWrite(led_pin, LOW); // // Blinker med integrert LED på Arduino
        delay(2000); // Gir en liten dealy for at man skal se at integrert LED blinker
    } //end if
    return message;
} //end receive
```

## Vedlegg C – Vedlikeholdsskjema



For å minimere skader på enheten så er det satt opp et vedlikeholdsskjema som beskriver hvilke tiltak som skal gjøres til hvilken tid. Denne vedlikeholdsplan forteller hvor hyppig vedlikehold på de forskjellige komponenter bør gjøres.

### Kan utføres hver dag (under drift):

- Kontrollere at enheten produserer strøm, dette gjøres via hjemmesiden på internett.

### Utføres hver måned:

- Kontrollere at det er nok med fett i vanntettingen mellom rotor og girkasse.
- Renske gitter for eventuelle fremmede gjenstander. Noen perioder på året så kan dette punkt gjøres oftere på grunn av nedfall av løv eller vårfloam som kan dra med seg mye rusk.
- Sjekke sikkerhetsboksen for eventuell fuktdannelse.

### Utføres hver tredje måned:

- Vasking av rotor og andre komponenter for eventuell mosedannelse og annen skitt som bygges opp.
- Kontrollere festeanordning for skader.
- Kontrollere røret og andre utsatte komponenter for eventuelle skader.
- Kontrollere GPS-funksjonalitet.
- Kontrollere opplagring av rotor for unormal slark.
- Kontrollere at rotorbrems virker.

Strøm til Watt	12.05.15
Designdokument	Versjon 1.0

### Utføres før vinterforvaring:

- Tømme alle hulrom for vann
- Litium-ion batteriet har en utladning i standby mode på < 3 % per måned, det er derfor anbefalt at batteriene er fulle da de blir satt bort for oppbevaring.
- Batteri til sikkerhetssystem bør tas ut av enheten hvis denne skal oppbevares i lavere temperaturer (under  $\pm 0$ grader C).

### Feilsøking:

Feil:	Kontrollere	Mulig årsak:	Tiltak:
Batteriet lades ikke	Rotor går ikke rundt	For lav hastighet på vannet	Dette kan skyldes en tørr periode, flytte enheten til et sted i elva som har høyere hastighet hvis dette er mulig.
		Innløpet er tett	Hvis gjenstander sitter fast og dekker innløpet, sett på brems, fjern alle fremmede gjenstander. Fjern bremsen.
		Gjenstand har blitt sittende fast mellom rotor og rør	Hvis gjenstander sitter fast og hindrer rotoren at gå rundt, sett på brems, fjern alle fremmede gjenstander. Fjern bremsen.
		Mekaniske feil slik som lager som har skjært seg eller generator som er ødelagt.	Kontakte forhandler
	Rotor roterer men enheten lader ikke batteri.	Batteriet er ikke i riktig posisjon i ladestasjonen	Se til at batteriet er i fremre posisjon og at det er tilstrekkelig kontakt mellom batteri og ladeenhet.
		Dårlig kontakt i noen av koblingene	Kontrollere kontaktene mellom turbinenhet og batteri enheten. Hvis det er løse kontakter så kobles batteriet først ut, siden kobles eventuelt løse kontakter inn. Koble til sist inn batteriet.
		Brudd på ledning	Kontrollere ledning mellom turbinenhet og batteri enhet. Ved oppdagelse av kabelbrudd koble umiddelbart ut batteri. Bytt så ut

Strøm til Watt	12.05.15
Designdokument	Versjon 1.0

			defekt ledning.
		Generator produserer ikke strøm	Kontakt forhandler
		Mekaniske feil	Kontakt forhandler
Mottar ikke oppdatering til webside	Kontroller at du er koblet på nettverket.	Nett tilkoblingen til nettleverandør er nede	Kontakt nettleverandøren din
		Routeren har stoppet	Restart routeren
		Nettverkskabelen er ikke satt inn riktig	Ta nettverkskabelen ut og inn igjen.
	Kontroller batteriet på turbinrammen	Batteriet på turbinrammen er tomt	Bytt batteri
			Lad opp batteriet manuelt

## Vedlegg D - Materialanalyse

Under valg av materialer til fullskala planer er det viktig å tenke på at systemet skal være portabelt, billig og enkelt. Noe oppdragsgiver har spesifisert han ønsker.

I henhold til interessentkrav ønsker oppdragsgiver at det blir benyttet komposittmaterialer, dette blir tatt med i betraktningene og undersøkt.

Noen faktorer som påvirker effektiviteten til en rotor er blant annet: Vekten av bladene og overflateruheten. Dette må tas hensyn til i henholdt til materialvalget for rotoren.

### Systemkrav som omhandler materialene:

#### 3.2.1.1 Fullskala system

Fullskala system med en rotordiameter på 0,5 m skal produsere en effekt på 100W, ved en vannstrøm på 1,5 m/s

#### 3.2.2.1 Kulde

Fullskala system skal tåle korte frostperioder inntil 2 døgn

#### 3.2.2.2 Vanntemperatur

Fullskala system skal tåle en vanntemperatur på 35 °C

#### 3.2.2.3 Lufttemperatur

Fullskala system skal tåle en lufttemperatur på 60 °C i direkte sollys

#### 3.3.1.1 Prototype

Prototypen skal ikke overskride 50 dB

#### 3.4.1.1. Fullskala Turbinenhet

Fullskala turbinenhet skal ikke veie mer enn 80 kg.

#### 3.5.1.3. Ekstremvær

Fullskala system skal tåle en vannstrøm på inntil 5 m/s

#### 3.5.2.2 Skarpe kanter

Fullskala system skal ikke ha skarpe kanter slik at det er mulig å skjære seg på disse.

#### 3.8.1.1 Gift

Fullskala system skal bygges i miljøvennlige materialer som ikke er vannløselige.

#### 3.8.2.1 Korrosjon

Fullskala system skal bygges i korrosjonsbestandige og UV-bestandige materialer.

#### 3.8.2.2 Tribologi

Materialene valgt for fullskala system skal tåle påkjenningene den vil bli utsatt for ved å ligge i elva i 10 år.

#### 3.8.2.3 Gjenvinning

Fullskala system skal kunne leveres på en gjenvinningsstasjon når det er utslitt.

Generell beskrivelse av aktuelle materialgrupper:**Metall**

I og med at systemet skal være portabelt vil det være lettmetaller som er mest aktuelt å bruke i enkelte deler. Mest aktuelt er nok Aluminium i og med at dette er forholdsvis billig, innehar høy spesifikk styrke og er ikke utsatt for korrosjon i særlig stor grad, hvert fall ikke i ferskvann. Det bør da ikke stå i kontakt med andre metaller slik at galvanisk korrosjon kan oppstå. Stål kan også være et godt alternativ med passiverende egenskaper som har høyere styrke og stivhet enn aluminium. I tillegg et veldig tilgjengelig materiale med relativt lav kost.

**Herdeplast**

Dette er et materialet er mye brukt og finnes i mange ulike dimensjoner og utforminger. Det er dessuten veldig kjemisk stabil og er ikke utsatt for korrosjon. Dette er et mye billigere alternativ til kompositt. Bakdelen er at styrken til herdeplast er begrenset. Men i og med at vår konstruksjon ikke er utsatt for veldig høye spenninger så kan dette være et veldig godt alternativ.

**Kompositt**

Denne materialtypen innehar høy spesifikk styrke og kan eller bør brukes dersom høy styrke er nødvendig. Ettersom systemet skal være portabelt så er det viktig at materialer med lav tetthet blir benyttet. Kan også brukes i forhold til design, hvor klar epoxy blir brukt som matrise slik at fibrene er synlige. Fordelen med denne materialtypen er at formbarheten er høy og det er mulig å lage stort sett alle mulige geometriske figurer. Bakdelen er at det dyrt sammenlignet med en herdeplast. Dessuten kan denne materialtypen inneha høy anisotropi, noe som tilsier at den er veldig sterk i fiberretningen, og svak på tvers av fibrene. Hvis det er slik at kun en enhet skal produseres så kan dette være et godt alternativ og noe gruppen kan få til på egenhånd (hvert fall om utformingen er litt utenom et rett rør. Rotoren er en del av systemet hvor kompositt/laminat er godt egnet, noe som også blir brukt i dagens vindturbiner.

Konkrete materialforslag:**Metall:**

AISI 316 - Syrefast stål til bruk i komponenter som er i kontakt med vann og som er avhengig av høy styrke og/eller stivhet. Egner seg godt til komponenter som har krav til en viss overflatefinish.

Galvanisert stål - Billigere en AISI 316 og har tilsvarende styrke og stivhet, men ikke like gode korrosjonsegenskaper over tid. Er også utsatt hvis det skulle komme en skade på galvaniseringer. Kan brukes på komponenter som er lett å bytte ut og som ikke har krav til fin overflate.

Aluminium er også et veldig aktuelt materiale, det er innehar høy spesifikk styrke og stivhet, i tillegg til at det er et mye brukt materiale som gjør det billig og tilgjengelig. Her kan det brukes f. eks 6061-T6 legering som er mye brukt til alle slags formål.

Stålwire er også et materiale som egner seg godt hvor store strekkrefter skal tas opp, det kan f. eks. benyttes i forankringene.



Strøm til Watt	12.05.15
Designdokument	Versjon 1.0

### Plast:

Vulkanisert gummi - brukes som pakninger og foringer hvor vanntetting er nødvendig eller som vibrasjonsdempende foringer.

Herdeplast - Polymer som er sterkere og stivere enn andre typer polymer, men er også mer sprø enn andre typer. HDPE (High density polyetylen) er et godt alternativ.

UHMWP (Ultra-high-molecular-weight polyethylene) - kan bli brukt i tau som holder på plass turbinramma. Ekstremt slitesterkt og tåler de fleste miljøer. Lav egenvekt og flyter i vann.

### Kompositt:

Fiberforsterket herdeplast - Herdeplast kan forsterkes med mange ulike fiber for å øke styrke og stivhet hvis dette er ønskelig.

Glassfiberarmert polyester - Dette er et spesifikt eksempel på fiberforsterket herdeplast.

Polyester blir blandet med en herder og matter av glassfiber blir mettet og lagt på en overflate for å få ønsket form før den til slutt herder.

Komposisjon og mekaniske egenskaper for materialforslagene [3]

Materiale	Sammensetning	Strekfasthet	Flytegrense	E-modul
AISI 316	0,08%C-17%Cr-12%Ni-2,5 % Mo	520 MPa	210 MPa	190 GPa
Galvanisert stål - AISI 1020	0,2%C-1%Mn (maks)	420 MPa	350 MPa	200 GPa
6061-T6 Aluminium	Al-Mg-Si	300 MPa	240 MPa	70 GPa
Glassfiberarmert polyester	60% polyester, 30% glassfiber (anisotropisk)	100 MPa	8-200 MPa	2,5 GPa
HDPE	Polyetylen med 2% herder	23 MPa	-	900 MPa
SK-75 Dynema tau [1]	100 % UHMWPE fiber	1280 MPa (Bruddstyrke)		

### Materialforslag til subsystemer:

Når det gjelder valg av materialer til spesifikke undersystemer er det tatt hensyn til lav vekt, pris, tilgjengelighet og pålitelighet. Disse valgene er gjort på grunnlag av erfaring og materialer som er mye brukt og velprøvd. Ideelt sett burde dette vært gjort ved systematisk materialvalg, men ingen tilgang til materialdatabaser gjør at dette praktisk talt er umulig. Selv om dette blir benyttet er det i tillegg viktig å legge til grunn menneskelig kreativitet, intuisjon og sunn fornuft! [2]

Deler undersystemene opp i 3 deler:

#### **De som er konstant i vannet**

- Rotor - På grunn av kompleks geometri og krav til stivhet i strukturen blir det anbefalt å bruke glassfiberarmert polyester til formingen av bladene. Dette kan gjerne gjøres på et skjelett som blir sveiset av aluminium. Dette for å sikre lik form på alle rotorene som blir produsert. I tillegg blir overflaten veldig fin, uten ujevnheter.
- Kraftoverføring - Dette er en del som krever høy styrke og høy stivhet for å sikre minimalt med tap av energi. Det er også krav til overflateruhet i forbindelse med akseltetning inn i generatorhuset. Det er også en komponent som er i direkte kontakt med vann og kan derfor være utsatt for korrosjon. Anbefalt materiale til denne komponenten blir derfor en syrefast stållegering, AISI 316. Når det gjelder opplagringer og kulelager bør disse også være utført i AISI 316 for å hindre galvanisk korrosjon på noen av delene.
- Generatorhus - Generatorhuset er i direkte kontakt med vannet og hindrer av det trenger inn til generatoren. En polymer, f. eks HDPE, vil hindre vannet å komme inn til generatoren og i tillegg isolere den slik at eventuell elektromagnetisk støy ikke slipper ut til omgivelsene.
- Turbinramme - Turbinrammen som omfatter turbinrør og flyteelementer
- Festesystem på turbinenhet - Her anbefales galvanisert stål. I denne komponenten vil det være varierende belastning, altså utsatt for utmatting. Det blir derfor anbefalt galvanisert stål i denne komponenten.
- Beskyttelsessystem - Dette blir en relativt stor struktur som trenger slagfasthet pga. større stokker som kan komme til å treffe enheten. Her anbefales 6061-T6 Aluminium som har høy spesifikk styrke og stivhet.

#### **De som er delvis i vann**

- Hus til sikkerhetssystem - Dette huset er plassert over vannlinjen og må derfor være sprutsikker. HDPE er en god løsning også til dette formålet ettersom det er billig og lett å tilvirke og beskytter for elektronisk støy både inn og ut av boksen.
- Feste av turbinenhet til land - For å unngå korrosjonsproblematikk er det i dette tilfellet valgt å bruke tau, nærmere bestemt SK-50 Dynema tau. Dette er veldig slitesterkt og har lav vekt i forhold til styrke. Tilsvarende tau er faktisk brukt til forankring av Goliat-plattformen i Barentshavet.

#### **De som er på land**

- Oppbevaring av off-grid systemet - Her vil en batterikasse laget i glassfiberarmert polyester være en god løsning. Det er brannhemmende og billig å produsere på bestilling med de justeringene vi eventuelt trenger.

Kilder:

1. [http://www.haug.no/no/fibertau/sk-75-dynema-tau\\_13535](http://www.haug.no/no/fibertau/sk-75-dynema-tau_13535), nettside, 29.04.15
2. Materialvalg - materials selection, Henning Johansen, 2013
3. <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=50f320bd1daf4fa7965448c30d3114ad>, nettside, 29.04.15

## Vedlegg E - Krefter på fullskala modell

For å finne motstandskoeffisienten til rotoren for fullskala planer ble det målt kraften som virker på en nedskalert modell av fullskalarotoren. Den nedskalerte modellen var 10 cm i diameter og kraften som virket på denne var 4,905 N ved en vannstrøm på 1 m/s.

Motstandskoeffisienten ble videre regnet ut ved hjelp av formelen:

$$c_D = \frac{2F}{\rho v^2 A} = \frac{2 * 4,9N}{1000 \frac{kg}{m^3} * (1m/s)^2 * (0,05m)^2 * \pi} = 1,25$$

Fra elvetestene har vi funnet motstandskoeffisienten for valgt rotor til fullskala modell.

$$c_D = 1,25$$

Ut fra dette kan vi regne ut kreftene som virker på rotoren når den står stille i vannstrømmen ved 5 m/s som er den raskeste vannstrømmen rotoren skal tåle. Disse kreftene virker altså på rotoren når den er låst.

$$F = \frac{1}{2} \rho v^2 c_D A = \frac{1}{2} * 1000 \frac{kg}{m^3} * (5m/s)^2 * (0,25m)^2 * \pi = 3068 N$$

Antar videre at 50 % av kreftene bidrar til rotasjon og 50 % virker aksielt.

Dette betyr at 1534 N virker i rotasjonsretning og 1534 N virker aksielt. Runder disse verdiene opp til 1600 N for å være på den sikre siden.

For hele turbinrammen regner vi med at 3500 N virker på denne ved en vannstrøm på 5 m/s.

## Vedlegg F – Kode til indext.php

```

<?php
include ('config/setup.php');
?>
<!DOCTYPE html>
<html>
    <head>
        <meta charset="UTF-8">
        <script type="text/javascript"></script>
        <script type="text/javascript" src="javascript/jquery-2.1.3.min.js"></script>
        <script type="text/javascript" src="javascript/cycle2.js"></script>
        <link rel="shortcut icon" href="web_images/logo.gif" />
        <title><?php echo $page['title']. ' ' . $site_title; ?></title>
        <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">

        <?php include ('config/css.php');?>
        <?php include ('config/js.php'); ?>
        <script type="text/javascript">
            $(''.dropdown-menu input, .dropdown-menu menu').click(function(e) {
e.stopPropagation();
            });
        </script>
        <script src="http://maps.googleapis.com/maps/api/js"></script>
        <script>
            var myCenter= new google.maps.LatLng(<?php echo $loc['lat'];?> ,<?php
echo $loc['longi'];?>);
            function initialize() {
                var mapProp = {
                    center:myCenter,
                    zoom:12,
                    mapTypeId:google.maps.MapTypeId.ROADMAP
                };
                var map=new google.maps.Map(document.getElementById("googleMap"),mapProp);

                var marker=new google.maps.Marker({
                    position:myCenter,
                    icon:'web_images/logo.png'
                });
                marker.setMap(map);
            }
            google.maps.event.addDomListener(window, 'load', initialize);
        </script>

    </head>
    <body>

        <div id="temp" data-percent="<?php echo (int)$batteri?>"></div>
        <!--Navigation-->
        <div style="border-bottom: 0px;margin-bottom: 0px;padding-bottom: 0px;">
            <?php
            include(D_TEMPLATE. '/navigation.php');    ?>
        </div>
        <!--Container-->

```

```
<div class="container">
<div><h1 id="header" class="rtb" ><span><?php echo $page['header']; ?></span></h1>
    </div>
    <?php
    if ($pageid ==10){
echo '<div id="dato"><h4 style="color:white;">Sist oppdatert:'. $loc['tid'].'</h4></div>';
    }
    ?>
    <div><p><b><?php echo $page ['body'];?></b></p></div>
</div><!--END Container-->
<?php
    if ($pageid ==3 or $pageid ==4 or $pageid ==5 or $pageid==11 or
$pageid==12)
    {
        include(D_TEMPLATE. '/imageSlider.php');
    }
    if ($pageid==9)
    {
        include(D_TEMPLATE.'/blog.php');
    }
    else{}
    ?>
<!--Footer-->
    <?php
    include(D_TEMPLATE. '/footer.php');
    ?>
</body>
</html>
```

## Vedlegg G – Kode til navigasjonslinjen

```

<!--Navigationbar from bootstrap-->
<nav class="navbar navbar-default" role="navigation" style="margin-bottom: 4px;">

<div class="container navigationColor full">
<ul class="nav navbar-nav full">
<li<?php if ($pageid ==1){ echo ' class="active"'; } ?>><a href="?page=1"><span
class="glyphicon glyphicon-home doubleSize" ></a></li>
<li<?php if ($pageid ==2){ echo ' class="active"'; } ?>><a href="?page=2">Om oss</a></li>

<li class="dropdown">
<a href="#" class="dropdown-toggle" data-toggle="dropdown" role="button" aria-
expanded="false">Testing <span class="caret"></span></a>
  <ul class="dropdown-menu" role="menu">
    <li><a href="?page=3">1. Elvetest</a></li>
    <li><a href="?page=4">2. Elvetest</a></li>
    <li><a href="?page=5">3. Elvetest</a></li>
    <li><a href="?page=11">4. Elvetest</a></li>
    <li><a href="?page=12">5. Elvetest</a></li>
  </ul>
</li>
<li<?php if ($pageid ==9){ echo ' class="active"'; } ?>><a href="?page=9">Fremdrift</a></li>
<li<?php if ($pageid ==6){ echo ' class="active"'; } ?>><a href="?page=6">Kontakt
oss</a></li>

    <?php
if(count($_COOKIE) > 0){echo ' <li><a href="?page=10">Min side</a></li>'; }
    else{
    ?>
    <!--<li><a href="gsm/sendSms.php">Send SMS</a></li>-->

</ul>
<div class="pull-right">
<ul class="nav navbar-nav navbar-right" style="margin-right: 2px;">
<div class="dropdown">
    <?php
    if(count($_COOKIE) <= 0){
echo ' <a href="#" class="dropdown-toggle" data-toggle="dropdown" role="button" aria-
expanded="false"><span class="glyphicon glyphicon-user doubleSize login">
</span></a>
    <ul class="dropdown-menu box1" role="menu" >
        <form action="login.php" method="POST">

            <p>Username:</p><input type="text" name="user" />
            <br />
            <p>Password:</p><input type="password" name="pass" />
            <br />
            <input type="submit" value="Login" />
        </div>
        </form>
    </ul>';
    }
    else{

```

Strøm til Watt	12.05.15
Designdokument	Versjon 1.0

```

echo'<a href="#" class="dropdown-toggle" data-toggle="dropdown" role="button" aria-
expanded="false">Ola Normann<span class="caret"></span></a>
      <ul class="dropdown-menu" role="menu" >
      <li><a href="logout.php">log out<a></li>;
      }
      ?>
      </ul>
      </li>
      </ul>
    </div>
  </div>
</nav> <!--END Navigation Bar-->

```

## Vedlegg H – Kode til setup filen

**<?php**

#database Connection Here..

\$dbc = mysqli\_connect('localhost','developer','Waterstreamtowatt','wstw') OR die ('Could not connect'); // becourse: '.mysqli\_connect\_error());

#Constants:

DEFINE('D\_TEMPLATE', 'template');

# Functions:

include('functions/data.php');

\$site\_title = 'WaterStreamToWatt';

#if typing in home url, go to homepage

if(isset(\$\_GET['page'])){

    \$pageid = \$\_GET['page'];

}

else {

    \$pageid = 1;

}

# Page Setup

\$page = data\_page(\$dbc, \$pageid);

\$image = last\_image(\$dbc, \$testNr=\$pageid-2);

\$image2 = last\_image2(\$dbc, \$testNr=\$pageid-7);

\$ant= last\_blog(\$dbc);

\$loc = newest\_olaNLoc(\$dbc);

\$batteri=(\$loc['batteri']\*100)/140; //140 is the max voltage ov the battery

\$q ="SELECT \* FROM kunder WHERE username = '\$\_SESSION[user]'";

\$r =mysqli\_query(\$dbc, \$q);

\$user =mysqli\_fetch\_assoc(\$r);

?>

**Header CSS:**

#header

{

    text-align:center;

    color:#0033FF;

    font-weight:bolder;

    font-size:28;

    padding:1%;

}



## Vedlegg I – Kode for bildefremviseren

```
#slideshow
{
  height: 100%;
  width: 100%;
}
#slideshow img
{
  height: 100%;
  width: 100%;
}
#pager
{
  text-align: center;
  height: 120px;
  width: 100%;
  position: absolute;
  bottom: 5%;
  background: rgba(0,0,0,.5);
  z-index: 1000;
  opacity: 0;
  transition: all 0.3s ease-in-out 0s;
}
#pager:hover
{
  opacity: 1;
}
#prev
{
  height: 120px;
  width: 120px;
  position: absolute;
  top: 0;
  bottom: 0;
  left: 0;
  margin: auto 10px;
  z-index: 1000;
}
#next
{
  height: 120px;
  width: 120px;
  position: absolute;
  top: 0;
  bottom: 0;
  right: 0;
  margin: auto 10px;
  z-index: 1000;
}
#pager img
{
  margin: 10px 5px;
```

```

opacity:0.3;
transition:all .3s ease-in-out 0s;
}
#pager img:hover
{
opacity:1;
transform:scale(1.05);
z-index:100;
}

```

### HTML and PHP imageslider:

```

<div id="container">
  <div id="slideshow" class="cycle-slideshow"
    data-cycle-fx = "fade"
    data-cycle-speed = "600"
    data-cycle-timeout = "3000"
    data-cycle-pager = "#pager"
    data-cycle-pager-template = "<a href='#'><img src='{{src}}' height=100 width=150/>"
    data-cycle-next = "#next"
    data-cycle-prev = "#prev"
    data-cycle-manual-fx = "scrollHorz"
    data-cycle-manual-speed = "400"
    data-cycle-pager-fx = "fade">

```

```

<?php
  if ($pageid ==3)
  {
    $t=$pageid-2;
    for ($i=$image[0]; $i>0 ; $i--) {
echo '';
    }
  }
  if ($pageid ==4)
  {
    $t=$pageid-2;
    for ($i=$image[0]; $i>0 ; $i--) {
echo '';
    }
  }
  if ($pageid ==5)
  {
    $t=$pageid-2;
    for ($i=$image[0]; $i>0 ; $i--) {
echo '';
    }
  }
  if ($pageid ==11)
  {
    $t=$pageid-7;
    for ($i=$image2[0]; $i>0 ; $i--) {
echo '';
    }
  }

```

```
        }
        if ($pageid ==12)
        {
            $t=$pageid-7;
            for ($i=$image2[0]; $i>0 ; $i--) {
echo '';
        }
        }
        ?>
</div>
<div id="pager"></div>


</div>
```

## Vedlegg J – CSS kode til "Min side"

```
.member
{
width: 90%;
float:center;
}
#batteri
{
position:relative;
margin:60px;
width:220px; height:220px;
}
    #batteri canvas
    {
display: block;
position:absolute;
top:0;
left:0;
    }
    #batteri span
    {
color:white;
display:block;
line-height:220px;
text-align:center;
width:220px;
font-family:sans-serif;
font-size:40px;
font-weight:100;
margin-left:5px;
    }
#member1
{
height:450px;
width:1000px;
margin-left:80px;
padding-right:100px;
}
#voltMeter
{
float:left;
}
#lock
{
width:200px;
float:right;
margin-top:100px;
}
#update
{
float:left;
margin-top:80px;
```

```
}  
#member2  
{  
  height:600px;  
  width:1000px;  
}  
#kart  
{  
  width:400px;  
  height:400px;  
  float:right;  
  margin-right:10%;  
}  
#button  
{  
  float:right;  
  height:350px;  
  width:600px;  
}  
#dato  
{  
  background:#193846;  
  margin-right:800px;  
}
```

## Vedlegg K – HTML kode til "Min side"

```

<div class="container" style="background:#193846; height:1005px; width:1134px">
  <h1 style="color:white;">Velkommen Ola Normann</h1>
  <div id="member1">
    <div id="kart">
      <div id="googleMap" style="width:500px;height:380px;">
      </div>
    </div>
    <div id="voltMeter">
  <h2 style="color:white; text-align:center;">Batteristatus</h2>
    <div id="batteri">
      <div class="chart" id="graph">
      </div>
    </div>
    <script type="text/javascript" src="javascript/batteri.js"></script>
  </div>
</div>
<div id="member2">
  <div id="loc">
    <form action="functions/newLocation.php" method="POST">
    <h3>Sett inn kode fra SMS her</h3>
    <br/>
    <p> Code 1: </p><input type="code1" name="lat" />
    <br /> <br />
    <p> Code 2: </p><input type="code2" name="longi" />
  <br /><br />
    <p> Code 3: </p><input type="code3" name="batteri" />
    <br /><br />
    <input type="submit" value="Show location in map!" />
    </form>
  </div>
  <div id="button">
    <div id="update"><h4 style="color:white; text-align:center;">Oppdater statusen</h4><a
href="sendSMS"></a>
    </div>
    <div id="lock"><h4 style="color:white; text-align:center;">Lås posisjonen</h4><a
href="sendSMS"></a>
    </div> </div>
  </div>
</div>

```

## Vedlegg L – Kode til sendSMS filen

**<?php**

```
require 'class-Clockwork.php';

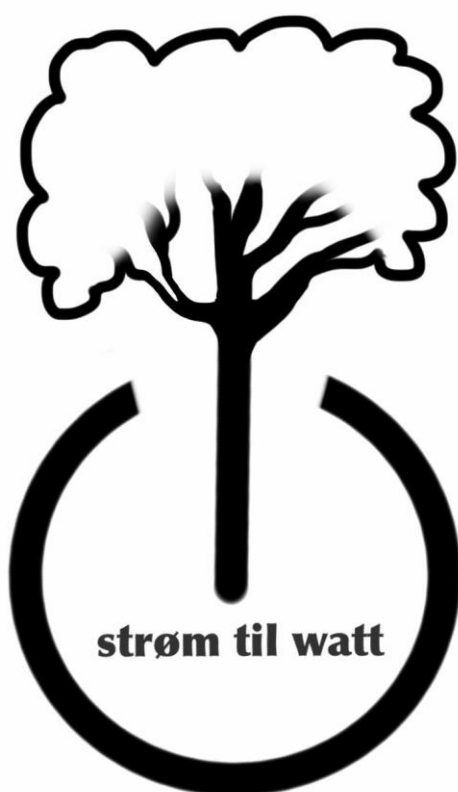
if (isset($_POST['phonenumber']) && isset($_POST['message2'])){
    $phonenumber = $_POST['phonenumber'];

    $message2 = $_POST['message2'];
}
else{header("location:../index.php?page=7");}
try{
    $apikey = "1726f174cc4fcf6a4487502d93c403f78d9aa41f";
    $clockwork =new Clockwork($apikey);

    $message =array('to' => $phonenumber, 'message' => $message2);

    $done = $clockwork->send($message);
    if ($result['success'])
    {
        echo "Message sent - ID: " . $result['id'];
    }
    else{
        echo "Message failed - Error: " . $result['error_message'];
    }
}
catch (ClockworkExcetion $e)
{
    echo 'Exception sending SMS: ' . $e->getMessage();
}
echo "2";
header("location:../index.php?page=7");
?>
```

# Kravanalyse





## Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Dokumenthistorie</b>	4
<b>2</b>	<b>Innledning</b>	5
<b>3</b>	<b>Interessenter</b>	5
3.1	Interessentliste	6
3.2	Interessentenes krav	7
3.3	Sporing av systemkrav	9
<b>4</b>	<b>Rotor</b>	14
4.1	Verktøy	14
4.2	Funksjonelle krav	17
<b>5</b>	<b>Kraftoverføring</b>	18
5.1	Verktøy	18
5.2	Funksjonelle krav	20
<b>6</b>	<b>Generator</b>	21
6.1	Verktøy	21
6.2	Funksjonelle krav	23
<b>7</b>	<b>Turbinramme</b>	24
7.1	Verktøy	24
7.2	Funksjonelle krav	26
<b>8</b>	<b>Offgridsystem</b>	27
8.1	Offgridsystem	27
8.2	Verktøy	27
<b>9</b>	<b>Forankring</b>	29
9.1	Verktøy	29
9.2	Funksjonelle krav	30
<b>10</b>	<b>Sikkerhetssystem</b>	31
10.1	Verktøy	31
	Funksjonelle krav	33
<b>11</b>	<b>Beskyttelsessystem</b>	34
11.1	Verktøy	34
11.2	Funksjonelle krav	34

## Vedlegg

Vedlegg A – Prosjektoppgave fra oppdragsgiver

### Figuroversikt

Figur 1: Interessentmatrise .....	6
Figur 2: Kontekstdiagram Rotor .....	14
Figur 3: Sekvensdiagram høy vannhastighet, Rotor .....	15
Figur 4: Sekvensdiagram blader/greiner, Rotor .....	16
Figur 5: Flow chart, Rotor .....	17
Figur 6: Kontekstdiagram, Kraftoverføring .....	18
Figur 7: Sekvensdiagram vedlikehold, Kraftoverføring .....	19
Figur 8: Flow chart, Kraftoverføring .....	20
Figur 9: Kontekstdiagram Generator .....	21
Figur 10: Sekvensdiagram vannlekkasje, Generator .....	22
Figur 11: Flow chart, Generator .....	23
Figur 12: Kontekstdiagram Turbinramme .....	24
Figur 13: Flow chart Turbinramme .....	25
Figur 14: kontekstdiagram Offgridsystem .....	27
Figur 15: Kontekstdiagram Forankring .....	29
Figur 16: Sekvensdiagram belastning, Forankring .....	30
Figur 17: Kontekstdiagram Sikkerhetssystem .....	31
Figur 18: Flow Chart batteriovervåking, Sikkerhetsdiagram .....	31
Figur 19: Sekvensdiagram informerer, Sikkerhetssystem .....	32
Figur 20: Sekvensdiagram SMS, Sikkerhetssystem .....	32
Figur 21: Kontekstdiagram Beskyttelsessystem .....	34

Strøm til Watt	10.05.15
Kravanalyse	Versjon 1.0

## 1 Dokumenthistorie

Versjon:	Dato:	Ansvarlig:
1.0	10.05.2015	AB

Deltakere	Initialer
Andreas Blakstad	AB
Jo Nysæter	JN
Joel Gøransson	JG
Jonas H. Pedersen	JHP
Marte Rognerud	MR
Mats F. Evensen	MFE

## 2 Innledning

Kravanalysen er en samling av alle de forskjellige analysene og fremgangsmåtene Strøm til Watt har gjort for å finne systemkrav. Først blir alle interessentene identifisert, deretter blir krav analysert. Til slutt blir det gjort en gjennomgang av de funksjonelle kravene til subsystemene som deretter blir implementert til et helhetlig system ved hjelp av verktøy (context diagram, sequence diagram, flow charts).

Disse analysene har utarbeidet ikke-funksjonelle krav, heretter omtalt som systemkrav. Systemkravene utgjør Kravspesifikasjon V 3.0.

Tatt i betraktning at dette er en åpen<sup>1</sup> oppgave er det viktig for prosjektet å benytte seg av kravanalysen ettersom dette hjelper oss å avdekke dyptliggende og viktige krav.

## 3 Interessenter

Under utviklingen av et produkt er det viktig å tenke på brukeren av produktet. Samtidig bør det tenkes på andre som blir berørt ved bruk. Dette gjelder uavhengig om det er lover og regler som forbyr eller gir produktet restriksjoner, eller om produktet sjenerer personer som befinner seg i området rundt produktet. De berørte kaller vi for interessenter. For å få et komplett bilde av hvilke krav som stilles til produktet er det viktig å identifisere interessentene.

Det er ikke sikkert at kunden vet nøyaktig hva som ønskes. Det er derfor viktig med tett oppfølging for å finne ut hva kunden faktisk vil ha og deretter utforme krav ut fra hva kunden ønsker. Systemkravene skal være målbare og nøyaktige, slik at det er mulig å verifisere kravene ved hjelp av testing.

Alt dette viser viktigheten av en god kravspesifikasjon. Den er selve utgangspunktet for produktet og det er disse kravene produktet blir kontrollert opp mot når produktet går til produksjon.

---

<sup>1</sup> Se vedlegg A

### 3.1 Interessentliste

- Høgskolen i Buskerud og Vestfold (inkludert veiledere og sensorer)
- Miljøbevegelsen (eks. WWF, Greenpeace, Belona)
- NJFF (Norges jeger- og fiskerforbund)
- Oppdragsgiver
- Grunneiere
- Norsk Ornitologisk Forening
- Kjøpere
- Media
- Myndigheter
  - o Lokale
  - o Statlige
- Konkurrenter
  - o Nasjonale
  - o Internasjonale
- Brukere av naturen
  - o Padlere
  - o Fiskere
- Den Norske Turistforeningen

### 3.2 Interessentmatrise

		Grad av Interesse	
		Lav	Høy
Makt og Innflytelse	Lav	<u>Minimal Innsats</u>  Norsk Ornitologisk Forening	<u>Holdes Informert</u>  Miljøbevegelsen      Brukere av naturen, NJFF (Norges jeger- og fiskeforbund)
	Høy	<u>keep satisfied</u>  Myndigheter (Lokale/Internasjonale)      Media  Konkurrenter      Grunneiere	<u>key partners</u>  Kjøpere  Oppdragsgiver

Figur 1: Interessentmatrise

### 3.2 Interessentenes krav

- 1i Miljøbevegelsen (eks. WWF, Greenpeace, Belona)
  - A. Bidrag til miljøvennlig kraft
  - B. Miljøvennlig produkt
  - C. Ikke forstyrre økosystem
- 2i NJFF (Norges jeger- og fiskerforbund)
  - A. Ikke forstyrre økosystemet
- 3i Oppdragsgiver
  - A. Til hyttebruk med mer
  - B. Skal kunne bæres av 3 personer
  - C. Skal bruke propell
  - D. Sikkerhet, skal kunne spore enhet om den blir stjålet.
  - E. Printe ut modell i plast på 3D-printer, skal kunne gi ut strøm.
  - F. Skal være så enkel og billig som mulig.
  - G. Skal bare kunne kastes ut i vannet.
  - H. Lage noe som skal kunne konkurrere med solcelle.
  - I. Kunne sjekke status på enhet (strøm, lading, koblet til)
  - J. Så pålitelig som mulig
  - K. Systemet skal produsere så mye energi som mulig
- 4i Grunneiere
  - A. Se pent ut
  - B. Ikke forstyrre
  - C. Ikke ødelegge naturen
  - D. Økonomisk kompensasjon
- 5i Norsk Ornitologisk Forening
  - A. Ikke forstyrre fuglelivet
- 6i Kjøpere
  - A. Lønnsomt
  - B. Lav nedetid, lite feil med anlegget, vedlikeholdsritt
  - C. Konkurransedyktig pris
  - D. Vanskelig å stjele
  - E. Enkel å håndtere/bruke
  - F. Miljøvennlig
  - G. Fjernovervåkning
  - H. Ikke forstyrre
  - I. Systemet skal produsere så mye energi som mulig
  - J. At det ikke skal oppstå personskader under håndtering av utstyret
- 7i Media
  - A. Nyhet

## 8i Statlige og lokale myndigheter

- A. Lokale lover og regler
- B. Statlige lover og regler

## 9i Konkurrenter

- A. Nasjonale
- B. Internasjonale

## 10i Brukere av naturen

- A. Må ikke være til hinder for padlere
- B. Ikke ødelegge for fiske
- C. Ikke ødelegge for friluftsfolk generelt

### 3.3 Sporing av systemkrav

Tabellen brukes til å knytte systemkravene opp mot brukerkravene fra våre interessenter.

Krav	Sporings ID	Sporbar
<b>3.2 Ytelse</b>		
<b>3.2.1 Effekt</b>		
<b>3.2.1.1 Fullskala system</b>		
Fullskala system med en rotordiameter på 0,5 m skal produsere en effekt på 70W, ved en vannstrøm på 1,5 m/s	1i-A, 3i-K,H 6i-I,F 9i-A,B	ja
<b>3.2.1.2 Prototype</b>		
Prototypen skal ha en virkningsgrad ( $C_P$ ) på minimum 0,05, i henhold til ligningen $E = \frac{1}{2} \rho v^3 A C_P$	1i-A 3i-E	ja
<b>3.2.1.3 Overladning</b>		
Fullskala systemet skal kunne lade ett 12 volts batteri, uten at det skades/overlades.	3i-F 6i-A,B,E,I	ja
<b>3.2.1.4 Ladespenning</b>		
Fullskala system skal ha en maks ladespenning på batteriet som ikke overskrider 14,2 volt.	3i-F 6i-A,B,E,I	ja
<b>3.2.2 Temperaturbegrensninger</b>		
<b>3.2.2.1 Kulde</b>		
Fullskala system skal tåle minusgrader i inntil 2 døgn i bruk hvor elva ikke fryser.	3i-F,G,J 6i-B,C	ja
<b>3.2.2.2 Vanntemperatur</b>		
Fullskala system skal i bruk tåle en vanntemperatur mellom 1 og 40 °C	3i-F 6i-B	ja
<b>3.2.2.3 Lufttemperatur</b>		
Fullskala system skal tåle en lufttemperatur på 60 °C i direkte sollys	3i-F 6i-B	ja
<b>3.2.2.4 Oppbevaring</b>		
Fullskala skal kunne lagres i skur mellom -18 og 50 °C	3i-F	ja



	6i-B,E	
<b>3.3 Støy</b>		
<b>3.3.1 Systemstøy</b>		
<b>3.3.1.1 Akustisk støy</b>		
Prototypen skal ikke overskride 50 dB.	6i-H 10i-C	ja
<b>3.3.1.2 Elektronisk støy</b>		
Prototypen skal tåle feltstyrke 10V/m.(IEC 61000-4-3)	1i-B,C 2i-A 4i-B 6i-H 8i-B	ja
<b>3.3.1.3 Utstrålt emisjon</b>		
Prototypen skal ha grenseverdi mellom 80 – 52 dBµV/m.( CISPER 16-2)	1i-B,C 2i-A 4i-B 6i-H 8i-B	ja
<b>3.4 Vekt</b>		
<b>3.4.1 Turbinvekt</b>		
<b>3.4.1.1 Fullskala turbinenhet</b>		
Fullskala turbinenhet skal ikke veie mer enn 80 kg.	3i-B,G 6i-E	ja
<b>3.5 Sikkerhet</b>		
<b>3.5.1 Overvåkning av eksternt system (turbin)</b>		
<b>3.5.1.1 Festeordning</b>		
Fullskala system skal ha et festesystem som gjør at enheten ligger fluiddynamisk stabilt på et sted i elven.	3i-J 10i-A	ja
<b>3.5.1.2 Overvåkning</b>		
Prototypen og fullskala system skal kunne spores om nødvendig ved hjelp av GPS-koordinater om den f.eks. løsner eller blir stjålet.	3i-D 6i-D,G	ja

<b>3.5.1.3 Ekstremvær</b>		
Fullskala system skal tåle en vannstrøm på inntil 5 m/s.	3i-J 6i-B	ja
<b>3.5.2 Sikkerhet for allmenn ferdsel</b>		
<b>3.5.2.1 Synlighet</b>		
Fullskala system skal merkes slik at det ikke er mulig å snuble eller skade seg ved å komme i kontakt med systemet.	10i-A,B	ja
<b>3.5.2.2 Skarpe kanter</b>		
Fullskala system skal ikke ha skarpe kanter slik at det er mulig å skjære seg på disse.	1i-C 3i-G 4i-C 6i-E 10i-A,B,C	ja
<b>3.5.3 Generell sikkerhet</b>		
<b>3.5.3.1 Aksellås</b>		
Turbinenhet skal utstyres med en aksellås som skal hindre rotorbevegelse.	6i-J	ja
<b>3.5.3.2 Rotorbeskyttelse</b>		
Fullskala system sin turbinenhet skal ha beskyttelse som plasseres forran innsuget for å hindre at andre ting enn vann kommer inn til rotoren.	3i-J,K 6i-B,I	ja
<b>3.6 Håndtering av system</b>		
<b>3.6.1 Installasjon</b>		
<b>3.6.1.1 Turbinenhet</b>		
En fullskala turbinenhet skal normalt kunne installeres av tre voksne personer.	3i-B,G 6i-C,J	ja
<b>3.6.1.2 Frakt av system</b>		
Et fullskala system skal kunne fraktes med førerkort klasse B.	3i-B,F 6i-E	ja
<b>3.6.2 Vassdrags- og vannressursloven</b>		
<b>3.6.2.1 Konesesjon</b>		
Systemet skal gjøres portabelt , for å etterkomme kravene fra vassdrags- og vannressursloven for fri installasjon.	1i-C 8i-A,B	ja

<b>3.6.2.2 Ferdsel</b>		
Fullskala system skal ikke være til hinder for fri ferdsel.	2i-A 5i-A 10i-A,B,C	ja
<b>3.6.3 Service og vedlikehold</b>		
<b>3.6.3.1 Vedlikehold</b>		
Fullskala system skal vaskes 2 ganger per år for å fjerne alger og mose.	3i-F,J 6i-B,I	ja
<b>3.6.3.2 Service</b>		
Service på fullskala system skal kunne utføres av eier uten spesiell kompetanse.	3i-F,J,K 6i-A,B,E,I	ja
<b>3.7 Konfigurerbar data både fullskala og prototype</b>		
<b>3.7.1 Posisjonering</b>		
<b>3.7.1.1 GPS</b>		
GPS skal gi posisjonskoordinatene til systemet når det er ønskelig.	3i-D 6i-D,G	ja
<b>3.7.1.2 Nøyaktighet</b>		
GPS systemet skal ikke overskride en feilradius på mer enn 10 meter.	3i-D 6i-D,G	ja
<b>3.7.2 Batteri til GPS</b>		
<b>3.7.2.1 Batterieffekt</b>		
Reservebatteri skal ha nok effekt til å drive en mikrokontroller i 72 timer uten bidrag fra strømgeneratoren	3i-D 6i-D	ja
<b>3.7.3 Data Prossesering</b>		
<b>3.7.3.1 GSM</b>		
GPS koordinatene skal sendes gjennom GSM.	3i-D 6i-D	ja
<b>3.7.3.2 Brukergrensesnitt</b>		
Systemet skal lagre informasjon i database på en server.	3i-I 6i-G	ja

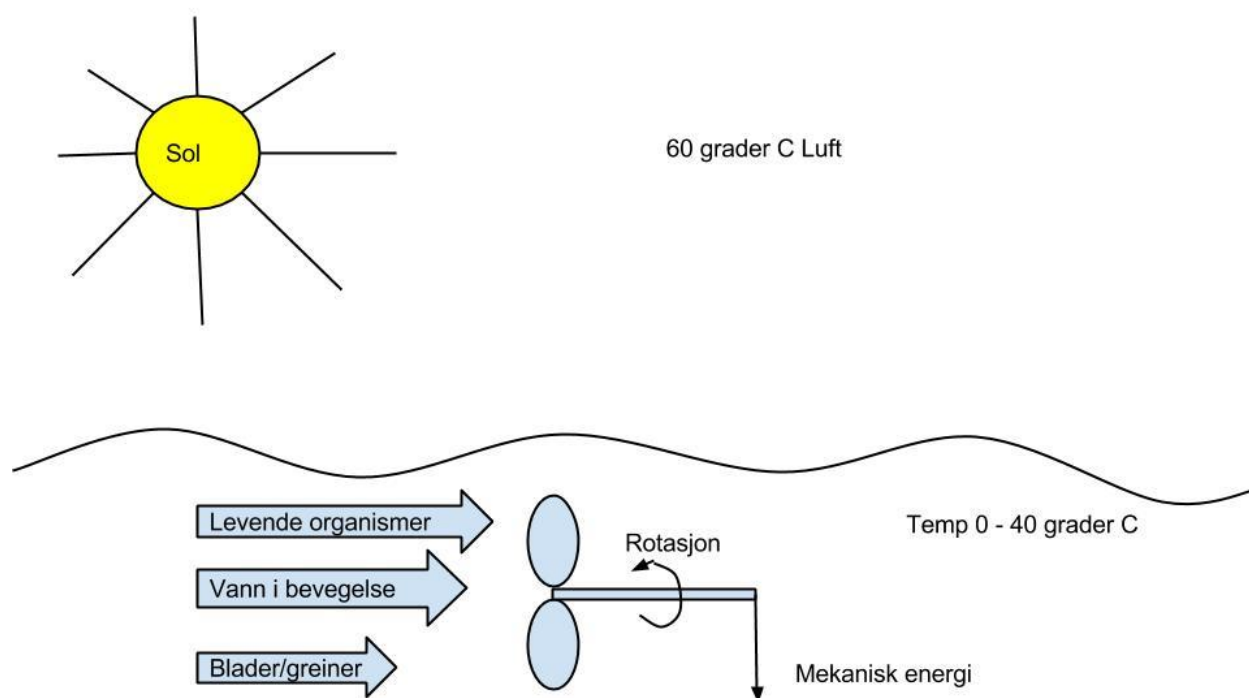
<b>3.7.3.3 Varsling</b>		
Systemet skal varsle bruker/eier av systemet dersom reservebatteri må benyttes.	3i-I 6i-G	ja
<b>3.7.3.4 Mikrokontroller</b>		
Sikkerhetssystemet skal operere ut fra en mikrokontroller.	3i-F 6i-C	ja
<b>3.8 Materialer</b>		
<b>3.8.1 Miljø</b>		
<b>3.8.1.1 Gift</b>		
Fullskala system skal bygges i miljøvennlige materialer som ikke er vannløselige.	1i-B,C 2i-A 3i-G 4i-C 6i-F 10i-B,C	ja
<b>3.8.2 Livssyklus</b>		
<b>3.8.2.1 Korrosjon</b>		
Fullskala system skal bygges i korrosjonsbestandige og UV-bestandige materialer.	3i-F	ja
<b>3.8.2.2 Tribologi</b>		
Materialene valgt for fullskala system skal tåle påkjenningene den vil bli utsatt for ved å ligge i elva i 10 år.	3i-F 6i-C	ja
<b>3.8.2.3 Gjenvinning</b>		
Fullskala system skal kunne leveres på en gjenvinningsstasjon når det er utslitt.	1i-C 3i-F 6i-C,F	ja
<b>3.8.2.4 Vanntype</b>		
Fullskalasystemet skal tåle ferskvann.	3i-F,J 6i-B	ja
<b>3.8.2.5 Sjokk</b>		
Fullskala system skal tåle fall fra 10 cm på betonggulv uten emballasje.	3i-J 6i-B,E	ja

## 4 Rotor

Rotor er subsystemet som omgjør den lineære bevegelsen i vannet til rotasjon som videre kan overføres til generatoren.

### 4.1 Verktøy

#### 4.1.1 Kontekstdiagram

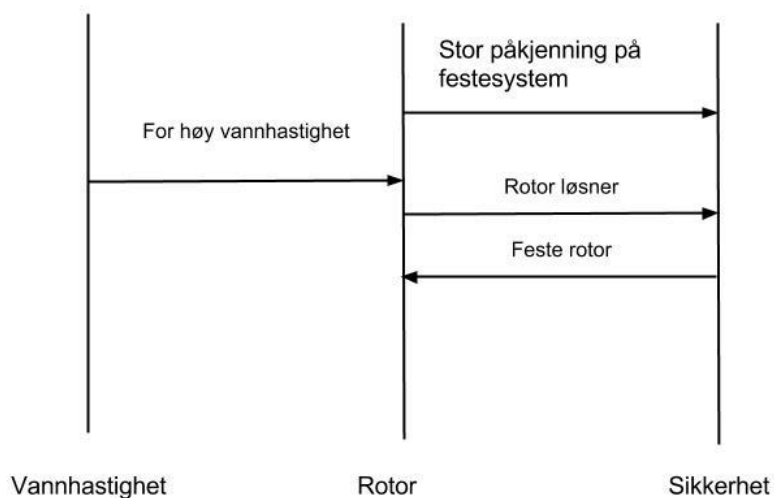


Figur 2. Kontekstdiagram Rotor

## 4.1.2 Sekvensdiagram

### 4.1.2.1 Høy vannhastighet

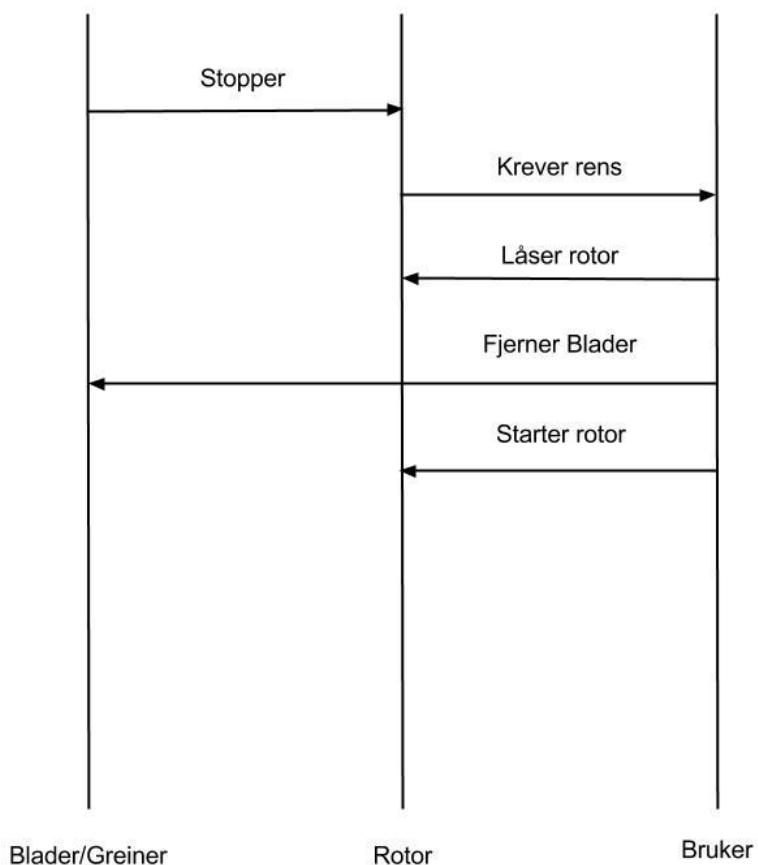
Et problem som kan oppstå med rotoren er at den blir utsatt for en for høyere vannhastighet enn hva den er designet for. Dette kan gjøre at det oppstår for store spenninger i rotoren og at den kan gå i stykker. Det er derfor utarbeidet et sequence diagram for å se problemstillinger rundt denne situasjonen.



Figur 3: Sekvensdiagram høy vannhastighet, Rotor

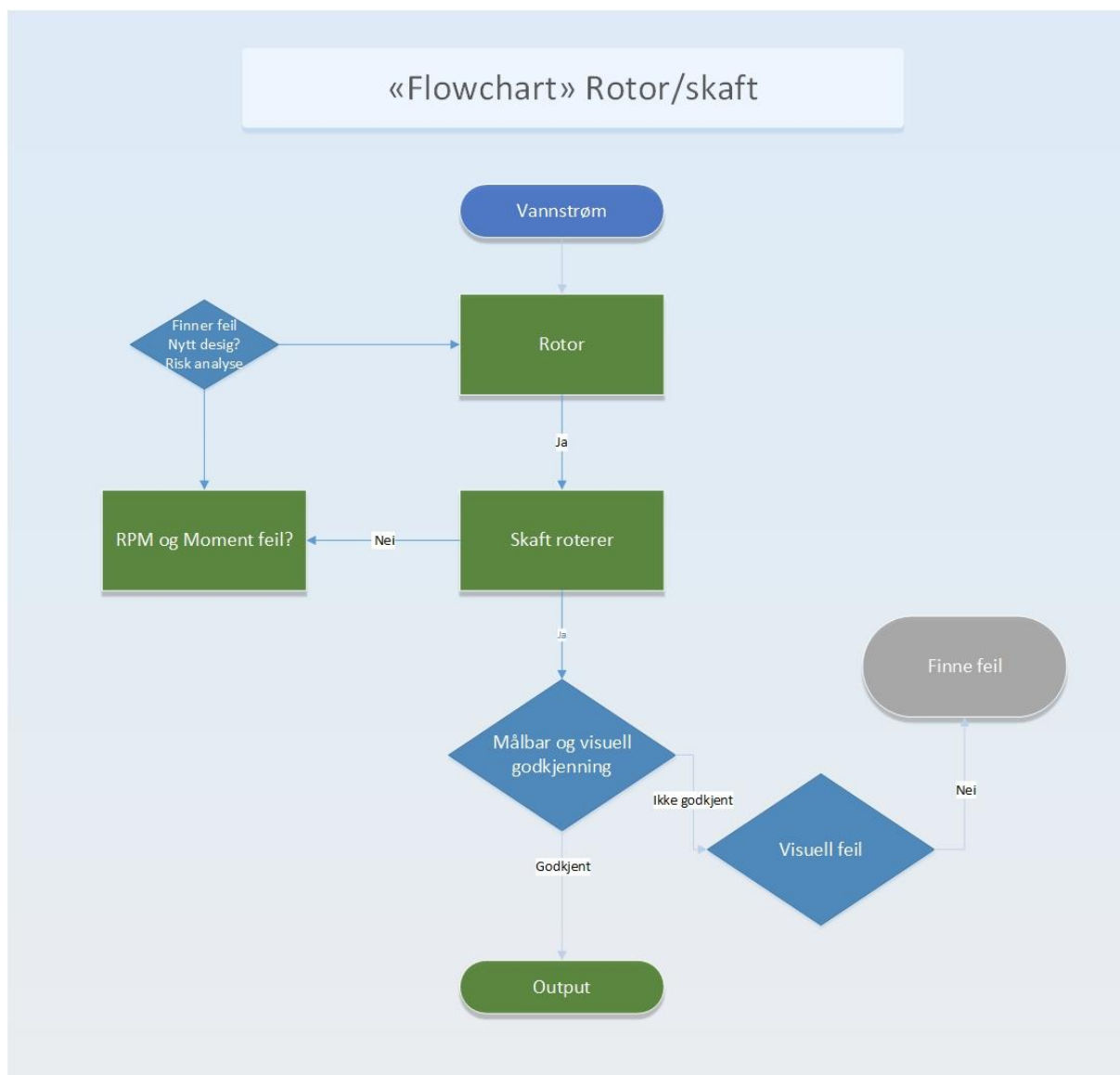
#### 4.1.2.2 Blader/greiner

En rotor må regne med at den fra tid til annen kommer i kontakt med blader eller greiner som kommer flytende nedover elven. Dette er en situasjon som garantert kommer til å oppstå. Det er derfor gjort en sequence analyse av problemstillingen for å få utarbeidet de rette funksjonalitetene i forhold til dette.



Figur 4: Sekvensdiagram blader/greiner, Rotor

### 4.1.3 Flowchart



Figur 5: Flow chart, Rotor

### 4.2 Funksjonelle krav

- Skal overføre den kinetiske energien i vannet til mekanisk energi.
- Skal ikke skade noen

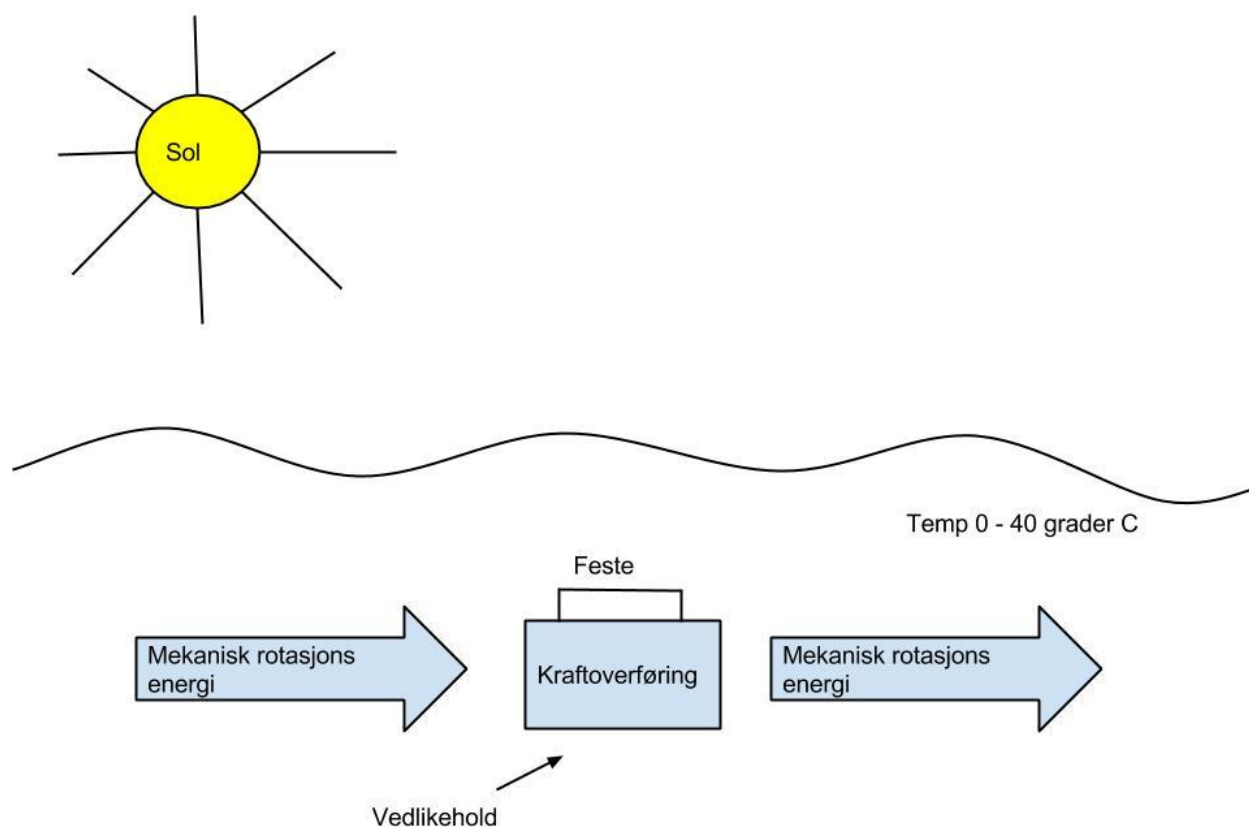


## 5 Kraftoverføring

Dette subsystemet tar for seg overføringen av mekanisk energi fra rotor og videre ut i systemet.

### 5.1 Verktøy

#### 5.1.1 Kontekstdiagram

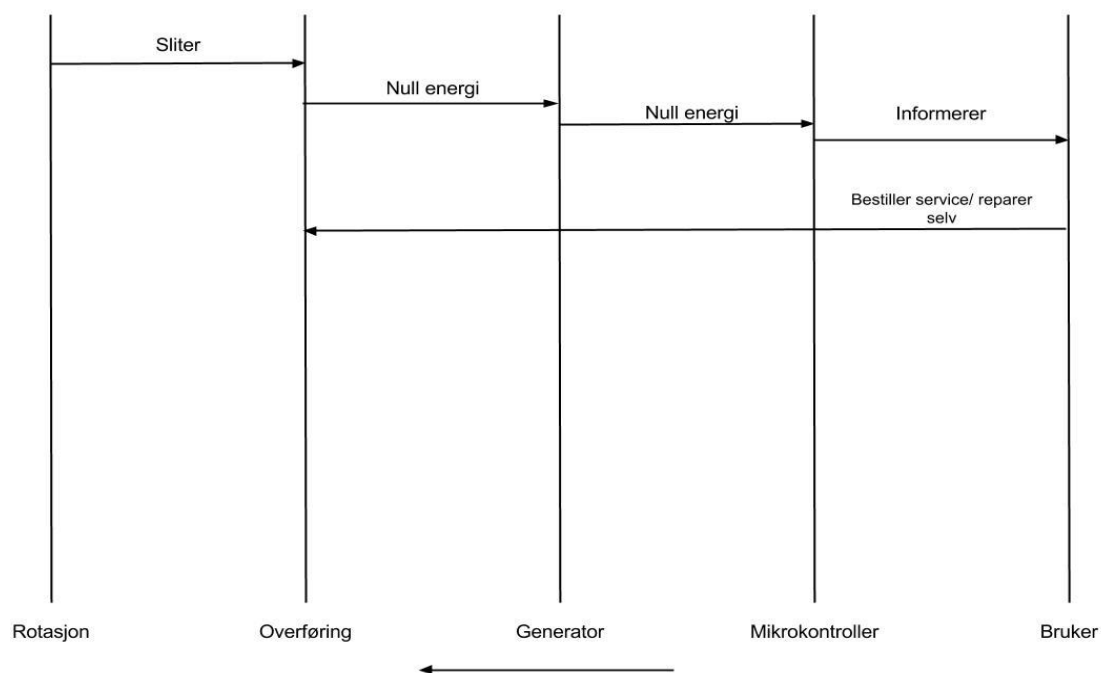


Figur 6: Kontekstdiagram, Kraftoverføring

## 5.1.2 Sekvensdiagram

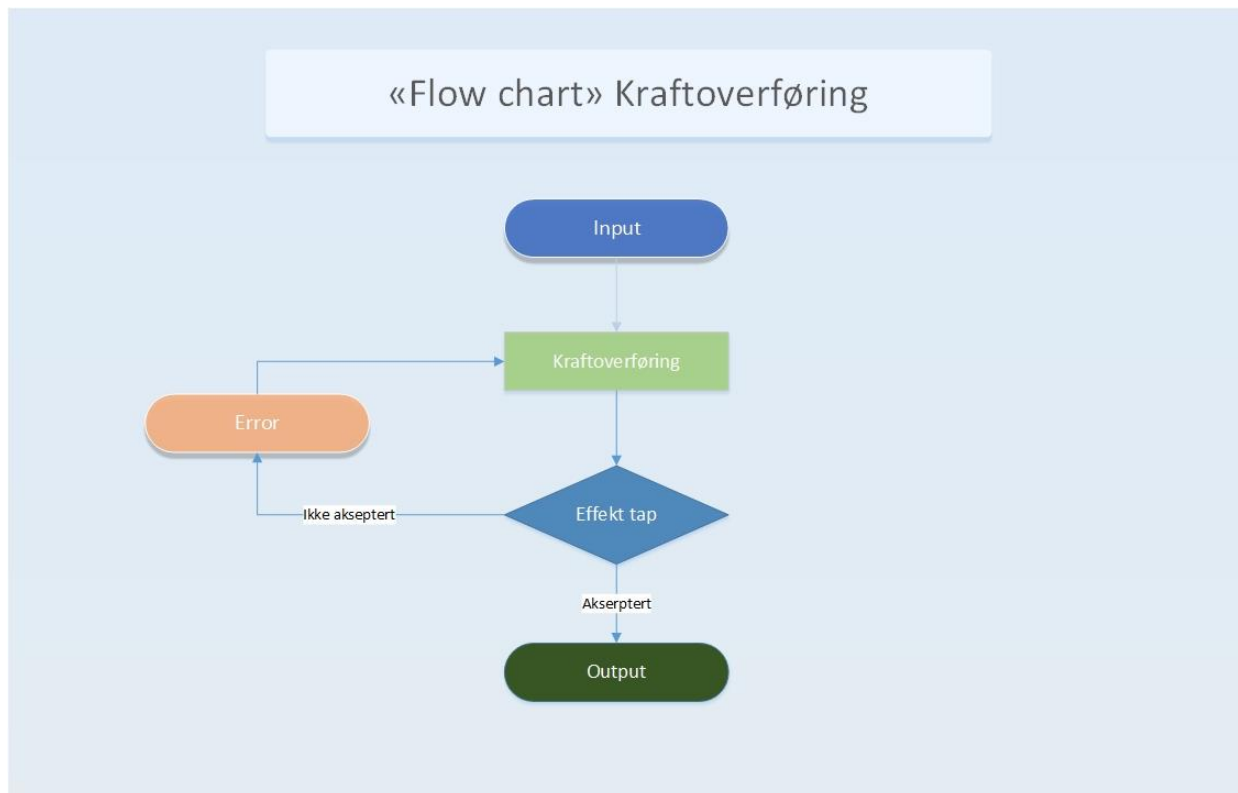
### 5.1.2.1 Vedlikehold

Kraftoverførings systemer består ofte av slidedeler. Derfor er det viktig å kunne forholde seg til funksjonaliteten av at det må gjøres vedlikehold. Denne situasjonen er prøvd å gjenskapes gjennom sequence diagrammet under.



Figur 7: Sekvensdiagram vedlikehold, Kraftoverføring

### 5.1.3 Flow chart



Figur 8: Flow chart, Kraftoverføring

## 5.2 Funksjonelle krav

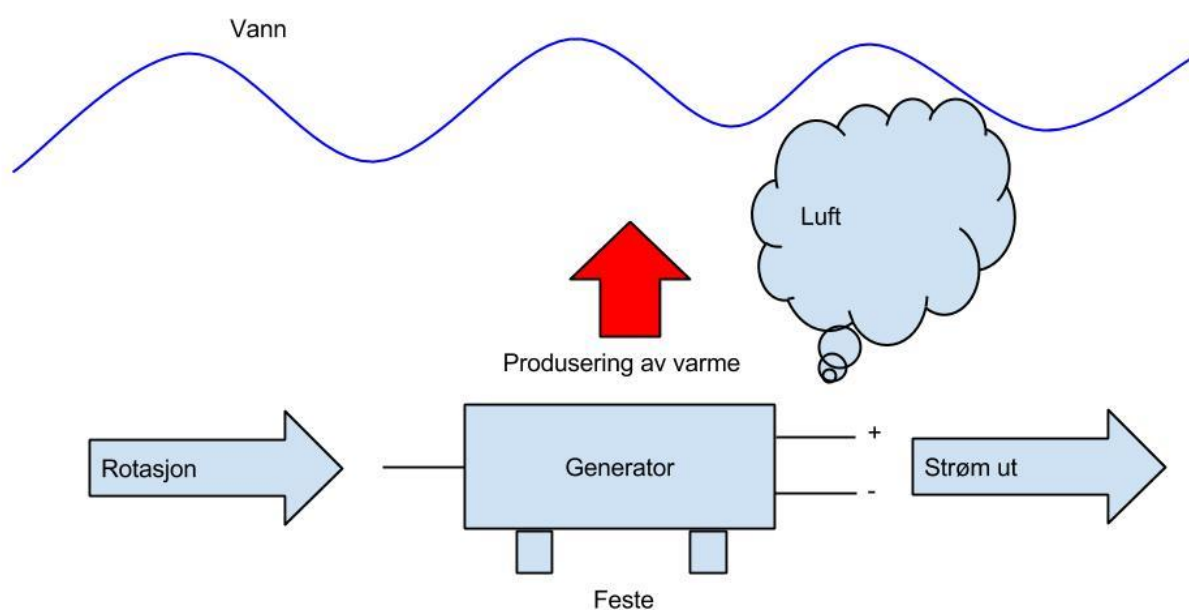
- Skal overføre den mekaniske energien fra rotoren til generatoren
- Skal tåle kreftene den normalt kan bli utsatt for
- Skal ha minst mulig effekttap
- Lett og vedlikeholde hvis dette er nødvendig
- Lett å skifte ut hvis den blir ødelagt
- Skal tåle elementene den blir utsatt for i situasjoner der turbinen er lagret
- Bør ha lave livssyklus-kostnader.
- Skal ikke lage for mye støy
- Skal tåle å bli utsatt for ferskvann i en elv.
- Skal tåle trykke fra vannet når turbinen ligger under vann.

## 6 Generator

Generatoren er det subsystemet som generer elektrisk energi. Denne energien skal leveres til en batteripakke hvor energien lagres.

### 6.1 Verktøy

#### 6.1.1 Kontekstdiagram

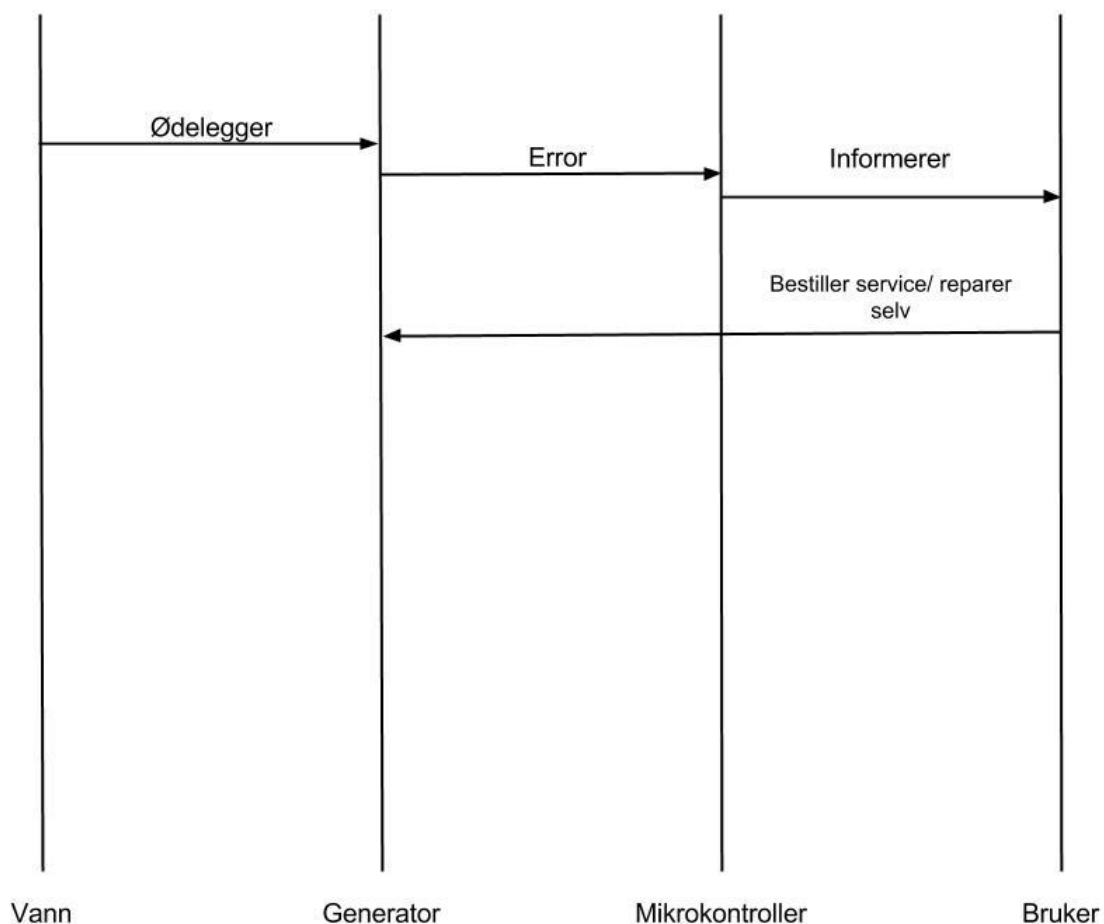


Figur 9: Kontekstdiagram Generator

## 6.1.2 Sekvensdiagram

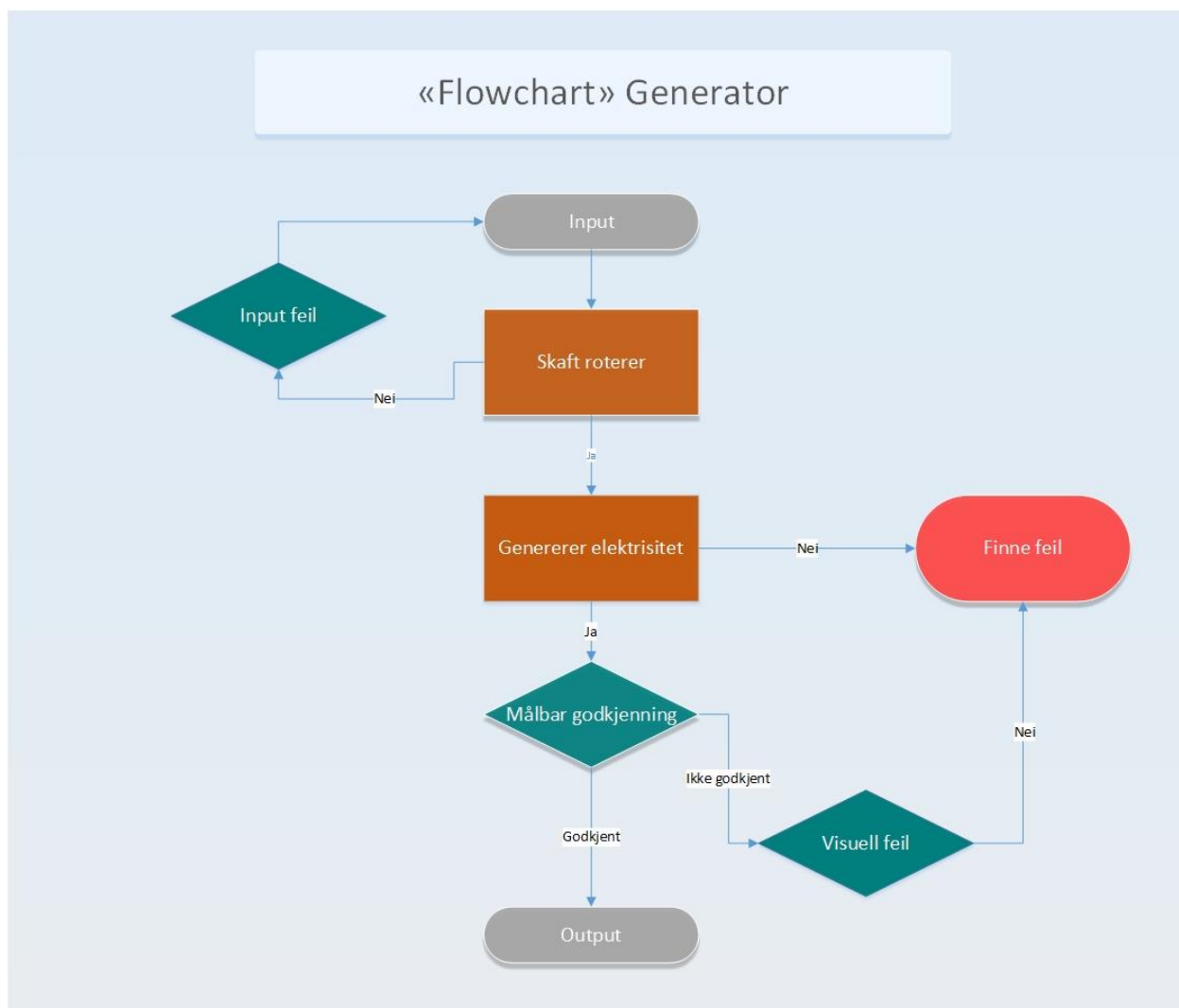
### 6.1.2.1 Vannlekkasje

Et av de store problemmene med å ha komponenter under vann er lekkasje. Vann trenger inn på de itfoligste plasser og kan være skadelig for generatoren. Det er derfor konstruert et sequence diagram for denne problemstillingen, og på denne måten funnet måter og unngå dette.



Figur 10: Sekvensdiagram vannlekkasje, Generator

### 6.1.3 Flow chart



Figur 11: Flow chart, Generator

## 6.2 Funksjonelle krav

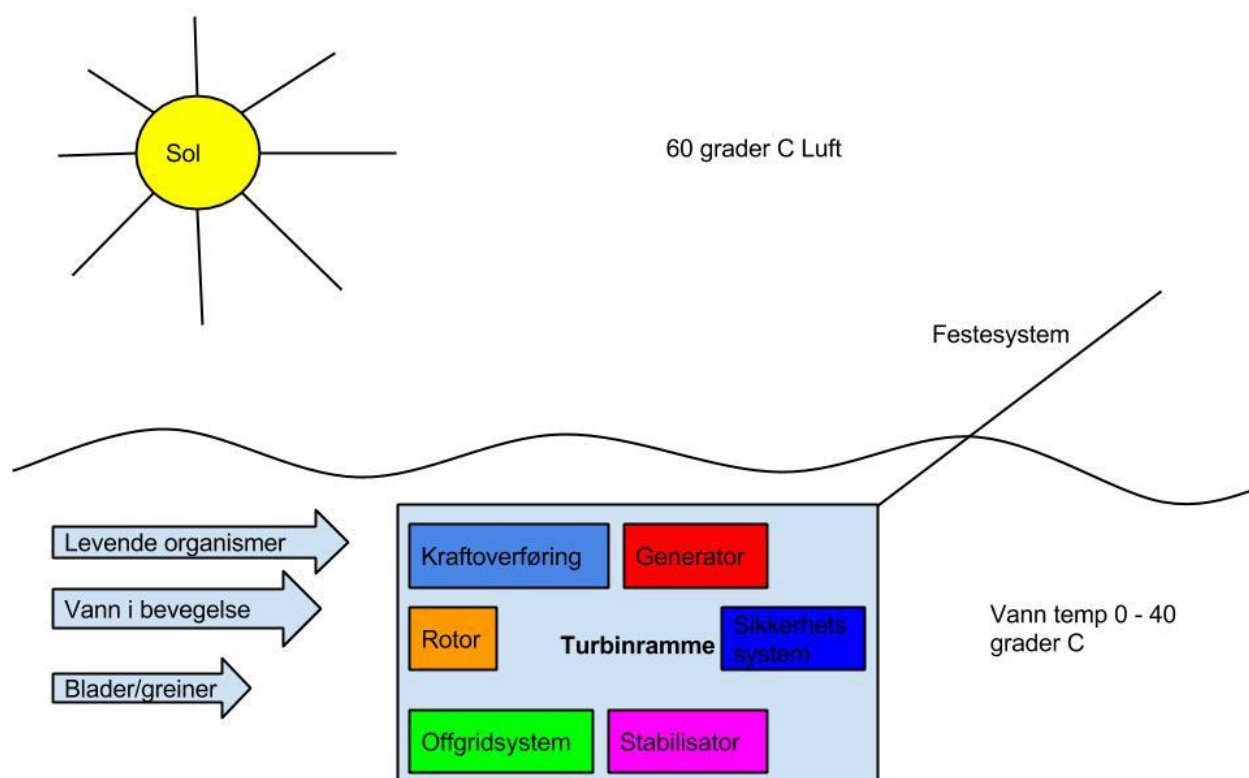
- Skal produsere elektrisk energi
- Skal ikke produsere for mye elektrisk støy (ICE)
- Skal ha minst mulig effekttap
- Bør ha lav livssyklusluskostnad

## 7 Turbinramme

Dette subsystemet er delen som holder alle de andre subsystemene sammen. Det gjør at man får et sammensatt system.

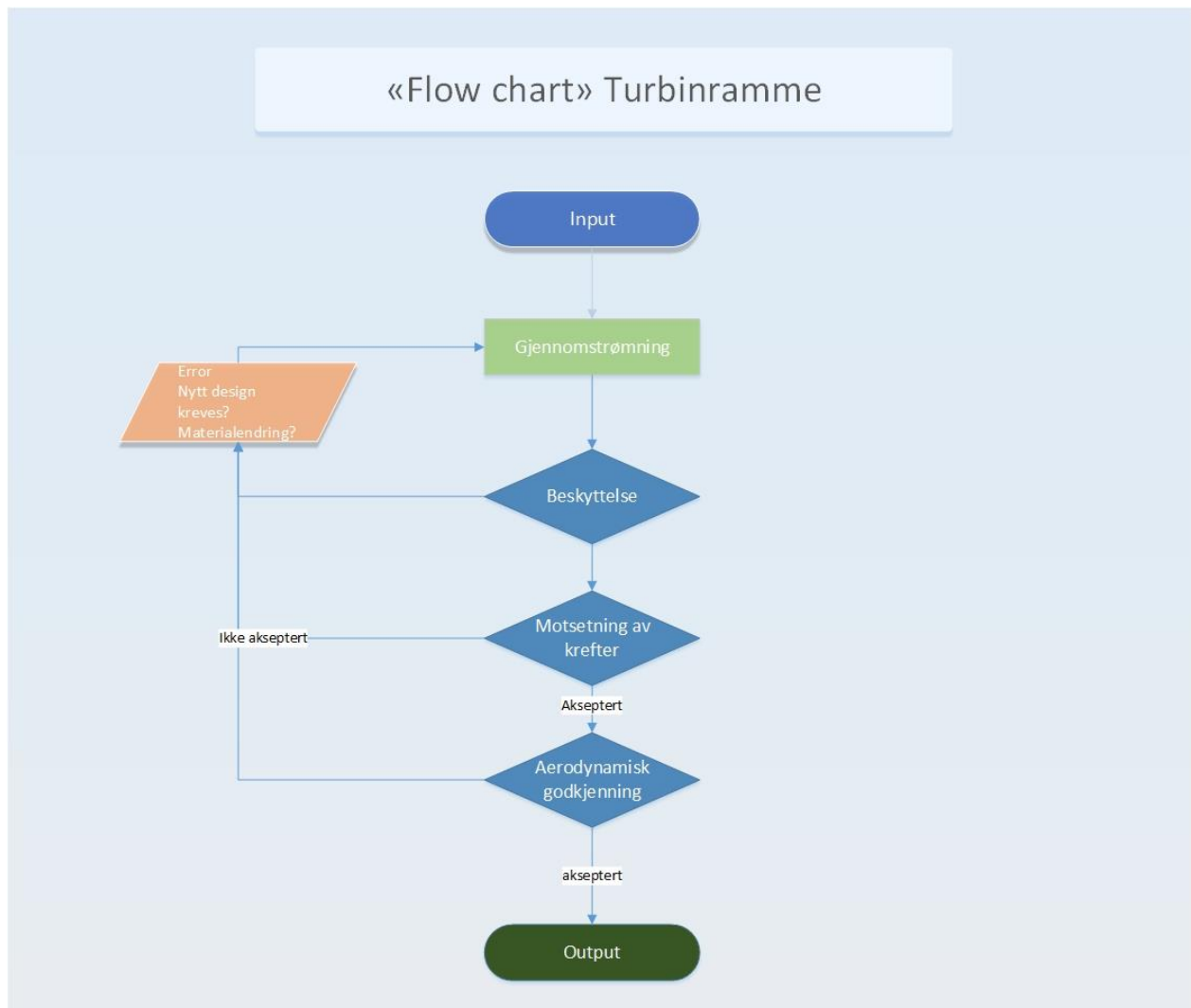
### 7.1 Verktøy

#### 7.1.1 Kontekstdiagram



Figur 12: Kontekstdiagram Turbinramme

### 7.1.2 Flow chart



Figur 13: Flow chart Turbinramme



## 7.2 Funksjonelle krav

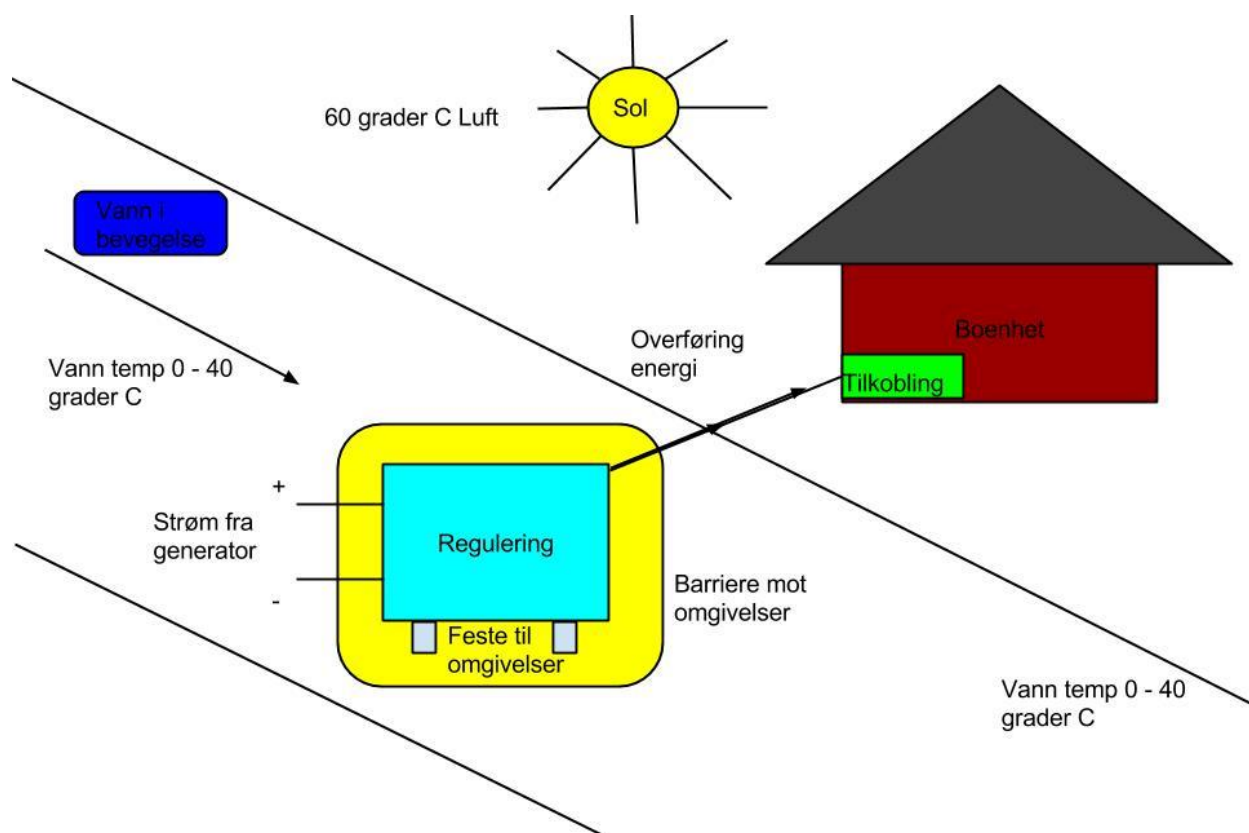
- Skal beskytte vitale komponenter som: rotor, kraftoverføring, generator og sikkerhetssystem mot ytre påkjenninger.
- Skal være utformet slik at rotor, kraftoverføring, generator og sikkerhetssystem sitter sammenkoblet på en fornuftig måte. Rammen skal sikres uten at det gir for store påkjenninger på rammen, altså at det ikke oppstår varige deformasjoner
- Skal kunne lede vannet gjennom arealet som rotoren sveiper over
- Skal tåle å ligge under vann under lengre perioder
- Ved oppbevaring så skal eventuelle hulrom enkelt kunne tømmes for vann så det ikke er fare for frostsprengning
- Overflaten skal være av et material som er UV-bestandig
- Overflaten bør være så glatt som mulig for å unngå hindre friksjon mot vannstrømmen
- Konstruksjonen skal være så robust at den tåler de krefter som vannet påfører konstruksjonen
- Skal være av et format som gjør det mulig å kunne flyttes med menneskekraft.
- Skal ha en utforming som gjør at en ikke kan skades av skarpe kanter eller spisser.
- Den skal være synlig for andre brukere av vassdraget så konstruksjonen lett skal kunne unngås.
- Den skal være utformet så strømlinjeformet som mulig.

## 8 Offgridsystem

Dette subsystemet har ansvar for å kontrollere og eventuelt regulere elektrisiteten som blir produsert fra turbinenheten. Den elektriske energien blir så overført til brukeren gjennom et offgridsystem.

### 8.1 Offgridsystem

### 8.2 Verktøy



Figur 14: kontekstdiagram Offgridsystem

### 8.3 Funksjonelle krav

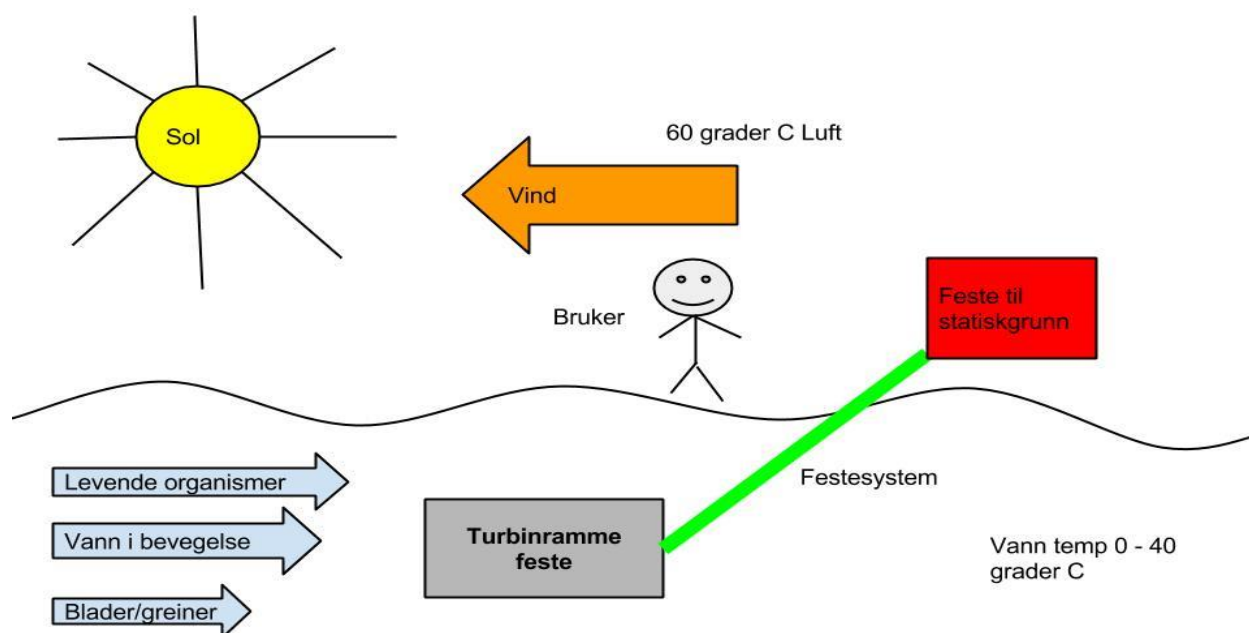
- Skal frakte energien fra turbinenheten til boenheten
- Skal fungere under de samme omgivelsen som turbinen
- Skal konverte likestrøm til vekselstrøm
- Skal legges til rette for lagring av energi

## 9 Forankring

Dette subsystemet har som funksjon å holde systemet på en posisjon som er bestemt av brukeren.

### 9.1 Verktøy

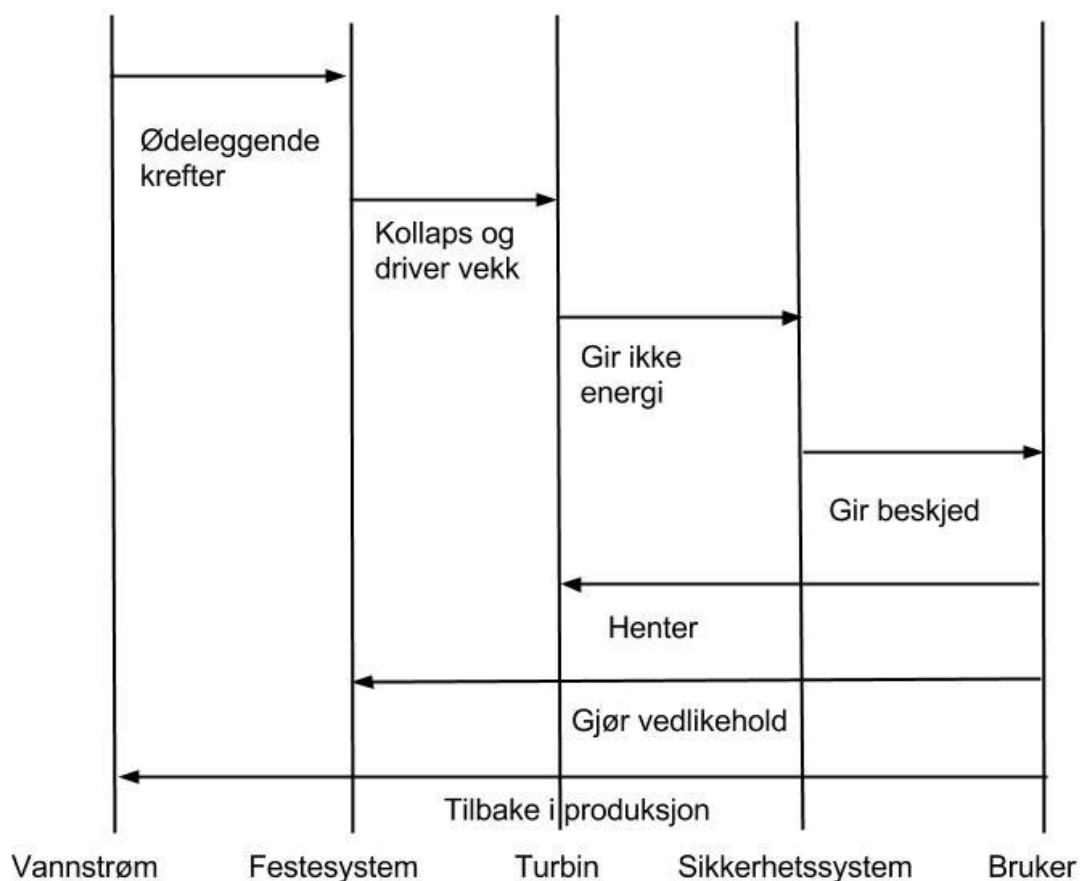
#### 9.1.1 Kontekstdiagram



Figur 15: Kontekstdiagram Forankring

### 9.1.2 Sekvensdiagram

Belastningen på et festesystem vil stort sett være forbundet med krefter i en eller flere retninger. Hvis disse kreftene blir for store kan dette føre til skader på systemet. Derfor er det viktig å kunne ha en oversikt over hva som kan skje i en slik situasjon. Vi har derfor konstruert et sequence diagram for å simulere et forslag til hva som kan skje. Ut fra dette er det sett på funksjonaliteter som må være til stede.



Figur 16: Sekvensdiagram belastning, Forankring

### 9.2 Funksjonelle krav

- Forankringen bør ha svake punkter slik at ved overbelastning vil turbinrammen drive inn mot land.
- Det skal sørge for at objekter som driver nedover elven ikke klarer å rive med seg turbinrammen
- Den skal føre ledninger med strøm inn til land og off-grid systemet.
- Det skal være slitesterkt slik at det kan ligge i vannet/ute over lengre perioder

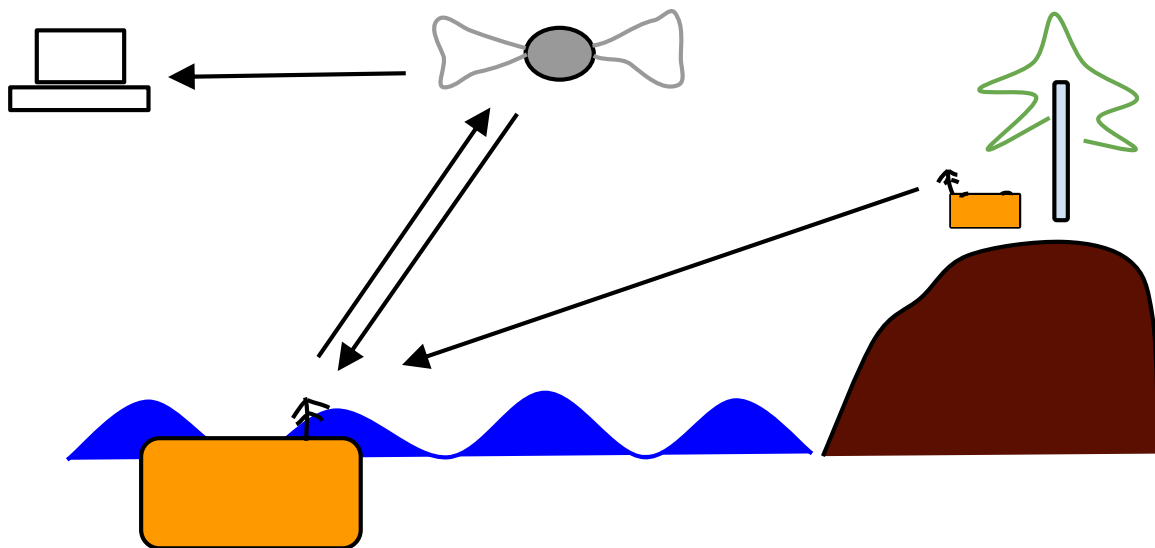
## 10 Sikkerhetssystem

Sikkerhetssystemet har som funksjon å tyverisikre systemet ved å gi posisjoneringsinformasjon direkte til brukeren. Det skal også gi bruker info om batteristatus i form av hvor mye oppladet strøm som er tilgjengelig. Batteriovervåkingen skal være et subsystem til sikkerhetssystemet som gir informasjon til sikkerhetssystemet om hvor mye energi det er tilgjengelig på batteriet som lades av turbinen.

Batteriovervåkingen skal fungere ved fast oppkobling mellom batteriet og offgridsystem.

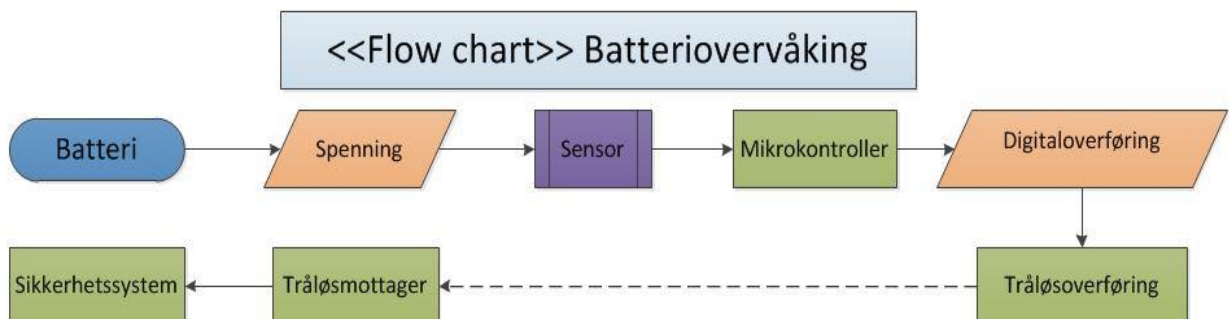
### 10.1 Verktøy

#### 10.1.1 Kontekstdiagram



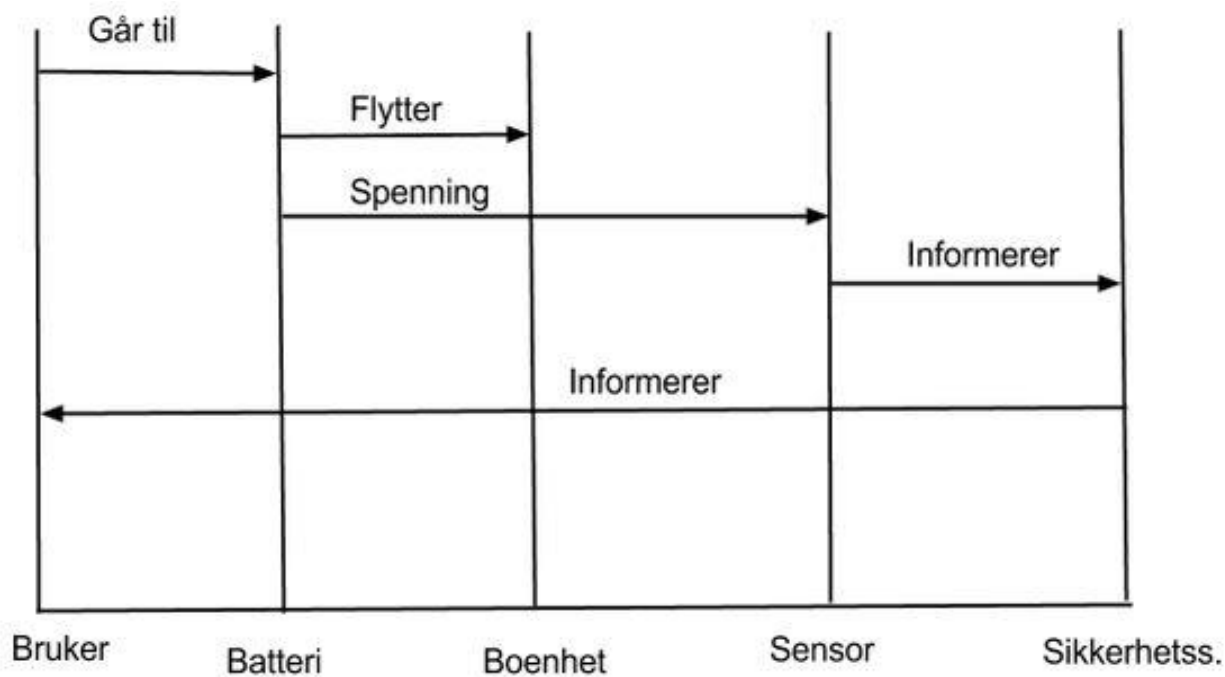
Figur 17: Kontekstdiagram Sikkerhetssystem

#### 10.1.2 Flowchart

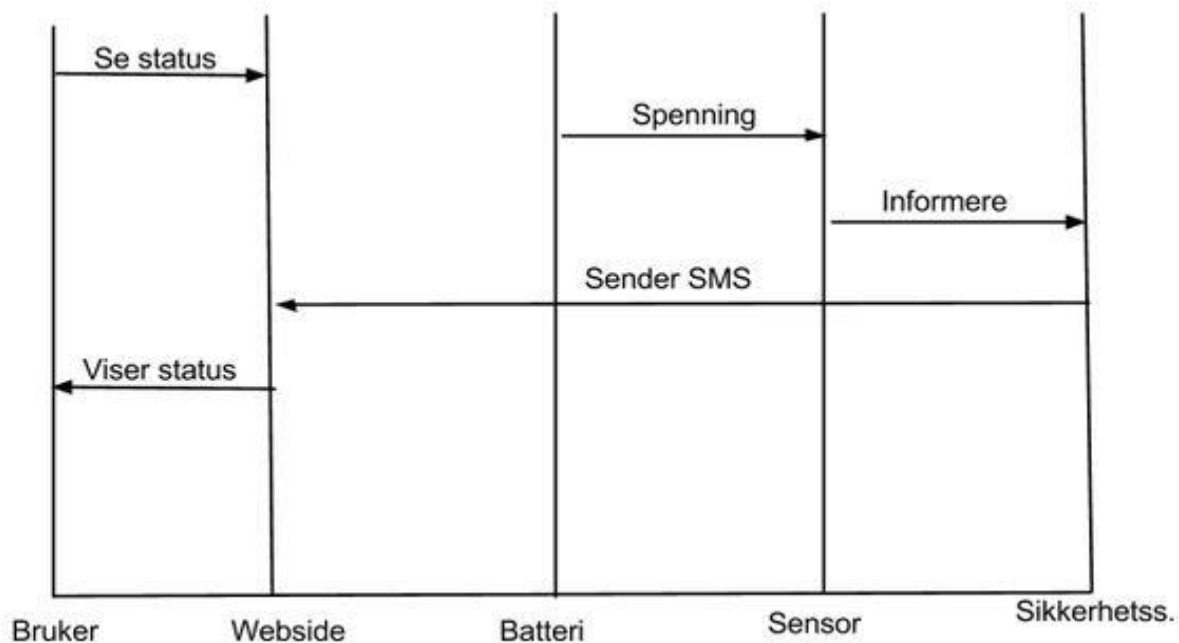


Figur 18: Flow Chart batteriovervåking, Sikkerhetsdiagram

### 10.1.3 Sekvensdiagram



Figur 19: Sekvensdiagram informerer, Sikkerhetssystem



Figur 20: Sekvensdiagram SMS, Sikkerhetssystem

**Funksjonelle krav**

- Skal varsle eier av systemet om enheten blir stjålet.
- Skal gi eier informasjon om hvor enheten befinner seg når eier ønsker det.
- Skal gi informasjon/status på batteripakken når eier ønsker det.
- Skal gi eier visuell informasjon på en nettside
- Skal overføre data til sikkerhetssystemet om effekten på batteriet
- Skal kunne måle effekten til et batteri
- Skal kunne fungere under samme klima og omgivelser som turbinen
- Skal bruke så lite energi som mulig
- Skal være billig å produsere

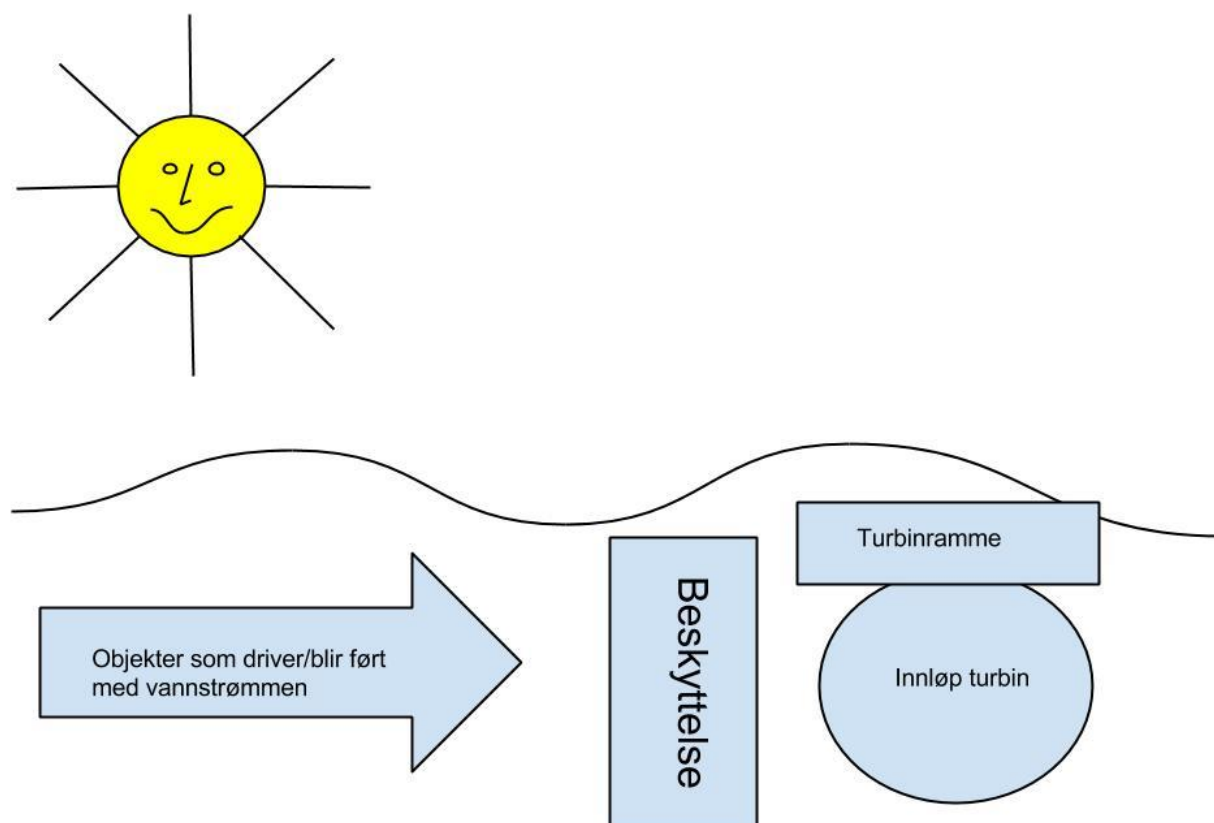


## 11 Beskyttelsessystem

Beskyttelsessystemet har som oppgave å lede bort objekter fra innløpet til turbinen. Dette kan være treverk som flyter i overflaten eller andre objekter som driver med vannstrømmen nedover elva.

### 11.1 Verktøy

#### 11.1.1 Kontekstdiagram



Figur 21: Kontekstdiagram Beskyttelsessystem

### 11.2 Funkjonelle krav

- Skal lede objekter til side for, eller under turbinenheten
- Skal blokkere minimalt av vannstrømmen for å unngå effekttap i størst mulig grad
- Bør være lett å fjerne hvis rotoren må renses eller det ikke er nødvendig med beskyttelse

## Vedlegg A

### Prosjektoppgave fra oppdragsgiver

Portabelt minikraftverk

Oppgaven skal gå ut på å designe et minikraftverk for bruk i store bekker og elver. Utgangspunktet skal være ideen til Knut Henrik Skramstad (se figur nedenfor). Kraftverket skal være portabelt, og det skal være til minst mulig hinder for allemannsretten. Formålet er å skape strøm ut av rennende vann som eller ville gått til spille. Det vil bli benyttet SolidWorks for å lage en modell slik at simuleringer kan utføres og det skal også produseres en modell laget med 3D-printing.

**Enkel beskrivelse**, se vedlegg.

Jeg tenker meg "kraftverket" festet med to wire en på hver side av elven.

Vannet strømmer gjennom sylindren og driver propellen.

Denne sitter på samme akse som generatoren.

Aksen er hengt opp i to kulelager et framme og et etter generatoren.

Strømmen som produseres ledes ut bak og på utsiden av sylindren, ledes i land langs den ene festwiren.

Generatoren er omsluttet av en strømlinjeformet tett beholder.

Alle stag inne i sylindren må være strømlinjeformet og i flukt med vannstrømmen.

Skal en konvertere spenningen fra generatoren til 50 Hz og synkronisere denne med lysnett?

#### Diskusjon:

Hvilken type omforming av vanntrykket til dreiemoment for generator bør velges? Her må det vurderes alt fra vannhjul i vannflaten til ulike propeller og turbintyper.

Hvordan få overført kraften til generatoren uten at en reduserer vanngjennomstrømningen og trykket? Skal en ha universalledd som fjerner generatoren fra vannstrømmen og eventuelt bringer generatoren over vannet? Trengs det noen form for utveksling som gir bedre forhold for generatoren. (Sentralakselen går langsomt mens generatorakselen går hurtig?)

Burde det bygges en miniatyirutgave for testing? Eventuelt benytte 3D-print og kunststoff som på Arsenalet?

#### Etterord

Med all skriving om redusert forurensing og miljøvennlige løsninger burde dette være et forslag i pakt med tiden. Vindmøller er avhengig av vind og solceller av sol, men mange elver er nokså stabile (i alle fall Numedalslågen med Kloppfossen).

--

Med vennlig hilsen Knut Henrik Skramstad

8.11.2014

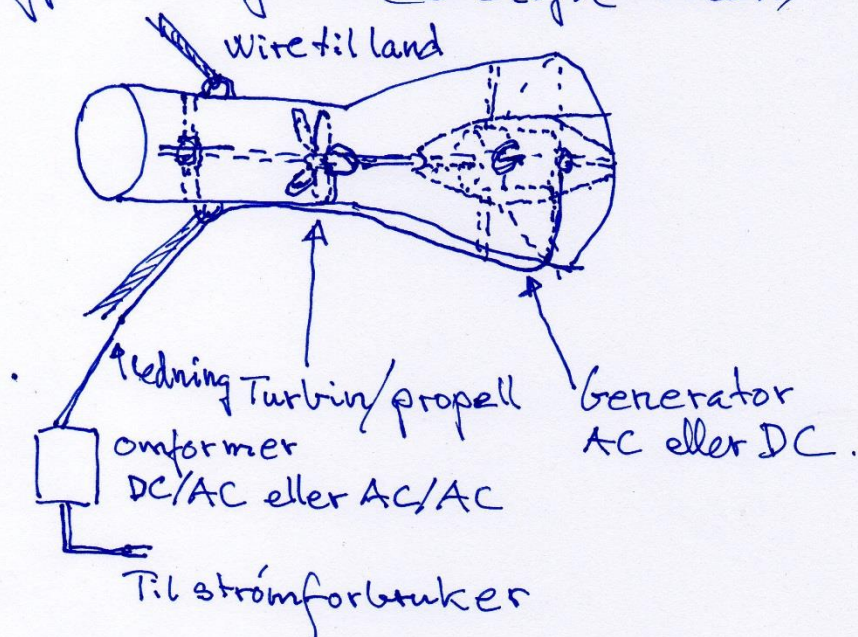
## Portabelt Minikraftverk.

10-100 kW

## Forutsetninger:

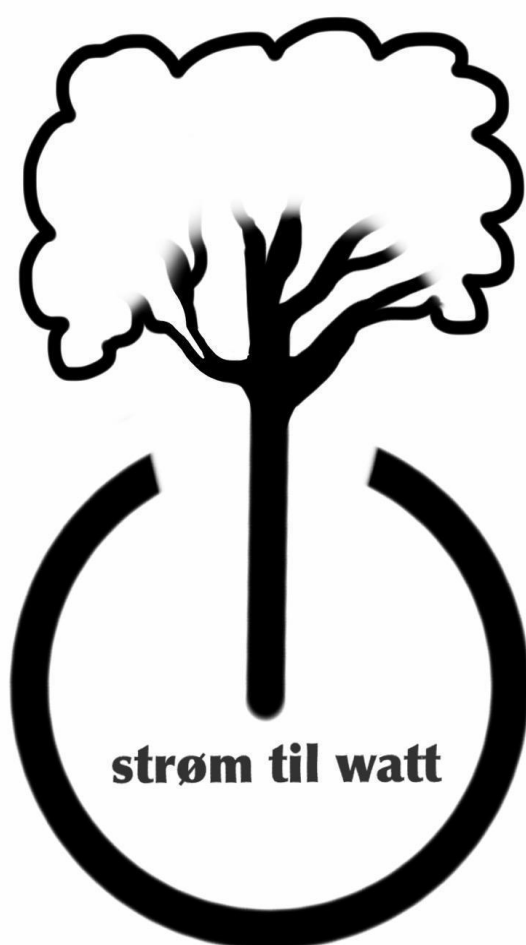
Til bruk i elver og store  
bekker med hurtig vannføring.  
Eksempel: Klopptossen, Kongsberg

Konstruksjon, forslag som må  
gennomgås. (Design Review)



Knut H. Strømstad

# Testplan og -spesifikasjon



## Innholdsfortegnelse

1	Dokumenthistorie .....	3
2	Introduksjon .....	4
3	Testplan .....	5
3.1	Teststrategi og testmetodikk .....	5
3.2	Test ID for prototypetesting .....	5
3.3	Test av prototyper .....	6
3.3.1	Runde 1 .....	6
3.3.2	Runde 2 .....	7
3.3.3	Runde 3 .....	8
3.3.4	Runde 4 .....	9
3.3.5	Runde 5 .....	10
3.4	Testfeil .....	10
4	Testspesifikasjon .....	11
4.1	Test av krav .....	11
5	Referanser .....	26

## Vedlegg

Vedlegg A - Versjonshistorie

Vedlegg B – Testrapporter

## Tabelloversikt

Tabell 1: Versjonsoversikt .....	3
Tabell 2: Deltakeroversikt .....	3
Tabell 3: Testplan for prototype runde 1 .....	6
Tabell 4: Testplan for prototype runde 2 .....	7
Tabell 5: Testplan for prototype runde 3 .....	8
Tabell 6: Testplan for prototype runde 4 .....	9
Tabell 7: Testplan for prototype runde 5 .....	10

Strøm til Watt	07.05.15
Testplan og -spesifikasjon	Versjon 3.0

# 1 Dokumenthistorie

Tabell 1: Versjonsoversikt

Versjonsnummer:	Dato:	Ansvarlig:
1.0	30.01.2015	JHP og MFE
2.0	13.03.2015	JHP
3.0	07.05.2015	JHP

Tabell 2: Deltakeroversikt

Deltakere	Initialer
Andreas Blakstad	AB
Jo Nysæter	JN
Joel Göransson	JG
Jonas H. Pedersen	JHP
Marte Rognerud	MR
Mats F. Evensen	MFE

## 2 Introduksjon

Dette dokumentet beskriver testingen som skal utføres i løpet av prosjektet. Det blir beskrevet hva som skal testes, hvordan dette skal gjøres og hvilken testmetodikk som skal benyttes. Det er veldig viktig at komponenter blir testet for sin funksjonalitet alene, så kalt “white box” eller “glass box”. Disse testene foregår underveis i prosjektet og er en del av testplanen for prototypene. I tillegg blir det gitt en strategi for hvordan testingen skal foregå. Med dette menes hvordan vi skal avduke flest mulig feil ved å variere mellom statiske og dynamiske tester. Statiske tester foregår når systemet ikke er i bruk og kan for eksempel bestå av visuell inspeksjon. Det er vanlig at statiske tester avduker flest feil i starten av prosjektet og dynamiske tester tar over utover i prosjektet.

Andre del av dette dokumentet består av en testspesifikasjon. Denne er direkte knyttet opp mot kravspesifikasjonen som er satt for systemet. Systemet blir da sett på som en “black box”, det vil si at fokuset er hva som går inn i systemet og hva som kommer ut. Interne komponenter blir ikke sett på i denne delen. For hvert krav vil det i denne delen være beskrevet en eller flere tester som skal brukes for verifikasjon.

## 3 Testplan

Dette kapittelet gir en oversikt over testmetodene som vil bli benyttet i prosjektarbeidet og hvilken strategi som vil bli brukt. Underveis i prosjektet vil det bli utført en del testing på prototypene. For hver iterasjon i prosjektet vil det være en testperiode hvor planlagte tester er satt opp.

### 3.1 Teststrategi og testmetodikk

Det vil bli benyttet en “bottom-up” strategi ved testingen i dette prosjektet. Det vil si at enkeltkomponenter blir først testet for sin funksjonalitet alene for deretter å sette systemet sammen og teste hele systemet. Det vil bli startet med statiske tester, deretter gradvis gå over til dynamiske tester. Dette er for å ikke gjøre kostbare og tidkrevende dynamiske tester uten en god basis i statisk testing, som er mindre kostbare og tidkrevende. Når hele systemet er klart vil det starte med alfa-tester for så å gå over til beta-tester. Det vil blir gjort både statiske og dynamiske alfa- og beta-tester.

### 3.2 Test ID for prototypetesting

En test-ID er tredelt, det først sifferet står for hvilken runde testen er gjennomført innenfor. Det neste leddet er hvilket nummer testen har innenfor runden og de siste leddet består av bokstaver, de står for følgende:

K - Komponent

US - Undersystem

S - System



### 3.3 Test av prototyper

Testene av prototypen vil bli gjort ved at prototypen blir tatt ut i miljøet hvor den planlagte fullskalamodelen skal operere. Her vil modellen bli testet i en vannstrøm for å se hvordan de hydrodynamiske egenskapene til prototypen er, stemmer disse opp mot egenskapene vi har designet for? Hva vil det i så fall si hvis de ikke gjør det?

Under disse testene vil vi måle hvor mye effekt vi får ut av turbinen. Prototypen skal være med å bestemme det endelige designet for planer til fullskala modell. Fokuset vil ligge på å finne den mest optimale rotoren for systemet.

#### 3.3.1 Runde 1

Tabell 3 viser hvilke tester som planlagt og gjennomført i første runde av prosjektet.

Tabell 3: Testplan for prototype runde 1

Test-ID	Hva testes	Hvordan
1-1-K	Test av generator	Funksjonstest
1-2-K	3D-printet rotor	Inspeksjon
1-3-K	Rør til turbin	Inspeksjon
1-4-US	Festesystem for generator	Inspeksjon
1-5-US	Rotor festet på generator og rør	Inspeksjon
1-6-S	Systemtest i elv	SIT
1-7-S	Systemtest med innsnevring og utvidelse	SIT med oppdragsgiver til stede

### 3.3.2 Runde 2

Tabell 4 viser hvilke tester som planlagt og gjennomført i andre runde av prosjektet.

Tabell 4: Testplan for prototype runde 2

Test-ID	Hva testes	Hvordan
2-1-K	3D-printet rotor	Visuell inspeksjon
2-1.1-K	3D-printet rotor	Visuell inspeksjon
2-1.2-K	3D-printet rotor	Visuell inspeksjon
2-2-K	Funksjonstest av generator	Funksjonstest
2-3-US	Rotortest	Elvetest av undersystem
2-4-K	Rør til turbin	Inspeksjon
2-5-US	Test av datakomponenter	Funksjonstest
2-6-US	Rotorfeste med generator	Inspeksjon
2-7-K	3D-printet festesystem for generator	Inspeksjon
2-8-US	Test av elektrisk krets	Funksjonstest
2-9-S	System klar for elvetesting	FAT
2-9.1-S	Systemtest med ulike rotor	SIT med oppdragsgiver til stede

### 3.3.3 Runde 3

Tabell 5 viser hvilke tester som er planlagt og gjennomført i tredje runde av prosjektet.

*Tabell 5: Testplan for prototype runde 3*

Test-ID	Hva testes	Hvordan
3-1-K	Test av rør	Visuell inspeksjon
3-2-K	3D-printet rotor	Visuell inspeksjon
3-3-US	GPS-koordinatene på hjemmeside	Dynamisk test
3-4-S	Systemtest	Inspeksjon og funksjonstest
3-5-S	Systemtest i elva med festesystem og GPS integrert	SIT med oppdragsgiver til stede

I tillegg til prototypetesting skal det gjennomføres en test av vannhastighetsmåler i runde tre. Denne har test-ID 3-6-VH.

### 3.3.4 Runde 4

Tabell 6 viser hvilke tester som er planlagt og skal gjennomføres i fjerde runde av prosjektet.

Tabell 6: Testplan for prototype runde 4

Test-ID	Hva testes	Hvordan
4-1-K	Rør til pretest	Visuell inspeksjon
4-2-K	Rotorer	Visuell inspeksjon
4-3-K	Generator	Statisk og dynamisk
4-4-S	System klart til pretest	Funksjonstest og visuell inspeksjon
4-5-S	Test av to rotor Ø 10 cm	SIT
4-6-K	Rotor Ø 30 cm	Visuell inspeksjon
4-7-K	Vanntett generator	Visuell inspeksjon
4-8-K	Ramme til rotor Ø 30 cm	Visuell inspeksjon
4-9-US	Kretser til måling av effekt	Funksjonstest
4-10-S	Prototype Ø 30 cm med ramme	Funksjonstest og visuell inspeksjon
4-11-S	Prototype i elv	SIT
4-12-S	Prototype i elv	SIT med oppdragsgiver til stede

### 3.3.5 Runde 5

Tabell 7 viser hvilke tester som er planlagt og skal gjennomføres i femte og siste runde av prosjektet. Ettersom generatoren vi bestilte kom med et tyngre gir enn hva vi hadde bestilt måtte vi justere oss i forhold til denne. For å drive generatoren måtte diameteren på prototypen justeres opp. Det viste seg å være en tidkrevende prosess å lage rotoren med en diameter på 35 cm og testing i runde 4 ble derfor forsinket. Ettersom testingen i runde 4 forgikk på lånt tid i runde 5 var tiden knapp etter testen var gjennomført. Fokuset ble derfor skiftet og kun en mindre undersøkelse ble gjort i runde 5. I tillegg ble de to gjenstående kravene verifisert for prototypen.

Tabell 7: Testplan for prototype runde 5

Test ID	Hva testes	Hvordan
5-1-US	GPS	Funksjonstest GPS
5-2-S	Akustisk støy	Måle støy
5-3-S	Funksjonstest i elv av to rotorutforminger	Måle effekt

### 3.4 Testfeil

Under testing vil resultatene bli klassifisert ut fra hva testen oppnår.

- A - Riktig resultat og rett vei til målet.
- B - Feil resultat, men riktig vei til målet.
- C - Riktig resultat, men feil vei til målet.
- D - Feil resultat og feil vei til målet.

## 4 Testspesifikasjon

Denne delen tar for seg testene som skal utføres for å validere og verifisere at det som blir produsert er det som faktisk skal produseres. I tillegg skal dette være en sjekk på om det som blir produsert faktisk virker. Denne delen er direkte knyttet opp mot kravene i kravspesifikasjonen. Til hvert krav i kravspesifikasjonen er det satt opp hvordan hvert krav blir testet. Systemet blir sett på som en "black box", det vil si at fokuset er hva som går inn i systemet og hva som kommer ut. Interne komponenter blir ikke tatt hensyn til. Dette betyr at testene kun blir utført når hele systemet er ferdig.

I denne delen vil det eksempelvis bli brukt utregninger, FEM-analyse eller flow-simuleringer. FEM-analyse vil bli brukt til å gjøre simuleringer av hvordan eksterne og interne krefter vil påvirke konstruksjonen. I tillegg vil FEM-analyse avsløre eventuelle endringer som må gjøres for å tåle de påførte kreftene.

### 4.1 Test av krav

Dette underkapittelet tar for seg alle systemkrav i prosjektet. Til hvert krav følger en beskrivelse av hvordan kravene skal verifiseres og hva som er kriteriet for godkjent test. Dette blir altså en kryssreferanse mellom krav og tester. Det blir differensiert mellom krav til prototypen og krav til planer for fullskala system.

Test av krav 3.2.1.1		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala system med en rotordiameter på 0,5 meter skal produsere en effekt på 70W, ved en vannstrøm på 1,5 m/s.		
Testmetode	Fluiddynamiske beregninger i forhold til areal på rotor/innsug, med forhold om tapsledd i generator og kraftoverføring		
Godkjenningsskriterier	Skal produsere minimum 70 watt med en rotordiameter på 0,5 meter og vannhastighet på 1,5 m/s		
Kommentar	$C_p = 0,25$		
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent [11]

Test av krav 3.2.1.2		Prioritet	A
Beskrivelse	Prototypen skal ha en virkningsgrad ( $C_P$ ) på minimum 0,05, i henhold til ligningen $E = \frac{1}{2} \rho v^3 A C_P$		
Testmetode	Måle effekt på prototype i elvetest		
Godkjenningsskriterier	Prototypen må ha en virkningsgrad på minimum 5%		
Kommentar	Hente ut 5 % av tilgjengelig energi i vannet		
Dato	23-4-15	Resultat	Godkjent [2]

Test av krav 3.2.1.2		Prioritet	B
Beskrivelse	Prototypen skal ha en virkningsgrad ( $C_P$ ) på minimum 0,1, i henhold til ligningen $E = \frac{1}{2} \rho v^3 A C_P$		
Testmetode	Måle effekt på prototype i elvetest		
Godkjenningsskriterier	Prototypen må ha en virkningsgrad på minimum 10%		
Kommentar	Hente ut 10 % av tilgjengelig energi i vannet		
Dato	23-4-15	Resultat	Ikke godkjent

Test av krav 3.2.1.2		Prioritet	C
Beskrivelse	Prototypen skal ha en virkningsgrad ( $C_P$ ) på minimum 0,2, i henhold til ligningen $E = \frac{1}{2} \rho v^3 A C_P$		
Testmetode	Måle effekt på prototype i elvetest		
Godkjenningsskriterier	Prototypen må ha en virkningsgrad på minimum 20%		
Kommentar	Hente ut 20 % av tilgjengelig energi i vannet		
Dato	23-4-15	Resultat	Ikke godkjent

Test av krav 3.2.1.3		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskalasystemet skal kunne lade et 12 volts batteri, uten at det skades/overlades.		
Testmetode	Test av ladekontroller		
Godkjenningsskriterier	Se til at ladekontrolleren ikke overskrider angitt spenning		
Kommentar			
Dato	28-4-15	Resultat	Godkjent [3]

Test av krav 3.2.1.4		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala system skal ha en maks ladespenning på batteriet som ikke overskrider 14,2 volt.		
Testmetode	Test av ladekontroller		
Godkjenningsskriterier	Ladespenningen skal ikke overskride 14,2 Volt		
Kommentar			
Dato	28-4-15	Resultat	Godkjent [3]

Test av krav 3.2.2.1		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala system skal tåle minusgrader i inntil 2 døgn i bruk hvor elva ikke fryser.		
Testmetode	Sjekke dokumentasjon på materialer og komponenter		
Godkjenningsskriterier	Alle komponenter må være klassifisert ned til 0 °C		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent [4,5]



Strøm til Watt	07.05.15
Testplan og -spesifikasjon	Versjon 3.0

Test av krav 3.2.2.2		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala skal tåle i bruk tåle temperatur mellom 1 og 40 °C.		
Testmetode	Sjekke dokumentasjon på materialer og komponenter		
Godkjenningsskriterier	Alle komponenter må tåle en vanntemperatur på mellom 1 og 40 °C		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent [4,5]

Test av krav 3.2.2.3		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala system skal tåle en lufttemperatur på 60 °C i direkte sollys.		
Testmetode	Sjekke dokumentasjon på materialer og komponenter		
Godkjenningsskriterier	Alle komponenter må tåle en lufttemperatur på 60 °C i direkte sollys		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent [4,5]

Test av krav 3.2.2.4		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala skal kunne lagres i skur mellom -18 og 50 °C		
Testmetode	Sjekke dokumentasjon på materialer og komponenter		
Godkjenningsskriterier	Alle komponenter må tåle lagringstemperatur mellom -18 og 50 °C		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent [4,5]

Test av krav 3.3.1.1		Prioritet	A
Beskrivelse	Prototypen skal ikke overskride 50 dB		
Testmetode	Måle støynivå med lydmåler.		
Godkjenningsskriterier	Skal ikke overskride 50 dB		
Kommentar	Se bort fra lyden som skapes av elva		
Dato	30-4-15	Resultat	Godkjent [6]

Test av krav 3.3.1.2		Prioritet	A
Beskrivelse	Prototypen skal tåle feltstyrke 10 V/m. (IEC 61000-4-3)		
Testmetode	Måle feltstyrken med HI 4433 HSE, E-feltprobe		
Godkjenningsskriterier	Lavere feltstyrke enn 10 V/m		
Kommentar	Lar seg ikke teste da vi ikke har tilgang på instrumentet.		
Dato	7-5-15	Resultat	Blir ikke testet

Test av krav 3.3.1.3		Prioritet	A
Beskrivelse	Prototypen skal ha grenseverdi mellom 80 – 52 dB $\mu$ V/m.( CISPER 16-2)		
Testmetode	Måle ved hjelp av TEM-celle og bredbånds TEM-celle-metoden		
Godkjenningsskriterier	Utstrålt emisjon skal være mellom 80 – 52 dB $\mu$ V/m.		
Kommentar	Lar seg ikke teste da vi ikke har tilgang på instrumentet.		
Dato	7-5-15	Resultat	Blir ikke testet

Test av krav 3.4.1.1		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala turbinenhet skal ikke veie mer enn 80 kg.		
Testmetode	Estimere vekt gjennom SolidWorks		
Godkjenningsskriterier	Vektestimatet skal være lavere enn 80 kg		
Kommentar	Kun turbinrammen med rotor og generator		
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent

Test av krav 3.4.1.1		Prioritet	B
Beskrivelse	Fullskala turbinenhet skal ikke veie mer enn 60 kg.		
Testmetode	Estimere vekt gjennom SolidWorks		
Godkjenningsskriterier	Vektestimatet skal være lavere enn 60 kg		
Kommentar	Kun turbinrammen med rotor og generator		
Dato	7-5-15	Resultat	Ikke godkjent

Test av krav 3.4.1.1		Prioritet	C
Beskrivelse	Fullskala turbinenhet skal ikke veie mer enn 40 kg.		
Testmetode	Estimere vekt gjennom SolidWorks		
Godkjenningsskriterier	Vektestimatet skal være lavere enn 40 kg		
Kommentar	Kun turbinrammen med rotor og generator		
Dato	7-5-15	Resultat	Ikke godkjent

Test av krav 3.5.1.1		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala system skal ha et festesystem som gjør at enheten ligger fluiddynamisk stabilt på et sted i elven.		
Testmetode	Sjekke teknologidokument og se til at summen av krefter er lik null i alle dimensjoner, x-,y- og z-retning		
Godkjenningsskriterier	Skal flyte i vannet og forankringen skal oppta de kreftene som er påført systemet.		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent [7]

Test av krav 3.5.1.2		Prioritet	A
Beskrivelse	Prototypen og fullskala system skal kunne spores om nødvendig ved hjelp av GPS-koordinater om den f.eks. løsner eller blir stjålet.		
Testmetode	Funksjonstest av GPS og GSM-system		
Godkjenningsskriterier	Skal kunne be om oppdatering på posisjon		
Kommentar			
Dato	5-5-15	Resultat	Godkjent [8]

Test av krav 3.5.1.3		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala system skal tåle en vannstrøm på inntil 5 m/s.		
Testmetode	FEM-analyser og statiske beregninger		
Godkjenningsskriterier	Skal tåle en vannstrøm på 5 m/s		
Kommentar	Sikkerhetsmargin = 1,5		
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent [5]

Test av krav 3.5.2.1		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala system skal merkes slik at det ikke er mulig å snuble eller skade seg ved å komme i kontakt med systemet.		
Testmetode	Sjekke dokumentasjon og modellering at den er merket		
Godkjenningsskriterier	Skal være utført i sterke farger og med reflekser		
Kommentar	For personer med normalt syn		
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent [5]

Test av krav 3.5.2.2		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala system skal ikke ha skarpe kanter slik at det er mulig å skjære seg på disse.		
Testmetode	Sjekke modell i SolidWorks		
Godkjenningsskriterier	Det skal ikke være mulig å skjære seg på noen kanter		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent

Test av krav 3.5.3.1		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskalasystemets turbinenhet skal utstyres med en aksellås som skal hindre rotorbevegelsen i vann.		
Testmetode	Sjekke modell i SolidWorks og teknisk dokumentasjon		
Godkjenningsskriterier	Skal stoppe rotasjonen av rotoren		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent [5]

Strøm til Watt	07.05.15
Testplan og -spesifikasjon	Versjon 3.0

Test av krav 3.5.3.2		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskalasystemets turbinenhet skal ha beskyttelse som plasseres forran innsuget for å hindre at andre ting enn vann kommer inn til rotoren.		
Testmetode	Sjekke modell i SolidWorks og dokumentasjon		
Godkjenningsskriterier	Skal ikke være mulig for store objekter å komme inn		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent [5]

Test av krav 3.6.1.1		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala turbinenhet skal normalt kunne installeres av tre voksne personer.		
Testmetode	Estimere vekt og bruke sunn fornuft		
Godkjenningsskriterier	Skal normalt kunne løftes av tre voksne personer		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent

Test av krav 3.6.1.1		Prioritet	B
Beskrivelse	Fullskala turbinenhet skal normalt kunne installeres av to voksne personer.		
Testmetode	Estimere vekt og bruke sunn fornuft		
Godkjenningsskriterier	Skal normalt kunne løftes av to voksne personer		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent

Test av krav 3.6.1.1		Prioritet	C
Beskrivelse	Fullskala turbinenhet skal normalt kunne installeres av en voksen person.		
Testmetode	Estimere vekt og bruke sunn fornuft		
Godkjenningsskriterier	Skal normalt kunne løftes av en voksen person		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Ikke godkjent

Test av krav 3.6.1.2		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala system skal kunne fraktes med førerkort klasse B.		
Testmetode	Sjekke dimensjoner og vekt i SolidWorks		
Godkjenningsskriterier	Skal minimum kunne fraktes med henger eller i bagasjerom på en personbil		
Kommentar	Med baksetene slått ned		
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent

Test av krav 3.6.2.1		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala system skal gjøres portabelt, for å etterkomme kravene fra vassdrags- og vannressursloven for fri installasjon.		
Testmetode	Sjekke dokumentasjon opp mot krav fra vassdrags- og vannressursloven		
Godkjenningsskriterier	Skal være portabelt system, altså ikke fast installasjon		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent

Test av krav 3.6.2.2		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala system skal ikke være til hinder for fri ferdsel.		
Testmetode	Sjekke planer for fullskala system		
Godkjenningsskriterier	Skal ikke være til hinder for fri ferdsel.		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent

Test av krav 3.6.3.1		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala system skal vaskes 2 ganger per år for å fjerne alger og mose.		
Testmetode	Sjekke dokumentasjon og materialvalg		
Godkjenningsskriterier	Skal ikke være nødvendig med mer enn 2 vask per år		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent [9]

Test av krav 3.6.3.2		Prioritet	A
Beskrivelse	Service på fullskala systemet skal kunne utføres av eier uten spesiell kompetanse.		
Testmetode	Sjekke dokumentasjon og planer for fullskala system		
Godkjenningsskriterier	Ingen spesialverktøy skal være nødvendig		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent [9]



Strøm til Watt	07.05.15
Testplan og -spesifikasjon	Versjon 3.0

Test av krav 3.7.1.1		Prioritet	A
Beskrivelse	GPS skal gi posisjonskoordinatene til systemet når det er ønskelig.		
Testmetode	Funksjonstest av GPS og GSM system		
Godkjenningskriterier	Skal være mulig å hente ut GPS posisjonen til turbinen via GSM-nettet		
Kommentar			
Dato	5-5-15	Resultat	Godkjent [8]

Test av krav 3.7.1.2		Prioritet	A
Beskrivelse	GPS-systemet skal ikke overskride en feilradius på mer enn 10 meter.		
Testmetode	Funksjonstest av GPS		
Godkjenningskriterier	Mottatte koordinater skal være innenfor 10 meter radius for hvor enheten befinner seg.		
Kommentar			
Dato	10-3-15	Resultat	Godkjent [10]

Test av krav 3.7.2.1		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskalasystemets reservebatteri skal ha nok effekt til å drive en mikrokontroller i 72 timer uten bidrag fra strømgeneratoren.		
Testmetode	Sjekke reservebatteri		
Godkjenningskriterier	Reservebatteri skal holde i 72 timer.		
Kommentar	Arduino mikrokontroller		
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent

Test av krav 3.7.3.1		Prioritet	A
Beskrivelse	GPS-koordinatene skal sendes gjennom GSM.		
Testmetode	Funksjonstest av å sende koordinater gjennom GSM		
Godkjenningskriterier	Koordinatene skal kunne sendes gjennom GSM		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent [8]

Test av krav 3.7.3.2		Prioritet	A
Beskrivelse	Systemet skal lagre informasjon i database på en server.		
Testmetode	Sjekk om informasjon ligger i database på en server		
Godkjenningskriterier	Informasjon skal ligge i database på en server		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent

Test av krav 3.7.3.3		Prioritet	A
Beskrivelse	Systemet skal varsle bruker/eier av systemet dersom reservebatteri må benyttes.		
Testmetode	Gjennomgang av kode		
Godkjenningskriterier	Koden skal sørge for at dette skjer		
Kommentar	Hvis turbinenhet løsner eller blir stjålet		
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent

Test av krav 3.7.3.4		Prioritet	A
Beskrivelse	Sikkerhetssystemet skal operere ut i fra en microkontroller.		
Testmetode	Inspeksjon av sikkerhetssystem		
Godkjenningsskriterier	Sikkerhetssystemet skal operere ut fra en microkontroller		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent

Test av krav 3.8.1.1		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala system skal bygges i miljøvennlige materialer som ikke er vannløselige.		
Testmetode	Kontroll av materialanalysen		
Godkjenningsskriterier	Skal være laget i miljøvennlige materialer		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent [4]

Test av krav 3.8.2.1		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala system skal bygges i korrosjonsbestandige og UV-bestandige materialer.		
Testmetode	Kontroll av materialanalysen		
Godkjenningsskriterier	Skal være laget i korrosjon- og UV-bestandige materialer		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent [4]

Test av krav 3.8.2.2		Prioritet	A
Beskrivelse	Materialene valgt for fullskala system skal tåle påkjenningene den vil bli utsatt for ved å ligge i elva i 10 år.		
Testmetode	Kontroll av materialanalysen		
Godkjenningskriterier	Materialene skal tåle slitasje		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent [4]

Test av krav 3.8.2.3		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala system skal kunne leveres på en gjenvinningsstasjon når det er utslitt.		
Testmetode	Kontroll av materialvalgdokumentasjon		
Godkjenningskriterier	Ingen materialer som er forbudt å levere på gjenvinningsstasjon		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent [4]

Test av krav 3.8.2.4		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskalasystemet skal tåle ferskvann.		
Testmetode	Kontroll av materialanalysen		
Godkjenningskriterier	Alle materialene skal tåle ferskvann		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent [4]

Strøm til Watt	07.05.15
Testplan og -spesifikasjon	Versjon 3.0

Test av krav 3.8.2.5		Prioritet	A
Beskrivelse	Fullskala system skal tåle fall fra 10 cm på betonggulv uten emballasje.		
Testmetode	Droptest med en person inni røret.		
Godkjenningskriterier	Ingen skader på røret ved drop		
Kommentar			
Dato	7-5-15	Resultat	Godkjent

## 5 Referanser

1. Kravspesifikasjon V 3.0
2. Test nummer 4-12-S
3. Test av ladekontroller
4. Materialanalyse
5. Designdokument V 1.0
6. Test nummer 5-2-S
7. Teknologidokument turbinramme og forankring V 2.0
8. Test nummer 5-1-US
9. Vedlikeholdsplan
10. Test nummer 3-3-US
11. Vedlegg C

## Vedlegg A - Versjonshistorie

Versjon	Utført av	Dato	Endring
2.1	JHP	14.04.15	Revidering av tester runde 4
2.2	JHP	23.04.15	Revidering av tester runde 5
2.3	JHP	01.05.15	Oppdatering av tester runde 5
3.0	JHP	07.05.15	Oppdatert i henhold til kravspesifikasjon V 3.0, godkjenning av systemkrav og lagt ved testrapporter

## Vedlegg B – Testrapporter

Test ID	1-1-K
Tid og sted	Kongsberg, 11.02.15
Utført av	Joel Göransson
Type test	Funksjonstest av komponent
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Det skal testes om generatoren inducerer en spenning når akselen blir dreid.

**Forventet resultat**

Det forventes at det blir induisert en spenning når akselen blir dreid

**Resultat**

Generatoren inducerer en spenning når akselen blir dreid.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

Test ID	1-2-K
Tid og sted	Oslo, 10.02.15
Utført av	Mats Evensen
Type test	Statisk test (visuell inspeksjon) av komponent
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Inspeksjon av rotor etter 3D-printing. Se etter at det ikke er noen innlysende feil

**Forventet resultat**

Det forventes at det ser ut som en rotor som kan fungere

**Resultat**

Rotoren ser bra ut og det forventes at den skal fungere

**Godkjent: JA/NEI**

JA

Test ID	1-3-K
Tid og sted	Kongsberg, 11.02.15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Type test	Statisk test (visuell inspeksjon) av komponent
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Inspeksjon av rør med innsnevring og utvidelse etter sammensetning. Se etter at det ikke er noen innlysende feil

**Forventet resultat**

Det forventes at det ikke er noen innlysende feil med røret

**Resultat**

Røret til turbinen ser bra ut med innsnevring og utvidelse

**Godkjent: JA/NEI**

JA

Test ID	1-4-US
Tid og sted	Kongsberg, 10.02.15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Type test	Statisk test (visuell inspeksjon) av undersystem
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Inspeksjon av festesystem for generator etter sammensetning. Se etter at det ikke er noen innlysende feil, og at generatoren sitter godt.

**Forventet resultat**

Det forventes at generatoren sitter sentrert i røret og innfestingen er tilstrekkelig stiv til å holde rotoren

**Resultat**

Innfestingen virker stiv og generatoren sitter sentrert i røret.

**Godkjent: JA/NEI**

JA



Test ID	1-5-US
Tid og sted	Kongsberg, 10.02.15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Type test	Statisk test (visuell inspeksjon) av undersystem
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Inspeksjon av festesystem for generator etter sammensetning med røret. Se etter at det ikke er noen innlysende feil, og at generatoren sitter godt.

**Forventet resultat**

Det forventes at generatoren sitter sentrert i røret og innfestingen er tilstrekkelig stiv til å holde rotoren i vannstrålen

**Resultat**

Innfestingen virker tilstrekkelig stiv og generatoren sitter sentrert i røret.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

Test ID	1-6-S
Tid og sted	Jondalen, 11.02.15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen, Joel Göransson
Tilstede	Marte Rognerud
Type test	SIT (system integration test)
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Systemet skal holdes nede i en vannstrøm og spenning ut av systemet skal måles ved hjelp av et multimeter.

**Forventet resultat**

Det forventes at propellen spinner rundt og en spenning blir indusert i generatoren.

**Resultat**

Propellen går rundt og det blir indusert en spenning i generatoren opp mot 0,1 Volt

**Godkjent: JA/NEI**

JA

<b>Test ID</b>	<b>1-7-S</b>
Tid og sted	Jondalen, 12.02.15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen, Joel Göransson
Tilstede	Knut Henrik Skramstad, Marte Rognerud og Andreas Blakstad
Type test	SIT (system integration test)
Testfeilklasser	B

**Hva testes**

Systemet skal holdes nede i en vannstrøm og spenning ut av systemet skal måles ved hjelp av et multimeter. Det skal undersøkes 4 ulike konfigurasjoner av røret, disse er som følger:

1. Rør med innsnevring og utvidelse
2. Rør med utvidelse
3. Rett rør
4. Rotor uten rør

Rördelen hvor rotoren befinner seg vil ha konstant diameter.

**Forventet resultat**

Det forventes at de ulike konfigurasjonene av røret gir ulik spenning induisert av generatoren

**Resultat**

De fire ulike tilfellene gir ulik induisert spenning. Videre følger resultater fra de ulike testene:

Rør nummer	Konfigurasjon	Målt spenning
1	Rør med innsnevring og utvidelse	0,1 Volt
2	Rør med utvidelse	0,085 Volt
3	Rett rør	0,075 Volt
4	Uten rør	0,075 Volt

**Godkjent: JA/NEI**

JA - Tubinen produserte en liten effekt, men på langt nær stor nok i forhold til systemkravet om å ta ut 5 % av energien i en vannstrøm. Det viktigste i denne testen var rett vei til målet.

**Noe å tilføye?**

Konklusjon: I forhold til areal som blir utnyttet i elven vil rett rør gi høyest spenning per areal. Noe som videre gir størst effekt. Effekten som ble oppnådd i denne testen var kun en tusendel av hva krav 3.2.1.2 tilsier, men testen er likevel godkjent ettersom generator og rotor som ble benyttet var langt fra optimal. Selv om målingene ikke var optimale så gir de en god pekepinne på hvilken rørutforming som er det beste alternativet. Et rett rør gir i tillegg nødvendig beskyttelse for propellen og er det billigste alternativet blant rørutformingene. I påfølgende prototyper vil det bli brukt et rett rør rundt rotoren.

Det blir også notert at støy ikke var noe problem i henhold til krav 3.3.1.1

I runde 2 skal rotortyper testes, disse vil være med samme diameter som rotoren i runde 1. Videre i rundene skal det skaleres opp og optimaliseres. Ny generator må skaffes til veie både for neste og endelig prototype. Det vurderes å kjøpe en til endelig prototype. Generator til prototype 2 må finnes i en gammel printer og deretter vanntettes.

Det er greit å bruke vanntetting av generator på tilsvarende måte som vi brukte i runde 1, men vi må tenke på at dette ikke holder i lengden og bør derfor finne en annen måte for endelig prototype, jf. dykkeklokke med 90 graders overføring av rotasjonsbevegelsen.

Test ID	2-1-K
Tid og sted	Kongsberg, 18-02-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Mats, Jo, Marte, Joel og Andreas
Type test	Statisk test av komponent, visuell inspeksjon
Testfeilklass	D

**Hva testes**

Inspeksjon av rotor som er 3D-printet

**Forventet resultat**

Forventer at alle har rett dimensjon og at hver og en har den geometri som det har vært enighet om

**Resultat**

En rotortype hadde litt for stor diameter og en annen hadde feil geometri.

**Godkjent: JA/NEI**

NEI

**Noe å tilføye?**

Rotorene det ble funnet feil på må utbedres og en ny rotor må printes med rett geometri. De personer dette gjelder er varslet og utbedringene er under kontroll.

Test ID	2-1.1-K
Tid og sted	Kongsberg, 18-02-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Mats, Jo, Marte, Joel og Andreas
Type test	Statisk test av komponent
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Inspeksjon av rotor som er 3D-printet

**Forventet resultat**

Forventer at alle har rett dimensjon og at hver og en har den geometri som det har vært enighet om

**Resultat**

Alle rotor har nå rett geometri og de er påmontert akslinger og dermed klar for videre testing

**Godkjent: JA/NEI**

JA

Test ID	2-1.2-K
Tid og sted	Kongsberg, 25-02-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Mats, Jo, Marte, Joel og Andreas
Type test	Statisk test av komponent
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Inspeksjon av rotor som er 3D-printet, 3- og 6-bladet "vindturbin"

**Forventet resultat**

Forventer at begge har rett dimensjon og at hver og en har den geometri som det har vært enighet om.

**Resultat**

Begge rotorene har nå rett geometri og de er påmontert akslinger og dermed klar for videre testing

**Godkjent: JA/NEI**

JA

Test ID	2-2-K
Tid og sted	Kongsberg, 19-02-15
Utført av	Andreas Blakstad
Til stede	Jonas og Marte
Type test	Dynamisk test av komponent
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Generator for prototype to blir påført en rotasjonsbevegelse og induisert spenning skal måles.

**Forventet resultat**

Det er forventet at generatoren induserer en spenning ved omdreining av akselen.

**Resultat**

Generatoren induserer en spenning opp til 10 Volt ved å drive den med en drill.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

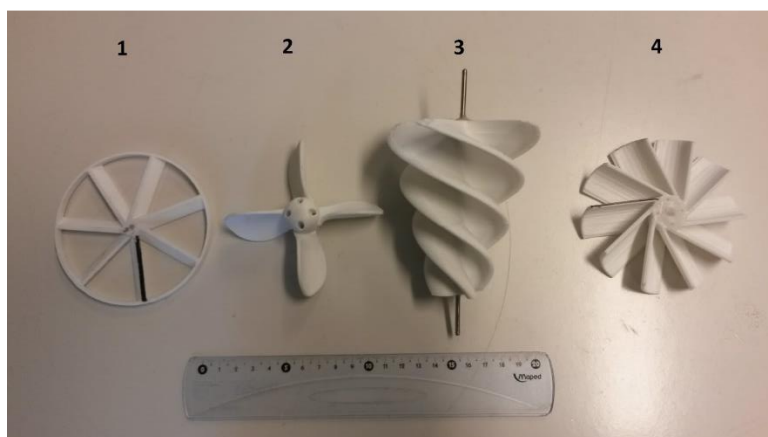
**Noe å tilføye?**

Videre må generatoren vanntettes for å kunne brukes i neste elvetest.

Test ID	2-3-US
Tid og sted	Kongsberg, 20-02-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Marte og Andreas
Type test	Dynamisk test av undersystem
Testfeilklasser	A

### Hva testes

Indusert spenning i generator ved forskjellige rotorer og vanntettingen av generator. I denne testen blir rotorene testet uten noen form for rør rundt. Figur 1 viser de rotorene som skal testes.



Figur 1: Viser rotornummer 1, 2, 3 og 4

### Forventet resultat

Det er forventet at de ulike rotorene gir ulik indusert spenning når de holdes i vannstrømmen, koblet til generatoren. Så lenge generatoren induserer en spenning så antas det at den der tett.

### Resultat

Generatoren holdt tett under hele testen. Når det gjelder rotorene ga de følgende indusert spenning på generatoren:

- Rotor nummer 1: 2,3 Volt
- Rotor nummer 2: 1,3 Volt
- Rotor nummer 3: 3,2 Volt
- Rotor nummer 4: 1,85 Volt

### Godkjent: JA/NEI

JA

### Noe å tilføye?

Dette ga et innblikk i hvilke rotorer som skal utforskes videre i denne runden.

Test ID	2-4-K
Tid og sted	Kongsberg, 25-02-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Joel, Jo, Marte, Mats og Andreas
Type test	Statisk test av komponent
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Nytt rør til prototype nummer to.

**Forventet resultat**

Det er forventet røret er tilstrekkelig langt for å huse generator og rotor.

**Resultat**

Røret har god plass til både generator og rotor, i tillegg blir det notert at kanten på røret er pusset slik at de vil skape minst mulig turbulens.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

Test ID	2-5-US
Tid og sted	Kongsberg, 20-02-15
Utført av	Jo Nysæter
Til stede	Jonas
Type test	Dynamisk funksjonstest av undersystem
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Arduino, GPS, GSM-modul og kode. GPS feilradius

**Forventet resultat**

Etter at GPS'en har funnet gyldig gps signal skal den sende koordinatene over GSM nettet til mobiltelefon i form av sms. GPS koordinatene skal være innenfor en radius på 10 meter.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

**Noe å tilføye?**

GPS kan ha større feilmargen om den befinner seg i andre områder.

Test ID	2-6-US
Tid og sted	Kongsberg, 20-02-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Marte og Andreas
Type test	Statisk test av undersystem
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Festemekanismen mellom rotor og generator. Denne blir testet ved å koble sammen generator og rotor.

**Forventet resultat**

Det forventes at rotoren spinner fritt rundt og drar akslingen på generatoren med seg.

**Resultat**

Akslingen på generatoren går rundt når rotoren blir påført en rotasjonsbevegelse, akkurat som forventet.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

Test ID	2-7-K
Tid og sted	Oslo, 26-02-15
Utført av	Mats Evensen
Til stede	-
Type test	Statisk test av komponent
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Visuell inspeksjon av 3D-printet festesystem for generator i rør

**Forventet resultat**

Det forventes at den utskrevne modellen ikke skiller seg fra 3D-modellen i SolidWorks.

**Resultat**

Den utskrevne modellen ser bra ut, ingen feil å melde om

**Godkjent: JA/NEI**

JA



Test ID	2-9-S
Tid og sted	Kongsberg, 26-02-15
Utført av	Joel Göransson
Til stede	Jonas, Mats, Jo, Marte og Andreas
Type test	FAT
Testfeilklass	A

**Hva testes**

Systemet blir inspisert før elvetest etter montering.

**Forventet resultat**

Det forventes at systemet er klart til elvetest, rotoren går fritt rundt i røret og fester til generatoren holder den sentrert i røret. Det er også klart for måling av spenning over motstand.

**Resultat**

Systemet er klart til elvetest.

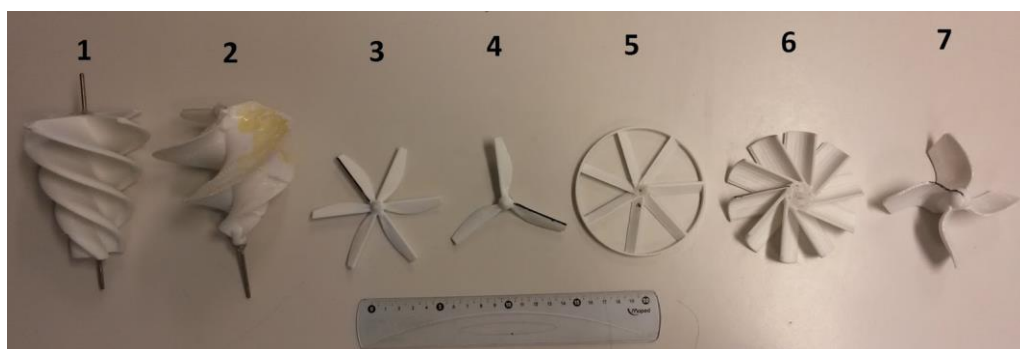
**Godkjent: JA/NEI**

JA

Test ID	2-9.1-S
Tid og sted	Jondalen, 26-02-15
Utført av	Joel Göransson og Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Knut Henrik Skramstad, Marte Rognerud, Jo Nysæter, Mats Evensen og Andreas Blakstad
Type test	SIT (system integration test)
Testfeilklasser	B

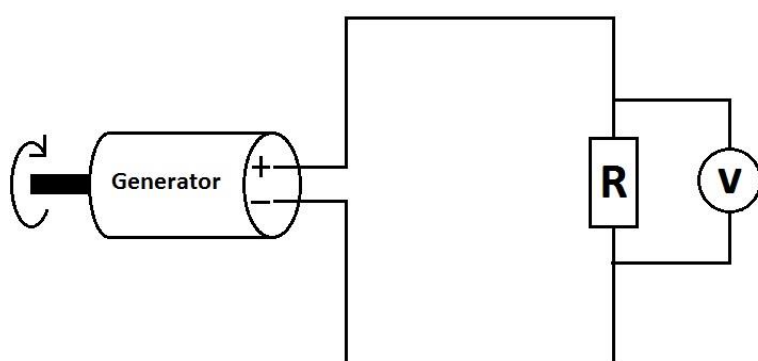
### Hva testes

Tubinenheten er koblet til en krets med en motstand på  $R=1000\text{ Ohm}$ . Spenning over motstand blir målt med ulike rotortyper. Figur 1 viser de rotorene som ble testet og hvilket nummer de er gitt i denne rapporten.



Figur 2: Nummererte rotorer

Under følger koblingskjema for oppsettet som ble brukt til å måle spenningen over motstanden i denne testen.



### Forventet resultat

Det er forventet at generatoren induserer en spenning når tubinenheten senkes ned i vannstrømmen påmontert ulike rotortyper. Ut fra indusert spenning vil utregninger vise produsert strøm og spenning av generatoren.

### Resultat

Tabellen under viser målt indusert spenning og kalkulert strøm og effekt.

Rotor nr	Spenning, U	Strøm, $I=U/R$	Effekt, $P=UI$
1	1,2 V	0,0012 A	0,00144 W
2	3 V	0.003 A	0,009 W
3	2 V	0.002 A	0,004 W
4	1,7	0.0017 A	0,00289 W
5	1,7	0.0017 A	0,00289 W
6	1,3	0.0013 A	0,00169 W
7	1,1	0.0011 A	0,00121 W

**Godkjent: JA/NEI**

JA

#### Noe å tilføye?

Hvis det blir antatt at vannstrømmen hadde en hastighet på 3 m/s på målepunktet så skal StrømtilWatt få ut 5,3 Watt på en tilsvarende test på den endelig prototype. På nåværende tidspunkt blir det produsert en effekt på 1 mW, noe som mest sannsynlig skyldes "generatoren" som egentlig er en permanent magnet DC motor, brukt som generator. Det viktigste med denne testen er å skille mellom effektiviteten til rotorene. Det er helt tydelig at rotor nummer 2 gir størst spenning. Det er også viktig å nevne at rotor nummer 1 var montert litt skeivt, dette ble oppdaget etter testen, og vi ser derfor bort fra dette resultatet. Dette blir også bekreftet av en preliminær test av rotoren uten rør hvor den induserte en spenning på 3,2 V, altså noe i samme omfang som rotor nummer 2.

Ut fra disse resultatene har det blitt besluttet å gå videre med "arkimedesskrue" som rotor nummer 1 og 2. Det har også blitt besluttet og prøve å kombinere rotor nummer 1 og 2 med rotor nummer 3, 4 og 5 for å undersøke hvilken effekt dette kan gi.

Test ID	3-1-K
Tid og sted	Kongsberg, 05-03-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Mats, Jo, Marte, Joel og Andreas
Type test	Statisk test av komponent, visuell inspeksjon
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Rør til elvetest i tredje runde. To utforminger har blitt produsert.

**Forventet resultat**

Det forventes at lengden på de to rørutformingene passer til de ulike rotorene som skal testes i tredje elvetest.

**Resultat**

Utformingen på rørene er tilfredsstillende og rotorene passer.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

Test ID	3-2-K
Tid og sted	Kongsberg, 10-03-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Mats, Jo, Marte, Joel og Andreas
Type test	Statisk test av komponent, visuell inspeksjon
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

3D-printede rotor til tredje runde.

**Forventet resultat**

Forventer at rotorene er printet i henhold til planen.

**Resultat**

Alle rotorene var printet etter planen og med tilfredsstillende oppløsning.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

**Noe å tilføye?**

Joel er satt på saken for å montere akslinger på rotorene slik at de kan kobles på generatoren.

Test ID	3-3-US
Tid og sted	Kongsberg, 10-03-15
Utført av	Jo Nysæter
Til stede	Jonas Hovde Pedersen
Type test	Funksjonstest av undersystem
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

GPS koordinater til eier.

**Forventet resultat**

GPS enheten skal søke opp GPS-koordinatene sine. I det den finner gyldige koordinater, skal den sende disse via GSM til eier

**Resultat**

Enheden bruker noen sekunder på å få ett gyldig gps signal. Men etter ca 12 sek sender den gyldige koordinater på denne formen XXXX.XXXXX. Som i denne testen er: 5940.97125 for breddegrad og 0938.94689 for lengdegrad.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

Test ID	3-4-S
Tid og sted	Kongsberg, 12-03-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Jonas, Mats, Jo, Marte og Andreas
Type test	Funksjonstest av system
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Systemet blir inspisert før elvetest etter montering.

**Forventet resultat**

Det forventes at systemet er klart til elvetest, rotoren går fritt rundt i røret og festet til generatoren holder den sentrert i røret. Det er også klart for måling av spenning over motstand.

**Resultat**

Systemet er klart til elvetest.

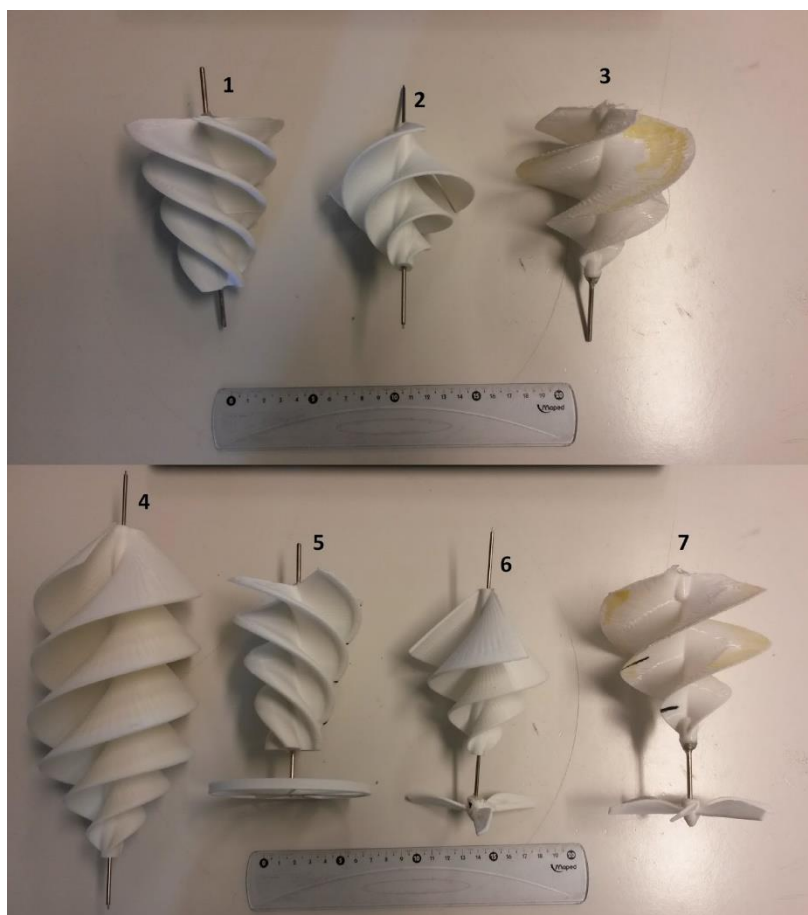
**Godkjent: JA/NEI**

JA

Test ID	3-5-S
Tid og sted	Kongsberg, 12-03-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen og Joel Göransson
Til stede	Knut Henrik Skramstad, Marte Rognerud og Andreas Blakstad
Type test	SIT med oppdragsgiver
Testfeilklasse	A

**Hva testes**

Tubinenheten er koblet til en krets med en motstand på  $R=1000\text{ Ohm}$ . Spenning over motstand blir målt ved ulike rotortyper. Figur 1 viser de rotorene som ble testet og hvilket nummer de er gitt i denne rapporten.



Figur 3: Rotorene som skal testes

**Forventet resultat**

Det er forventet at generatoren induserer en spenning når tubinenheten senkes ned i vannstrømmen påmontert ulike rotortyper. Ut fra induisert spenning kan utregninger vise produsert strøm og spenning av generatoren.

**Resultat**

Tabellen under viser målt indusert spenning og kalkulert strøm og effekt.

Rotor nr	Spenning, U	Strøm, $I=U/R$	Effekt, $P=UI$
1	1,0 V	0,001 A	0,001 W
2	1,1 V	0.0011 A	0,009 W
3	1,0 V	0.001 A	0,001 W
4	1,7 V	0.0017 A	0,00289 W
5	-	-	-
6	1,3 V	0.0013 A	0,00169 W
7	1,0 V	0.001 A	0,001 W

**Godkjent: JA/NEI**

JA

**Noe å tilføye?**

Dette viser tydelig at rotor nummer 4 er den som tar ut mest energi fra vannstrømmen. Strøm til Watt velger da å gå videre med denne type rotor og vil fortsette undersøkelser ved å justere lengde og antall omdreininger på rotoren

Test ID	3-6-HV
Tid og sted	Kongsberg, 12-03-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Knut Henrik Skramstad, Marte Rognerud, Andreas Blakstad og Joel Göransson
Type test	SIT
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Selvkonstruert vannhastighetsmåler. Prinsippet går ut på at platen nederst blir holdt ned i vannstrømmen og kraften på platen blir målt gjennom vektstangen ved hjelp av fjærvekten på toppen av konstruksjonen. Ut fra dette blir vannhastigheten regnet ut. Dette skal til slutt sammenliknes med å slippe en pinne ned elven og ta tiden.



Figur 4: Bilde av vannhastighetsmåler

**Forventet resultat**

Forventer at vannet presser på platen som igjen gir utslag på fjærvekten. Det er da mulig å regne ut kraften som vannet presser på platen med ut fra momentbetraktninger.



**Resultat**

Hastighetsmåling med pinne: 1,45 m/s

Hastighetsmåling direkte med vannhastighetsmåler: 1,37 m/s

**Godkjent: JA/NEI**

JA

**Noe å tilføye?**

De ulike målemetodene viste seg å gi ganske likt resultat. Det er naturlig at de ikke er helt like siden pinnemetoden tar gjennomsnittshastigheten over en viss avstand, mens vannhastighetsmåleren måler på et punkt i elven. Konklusjonen er derfor at vannhastighetsmåleren er en god måte å måle hastigheten på vannet. Den vil da være grunnlag for videre målinger av vannhastigheten i prosjektet.

Test ID	4-1-K
Tid og sted	Kongsberg, 25-03-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Joel Göransson
Type test	Statisk test av komponent, visuell inspeksjon
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Rør til elvetest i fjerde runde, Ø 10 cm.

**Forventet resultat**

Det forventes at lengden på rørutformingene passer til rotorene som skal testes i runde 4.

**Resultat**

Utformingen på rørene er tilfredsstillende og rotorene passer.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

Test ID	4-2-K
Tid og sted	Kongsberg, 26-03-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Mats Evensen og Joel Göransson
Type test	Statisk test av komponent, visuell inspeksjon
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Rotorer til elvetest i fjerde runde, Ø 10 cm.

**Forventet resultat**

Det forventes at Rotorene har lik lengde og lik diameter.

**Resultat**

Rotorene har lik lengde og lik diameter

**Godkjent: JA/NEI**

JA

<b>Test ID</b>	<b>4-3-K</b>
Tid og sted	Kongsberg, 26-03-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Joel Göransson
Type test	Statisk test av komponent, visuell inspeksjon og funksjonstest
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Vanntett generator til elvetest av rotor med diameter Ø 10 cm

**Forventet resultat**

Det forventes at akselen går fritt gjennom vanntettingen og det virker som den tåler vann.

**Resultat**

Akselen går fritt gjennom vanntettingen og det virker som generatoren tåler vann.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

<b>Test ID</b>	<b>4-4-S</b>
Tid og sted	Kongsberg, 26-03-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Joel Göransson
Type test	Funksjonstest og visuell inspeksjon
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Systemtest før elvetest

**Forventet resultat**

Det forventes at rotorene går fritt i røret og drar akselen på generatoren med seg rundt. I tillegg må generatoren holdes stabilt på plass i røret.

**Resultat**

Rotorene spinner fritt i røret og driver generatoren som er stabilt plassert i røret.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

**Noe å tilføye?**

Systemet klart for elvetest

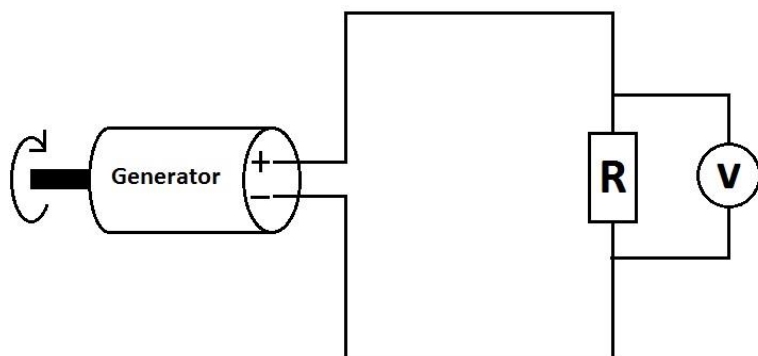
Test ID	4-5-S
Tid og sted	Kongsberg, 27-03-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen og Joel Göransson
Til stede	Marte Rognerud
Type test	Funksjonstest i elv
Testfeilklasse	A

**Hva testes**

Systemtest i elv med to ulike rotor. Spenningen induisert over en 1000 Ohm motstand blir målt ved hjelp av et multimeter. Bilde under viser de to rotorene som skal testes. De to rotorene har lik utforming, men rotor nummer 1 har 4 omdreininger per blad mens rotor nummer 2 har 2 omdreininger per blad.



Koblingsskjema for testen er vist i bildet under

**Forventet resultat**

Det forventes at de to ulike utformingene gir ulik indusert spenning.

**Resultat**

Spenningen indusert av de to rotorene er vist i tabellen nedenfor.

Rotor nummer	Spenning [V]
1	1,3 Volt
2	1,7 Volt

**Godkjent: JA/NEI**

JA

**Noe å tilføye?**

Rotor nummer 2 med 2 hele omdreininger per blad var den som ga høyest indusert spenning. Videre i prosjektet vil det derfor fokuseres på denne utformingen.

Test ID	4-6-K
Tid og sted	Kongsberg, 20-04-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Joel Göransson
Type test	Statisk test av komponent, visuell inspeksjon
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Rotor med diameter på 30 cm

**Forventet resultat**

Det forventes at rotoren er klar til å kobles på generatoren. I tillegg til at den er strømlinjeformet og ser ut til å fungere i vannet.

**Resultat**

Rotoren er klar til elvetest

**Godkjent: JA/NEI**

JA

Test ID	4-7-K
Tid og sted	Kongsberg, 20-04-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Joel Göransson
Type test	Statisk test av komponent, visuell inspeksjon
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Vanntett generator med rotor koblet på

**Forventet resultat**

Det forventes at Generatoren er koblet på rotoren og at generatoren sitter i en vanntett beholder. I tillegg må det hele se ut til å være klart til å settes inn i rammen.

**Resultat**

Hele undersystemet ser ut til å være klart til å settes inn i rammen.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

Test ID	4-8-K
Tid og sted	Kongsberg, 20-04-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Type test	Statisk test av komponent, visuell inspeksjon
Testfeilklasse	A

**Hva testes**

Ramme til rotor og generatorhus

**Forventet resultat**

Det forventes at rammen ser ut til å være stiv nok til å holde rotor og generator på plass. Den skal i tillegg stoppe så lite av vannstrømmen som mulig og ha festemuligheter for rotor og generatorhus.

**Resultat**

Rammen ser ut til å være stiv nok, den ser ut til å stoppe minimalt av vannstrømmen og den innehar opplagingsmulighet for kulelager forran samt mulighet for innfesting av generatorhus bak.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

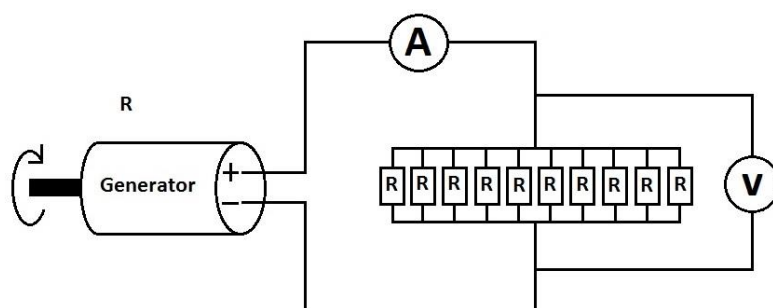
Test ID	4-9-US
Tid og sted	Kongsberg, 22-03-15
Utført av	Andreas Blakstad
Til stede	Jonas Hovde Pedersen
Type test	Funksjonstest av måleutstyr
Testfeilklasser	A

### Hva testes

Krets for måling av strøm og spenning induisert av en generator. Bilde av undersystemet kan ses nedenfor. Spenningen blir målt over 10 x 1,2 Ohms motstander koblet i parallell. Dette gir en samlet motstand på 0,12 Ohm samtidig som det er mulig å kjøre gjennom en effekt på 10 watt uten at motstandene ryker. En generator blir koblet inn i kretsen og en drill blir brukt for å drive generatoren.



Kretsen er tegnet i et koblingsskjema under.





**Forventet resultat**

Det forventes vi kan lese av strøm og spenning induisert av generatoren og på denne måten regne oss frem til produsert elektrisk effekt.

**Resultat**

Vi kan lese av strøm og spenning når generatoren blir påført en rotasjonsbevegelse og regne oss frem til produsert elektrisk effekt.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

**Noe å tilføye?**

Dette oppsettet vil bli brukt for å finne produsert elektrisk effekt av prototype med diameter på 35 cm.

Test ID	4-10-S
Tid og sted	Kongsberg, 21-04-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Joel Göransson
Type test	Funksjonell og statisk test av systemet
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Prototype, Ø 30 cm koblet på generator og satt inn i rammen. Det sjekkes også at ved å dreie på rotoren at generatoren spinner.

**Forventet resultat**

Det forventes at rotoren sitter koblet til generatoren og rammen holder delen på plass slik at rotoren kan spinne fritt i en vannstrøm.

**Resultat**

Alle komponenter sitter som de skal og rotoren spinner fritt og drar akselen på generatoren rundt. Alt ser ut til å fungere slik som det skal.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

**Noe å tilføye?**

Prototypen er klar for elvetest.

<b>Test ID</b>	<b>4-11-S</b>
Tid og sted	Kongsberg, 21-04-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen og Joel Göransson
Til stede	Mats Evensen, Marte Rognerud og Andreas Blakstad
Type test	SIT
Testfeilklasse	B

**Hva testes**

Prototypen blir testet i elva. Spennings og strøm vil bli målt for å se om systemet virker som det skal.

**Forventet resultat**

Det forventes at rotoren går rundt som følge av vannstrømmen og at den videre påfører et moment på generatoren slik at denne produserer strøm.

**Resultat**

Vi fikk kun gjort initielle tester før koblingen mellom rotor og generator gikk i stykker. Men vi fikk hvertfall slått fast at rotoren klarte å påføre nok moment på generatoren slik at denne gikk rundt.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

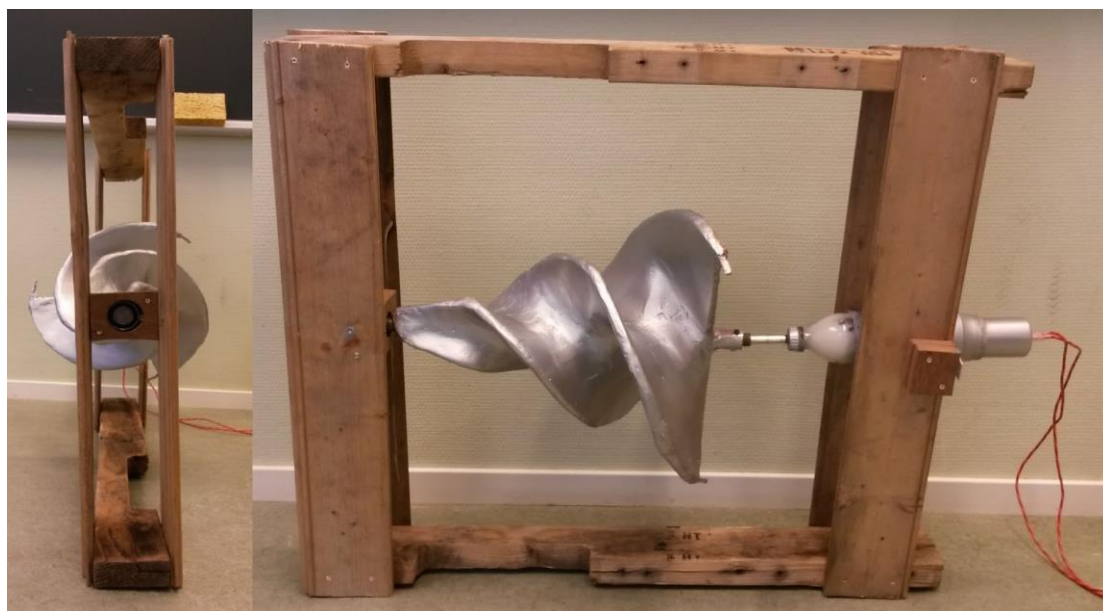
**Noe å tilføye?**

Kobling mellom rotor og generator må utbedres slik at vi er klar for ny test på torsdag. I tillegg bør det lages et koblingsbrett som gjør det enklere å foreta de målingene vi trenger.

Test ID	4-12-S
Tid og sted	Kongsberg, 23-04-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen, Joel Göransson og Andreas Blakstad
Til stede	Knut Henrik Skramstad, Marte Rognerud
Type test	SIT med oppdragsgiver
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Prototypen blir testet i Jondalselva. Strøm- og spenningsmålinger og blir gjort ved hjelp av koblingsbrett beskrevet i testrapport 4-9-US. Vannhastigheten blir målt ved hjelp av vannhastighetsmåleren beskrevet i testrapport 3-6-VH. Bildet under viser prototypen.

**Forventet resultat**

Det forventes at prototypen klarer levere 5 % av energien i vannstrømmen i form av elektrisk energi.

**Resultat**

Indusert spenning og strøm vil variere litt ettersom vannstrømmen i elva ikke er konstant. De høyest målet verdiene av strøm og spenning var hhv 3,34 Ampere og 4,12 Volt. Dette gir en effekt på 13,76 Watt.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

**Noe å tilføye?**

Vannstrømmen ble målt til maksimalt 1,7 m/s. 5 % av energien i vannstrømmen tilsvarer da 12,2 Watt. Dette betyr at vi har nådd målet om at prototypen skal ta ut 5 % av energien i en vannstrøm. Nærmere bestemt 5,6 %.

Test ID	5-1-US
Tid og sted	Kongsberg, 05-05-15
Utført av	Jo Nysæter
Til stede	Mats Evensen
Type test	Funksjonstest
Testfeilklass	A

**Hva testes**

GPS system blir testet for sin funksjonalitet ved å spore et GPS signal

GPS koordinater skal sendes til eier gjennom GSM nettet. Ved at eier sender en bestemt kommando til enheten skal enheten låse posisjonen (koordinatene) til sitt "hjem". Om enheten blir flyttet 20 meter fra sitt "hjem" skal det varsles til eier.

**Forventet resultat**

Enheten låser posisjonen når tegnet "%" blir sendt til enheten. Når tegnet "&" blir sendt til enheten. Sendes koordinatene og batteristatus tilbake til eier over GSM nettet. Når enheten er 20 meter utenfor "hjemmet" sitt skal den sende varsel til eier.

**Resultat**

Enheten låste koordinatene når den skulle. Sendte også koordinatene og batteristatus til eier over GSM nettet da den fikk tegnet "&" og når den var utenfor "hjem" sonen sin.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

**Noe å tilføye?**

Viktig å gi GPS enheten noen sekunder (ca 15 sek) på å oppdatere seg slik at den finner gyldige koordinater før den låser dem som sitt "hjem".

Test ID	5-2-S
Tid og sted	Kongsberg, 30-04-15
Utført av	Joel Göransson og Jonas Hovde Pedersen
Til stede	Andreas Blakstad, Jo Nysæter og Mats Evensen
Type test	Måling av støy
Testfeilklasse	A

**Hva testes**

Prototypen testes for hvor mye akustisk støy som blir produsert når den er i drift. Testen blir gjort ved at vi måler støynivået ved elva før prototypen settes i drift og mens den er i drift.

**Forventet resultat**

Det forventes av støynivået i elva er uendret når prototypen er i drift.

**Resultat**

Støynivå uten prototype i drift: 68 dB

Støynivå med prototype i drift: 68 dB

**Godkjent: JA/NEI**

JA

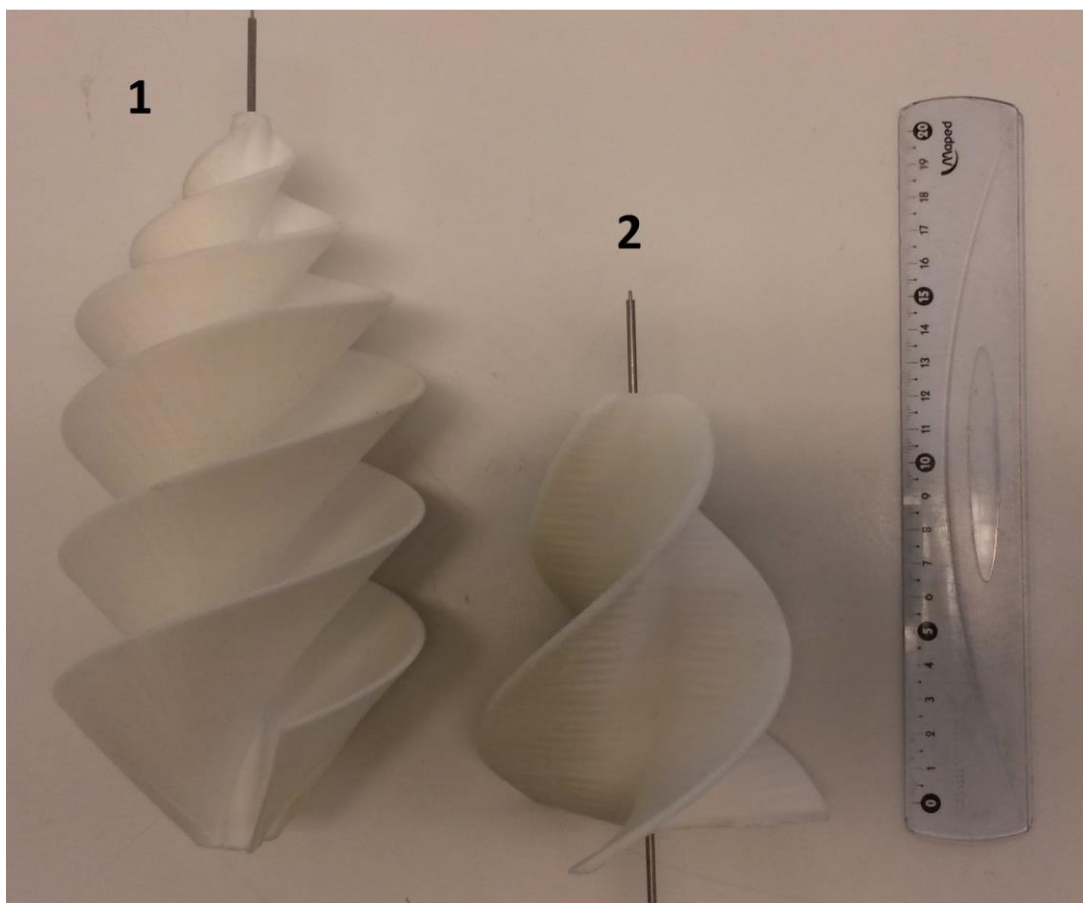
**Noe å tilføye?**

Det var ingen forskjell på støynivået i elva med eller uten enheten i drift. Altså lager prototypen lite eller ingen støy.

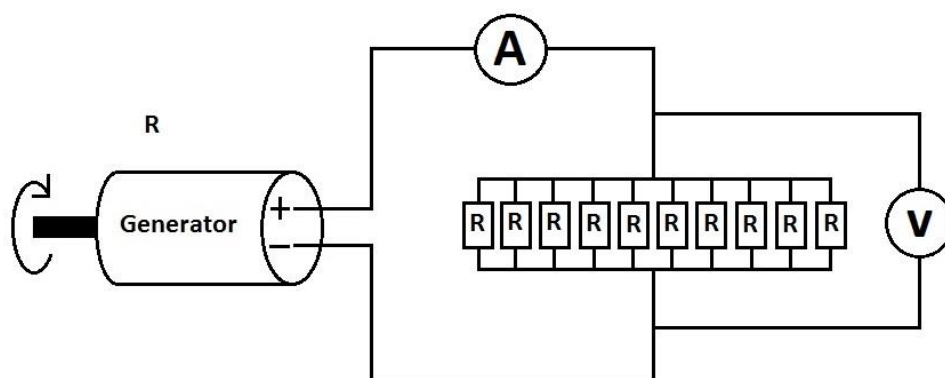
Test ID	5-3-S
Tid og sted	Kongsberg, 30-03-15
Utført av	Jonas Hovde Pedersen, Andreas Blakstad og Jo Nysæter
Til stede	Joel Göransson og Mats Evensen
Type test	Funksjonstest i elv
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Systemtest i elv med to ulike rotorer. Bilde under viser de to rotorene som skal testes. Testen blir gjort for å fastslå hvor mye bedre den optimale rotoren (2) er i forhold til rotoren brukt på prototypen (1). I tillegg skal det måles hvor mye krefter som virker på rotorene når de står stille i vannstrømmen. Ved hjelp av disse målingene kan vi regne oss frem til motstandskoeffisientene til rotorene. Dette blir gjort ved å montere rotorene på vannhastighetsmåleren.



Koblingsskjema for testen er vist i bildet under

**Forventet resultat**

Det forventes at de to ulike utformingene gir ulik effekt.

**Resultat**

Vannhastigheten ble målt til 1 m/s før og etter testene.

Indusert spenning og strøm, samt utregnet effekt av de to rotorene er vist i tabellen nedenfor.

Rotor nummer	Spenning [V]	Strøm [A]	Effekt [W]
1	0,08 Volt	32,7 mA	2,616 mW
2	0,1 Volt	34,8 mA	3,48 mW

Motstandskoeffisient rotor nummer 1:  $c_D = 1,25$

Motstandskoeffisient rotor nummer 2:  $c_D = 0,85$

**Godkjent: JA/NEI**

JA

**Noe å tilføye?**

$2,616 \text{ mW} \cdot x = 3,48 \text{ mW} \rightarrow x = 1,33$ , rotor nummer 1 er altså 33 % bedre enn rotor nummer 2

Motstandskoeffisienten er regnet ut ved hjelp av formelen  $F = \frac{1}{2} \rho v^2 c_D A$

Tid og sted	Kongsberg, 12-03-15
Utført av	Andreas Blakstad
Til stede	Jonas Hovde Pedersen
Type test	Funksjonstest
Testfeilklass	A

### Hva testes

I denne testen tester vi at LM317T kretsen regulerer spenningen fra generatoren til en passende verdi for lading av 6 volt batteri. Det blir gjort simulering i LTspice, og utført en fysisk test.

### Forventet resultat

Reguleringen skal gi en spenning på minimum 7,8 V for å kunne lade en 6 V batteripakke. Et 6 volt dypsyklusbatteri har en egenvekt på 1,265. Denne spenningen må overgå for å lade et 6 volts batteri opp til 100%.

$$6V \cdot 1.265 = 7.59V$$

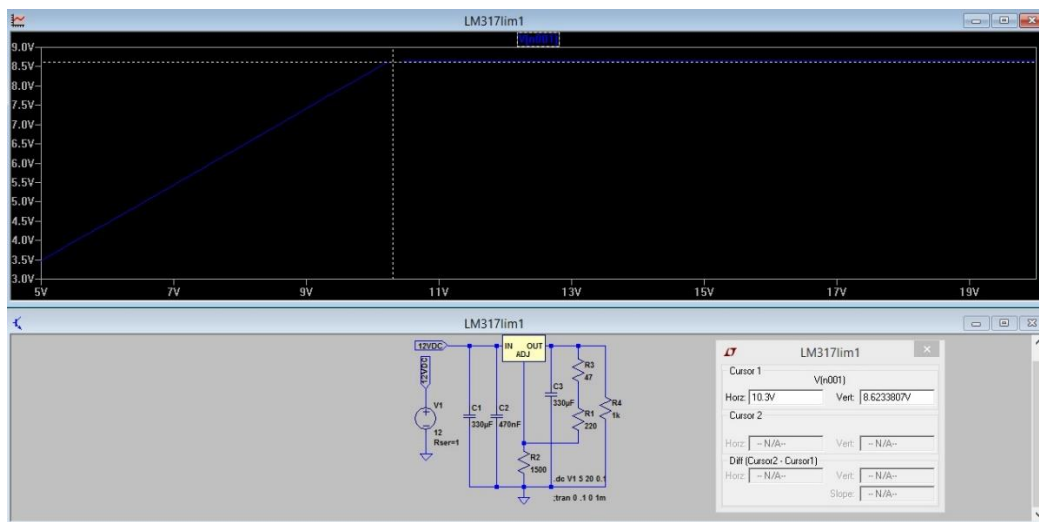
Resultatet forventer en verdi  $x > 7.59V$

### Resultat

#### Test #1 - Simulering LTspice:

Denne kretsen ble simulert for å oppnå en jevn spenningstilførsel til batteriet. Generatoren vil produsere energi, men denne energitilførselen vil variere i forhold til mengde vann og vannføringen som strømmer til turbinenheten. Derfor er det viktig å regulere spenningen generert av generatoren til en jevn verdi.

Kretsen i figur under ble da simulert.



#### Resultater (simulering):

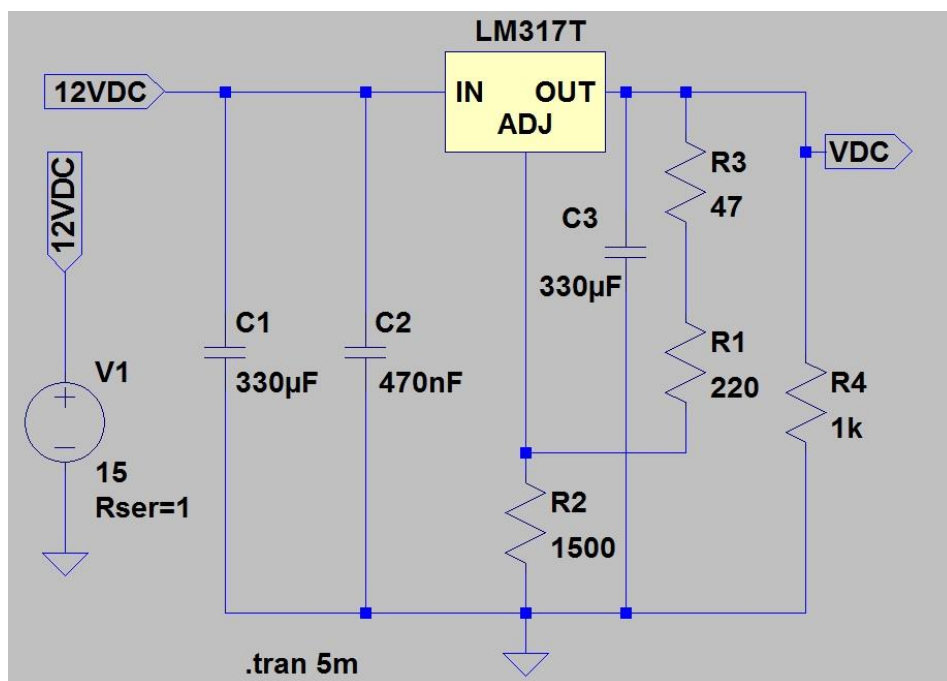
Spenningen fra generatoren økes fra 5-20V for å finne spenningsverdien reguleringen krever for å gi en jevn output.

Vi kan se fra figur 2 at ut-spenningen stabiliserer seg ved 8,6 Volt ut når vi gir en input spenning  $x > 10,3\text{-Volt}$ .

#### Test #2 - Fysisk test



Kretsen i figuren under ble satt opp for testing. Denne testen skulle verifisere simuleringen gjort i LTspice. Ved 12 volt spenning inn, forventet vi å få en ut-spenning på 8,6 volt.



**Resultater (fysisk test):**

12 VDC inn gir 8.43 V ut fra reguleringen.  
Minste input-verdi tillat 10.05 V.

**Godkjent: JA/NEI**

JA

Tid og sted	Kongsberg, 28-04-15
Utført av	Mats Evensen
Til stede	Jonas Hovde Pedersen
Type test	Effekttest
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Test av effektbruk på modul 1(sender) for å finne ut hvor mye effekt modulen bruker.

**Forventet resultat**

Forventer at den bruker mindre enn 1 Watt

**Resultat**

Multimeteret viste at modul 1 bruker en strøm på ca 26mA, med en spenning på 12,29 V. Dette vil si at den i snitt bruker en effekt på:  $0,026A \cdot 12,29V = 0,32Watt$

**Godkjent: JA/NEI**

JA

Tid og sted	Kongsberg, 24-04-15
Utført av	Mats F. Evensen
Til stede	Jo Nysæter
Type test	Funksjonstest
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Batteriovervåkingssystemet opererer med en trådløs overføring. Testen er gjort for å finne distansen hvor denne trådløseoverføringen fungerer.

**Forventet resultat**

Ut i fra kommentarer på nettforum for radioamatører, og spesifikasjoner for liknende overføringen forventes det et resultat på ca 40 meter ut fra en tilført spenning på 5V.

**Resultat**

Etter å gjennomført testen har vi fått et resultat på 55 meter. Vi hadde regnet med et resultat på ca. 40 meter.

**Godkjent: JA****Noe å tilføye?**

Testen ble gjort på HBV sin parkeringsplass. Under andre forhold med flere hindringer kan vi regne med at distansen som systemet fungerer blir kortere.

<b>Tid og sted</b>	<b>Kongsberg, 28-04-15</b>
Utført av	Andreas Blakstad
Til stede	Jonas Hovde Pedersen
Type test	Funksjonstest
Testfeilklasser	A

**Hva testes**

Ladekontroller

**Forventet resultat**

Denne komponenten skal veksle mellom å lade batteribanken og sende overskuddsenergi til lastmotstanden. Ladekontrolleren skal lade batteribanken fra en gitt minsteverdi for utladning av batteriet og opp til 14,2 V. Spenningsverdier utenom dette spekteret skal sendes til lastdumpen.

**Resultat**

Ladekontrolleren lader batteribanken opp til 14,9 Volt og strømmen sendes da til lastmotstanden helt til spenningsverdien når 11,9 V. Da sender ladekontrolleren igjen energien til batteribanken.

Disse spenningsverdiene kan kalibreres til andre verdier om ønskelig.

**Godkjent: JA****Noe å tilføye?**

Spenningsverdiene kalibreres ved å endre verdi på potentiometerne.

## Vedlegg C – Prototype vs. Fullskala planer

Vi har sagt at fullskala produkt med en rotordiameter på 0,5 meter skal produsere en effekt på 70 Watt. Det vil si at fullskala modell har en virkningsgrad opp mot 25 %, altså ta ut 25 % av energien i vannstrømmen. Hvis vi nå sammeligner dette med prototypen som ble laget så ligger denne langt under en virkningsgrad på 25 %. Prototypen har en virkningsgrad på 5,6 %. Grunnen til dette er sammensatt. Ved testing på prototype med diameter på 10 cm fant vi frem til rotoren vi ville bruke på endelig prototype med diameter på 18 cm og fullskala planer. Dette var en rotor med svært kompleks geometri. Generatoren vi kjøpte til å passe en rotordiameter på 18 cm var tyngre giret enn hva vi hadde bestilt. Dette gjorde at vi måtte lage en rotor med større diameter. Ettersom 3D-printeren ikke kunne printe større rotore enn 18 cm så måtte vi lage en ved hjelp av andre produksjonsmetoder. Vi klarte dessverre ikke å gjenskape den komplekse geometrien skapt av 3D-printeren og måtte da lage en mindre effektiv rotor med enklere geometri. Den valgte rotoren for fullskala ble testet opp mot rotoren med enklere geometri. Vi fant da ut at den valgte rotoren for fullskala modell var 33% bedre enn rotoren med enklere geometri produsert for prototypen. De to rotorene ble testet opp mot hverandre i liten skala, begge med en diameter på 10 cm. Andre deler av prototypen var heller ikke optimale, rammen rundt prototypen var laget av gamle paller og «skygget» for en del av rotoren. Opplagringer var heller ikke optimale, prototypen hadde et enkelt radiet kulelager i front, ideelt sett burde den vært lagret opp på minst to steder med kulelager som kunne ta opp både aksielle og radielle krefter. Balansering av rotor burde også vært bedre og opplinjeringen kunne blitt gjort mer nøyaktig. Alle disse faktorene hadde blitt eliminert om vi kunne satt bort produksjon av prototypen til noen med erfaring og verktøy til å lage et slikt produkt. Dette var det ikke penger til å gjøre, men vi er sikre på at ved å eliminere disse tapleddene og bruke en optimal rotor ville også prototypen hatt en virkningsgrad opp mot 25 %.

## Vedlegg D – 3D-printing

### Innledning

I prosjektgjennomføringen har Strøm til Watt brukt mye prototypetesting som et verktøy for design. For konstruksjonen av prototypene har det blitt mye bruk av 3D-printing til fabrikering av deler. Dette kapittelet tar sikte på å gi en oversikt over printeprosessen, arbeidet som er gjort og til slutt hvordan det er gjort.

### Prosessen

Når man har planlagt en prototype og hva man vil teste med denne må den konstrueres. Dette har Strøm til Watt gjerne gjort ved først å modellere prototypen i SolidWorks, for så å printe delene på 3D-printer, og til slutt sammenstille prototypen og gjennomføre testen.

### 3D-printeprosessen

3D-printeren som er brukt er en Solidoodle 4. Denne 3D-printeren er en ekstruderingsstype. Det vil si at den varmer opp termoplast til den blir tyktflytende og trykker deretter materialet ut av en dyse. Når plasten treffer en varmeplate størkner det og blir hardt. Dette blir gjort lag på lag helt til printeren har bygd opp det ferdige produktet. Denne prosessen tar ofte veldig lang tid. Rotoren vi har endt opp med som endelig design i prosjektet tok f. eks. ca. 9 timer å printe.

Med en relativt billig printer som Solidoodle 4 er det viktig at printeren har tilsyn. Det kan fort oppstå komplikasjoner, og da er det viktig at printeren kan stoppes. Det kan faktisk hende at det begynner å brenne under printing. Det er derfor svært viktig med tilsyn under printeprosessen.

Når 3D-modellen som skal printes er ferdig modellert, importerer man den inn i et 3D-printeprogram. I dette programmet velger du hvor på varmeplaten man vil printe. Man velger også fra hvilken side av modellen man vil starte printingen og hvordan man vil begynne. Det er på dette stede i prosessen det er viktig å være klar over produksjonsbegrensningen til 3D-printeren og velge riktig måte å printe modellen på.

Videre bruker man et nytt program til å "slice" eller kutte opp 3D modellen til g-code. Denne koden er et standard språk for 3D printere og CNC maskiner. Koden er for det meste bygd opp av koordinater som forteller hvor printerhodet skal bevege seg. Når koden er produsert varmes varmeplaten og ekstrudereren opp og 3D-printerprosessen kan begynne.

### Vanlig problemstillinger

Det finnes flere vanlige problemer med 3D printerne man får kjøpt til hobbybruk på dagens marked. En av de største er at plasten endrer volum når den avkjøles. Dette

gjør at modellen som printes kan løsne fra varmeplaten og falle under printeprosessen. På Figur 5: 3D-print hvor det har gått galt Figur 5 er det akkurat det som har skjedd. Modellen har falt og printerens har fortsatt med ekstruderingen av plast. Hvis dette skjer flere ganger som ved printingen av den siste prototypen kan dette ta opp mye ekstra tid.

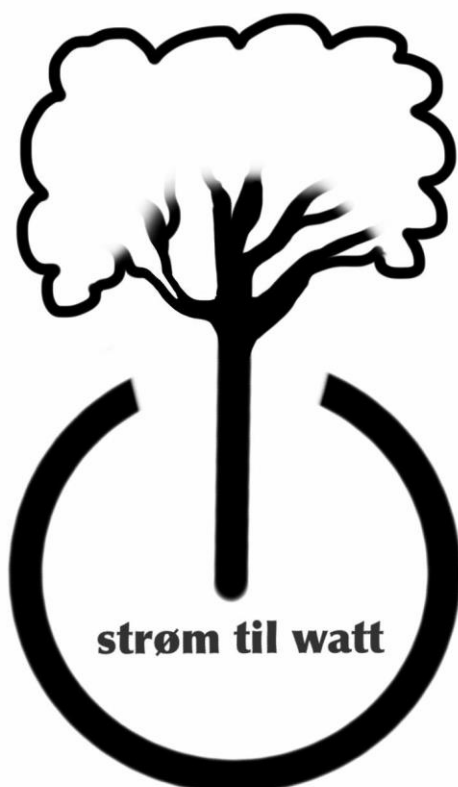
For å hindre at modellen faller under printeprosessen har Strøm til Watt brukt limstifter fra biltema blandet med rødsprit som er smurt utover varmeplaten. Dette er en blanding som gruppen kom fram til ved eksperimentering. Blandingen klistrer seg mellom modellen og varmeplaten og gjør at modellen kan krympe litt når den størkner uten at den løsner fra limet og varmeplaten.

Siden modellen får et mindre volum ved lavere temperatur vil også målene, spesielt sylindrinske hull eller lignende i konstruksjonen krympe. Derfor har Strøm til Watt laget en tabell som sier hva målene på 3D-modellen som blir konstruert skal være for å kunne bli riktig etter de er printet ut. Tabellen er implementert som et verktøy i gruppa.



Figur 5: 3D-print hvor det har gått galt

# Evalueringsrapport



## Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Dokumenthistorie .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Innledning.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Kinetiske vannkraftverk i dag .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Oppnådde prosjektmål .....</b>	<b>5</b>
4.1	Prosjektmål.....	5
4.2	Prosjektøkonomi .....	5
<b>5</b>	<b>Prosjektgjennomføring.....</b>	<b>6</b>
5.1	Prosjektmodell .....	6
5.2	Prosjektverktøy .....	6
5.3	Prosjektarbeidet.....	6
5.3.1	Iterasjoner/Runde evaluering .....	7
5.3.2	Elektroevaluering .....	8
5.3.3	Dataevaluering.....	9
5.3.4	Konstruksjon-, modellering- og simuleringsevaluering .....	9
5.3.5	Beregning- og testevaluering .....	9
5.4	Hva ville vi ha gjort anderledes .....	10
<b>6</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>12</b>

## Tabelloversikt

Tabell 1: Deltakeroversikt.....	3
Tabell 2: Regnskap for prototype .....	5



Strøm til Watt	12.05.2015
Evalueringsrapport	Versjon 1.0

## 1 Dokumenthistorie

Versjon:	Dato:	Ansvarlig:
1.0	12.05.2015	MR

Tabell 1: Deltakeroversikt

Deltakere	Initialer
Andreas Blakstad	AB
Jo Nysæter	JN
Joel Gøransson	JG
Jonas H. Pedersen	JHP
Marte Rognerud	MR
Mats F. Evensen	MFE

## 2 Innledning

Dette dokumentet er en etteranalyse av arbeidet som er gjort i forbindelse med bacheloroppgaven Strøm til Watt. Strøm til Watt er en gruppe på 6 studenter ved Høgskolen i Buskerud og Vestfold som har laget planer for et portabelt kinetisk vannkraftverk. Utviklingsarbeidet har foregått ved hjelp av prototyping i en 5 månedersperiode. Vi har kun brukt 1625 kr på alle våre prototyper og gjenbruk av deler og materialer har vært en viktig for oss. De ulike aspektene ved prosjektarbeidet er diskutert hver for seg. Dette omfatter prosjektmål, prosjektøkonomi, hvordan vi har jobbet og de ulike tekniske grenene i arbeidet. Det foregår mye utvikling på kinetiske energiturbiner på verdensbasis. Vi har derfor satt vår kinetiske energiturbin i sammenheng med den utviklingen som foregår.

Takk til veilderne våre Karoline Moholdt, Bjørn Gjevik og Knut Henrik Skramstad.

## 3 Kinetiske vannkraftverk i dag

Vannkraftverk er en miljøvennlig og fornybar energikilde og 99% av Norges energiforbruk kommer per dags dato fra vannkraftverk(1). De kinetiske energiturbinerne skiller seg fra tradisjonell vannkraft hvor vannet blir demmet opp og fallhøyden blir utnyttet. De kinetiske energiturbinerne utnytter vannstrømmen direkte og ingen permanente inngrep i naturen er nødvendig. På verdensbasis foregår det mye forskning på å utnytte den kinetiske energien i strømmende vann. Dette kan være havstrømmer, tidevannstrømmer eller store elver. I Norge har Statens vegvesen undersøkt mulighetene for å plassere kinetiske energiturbiner i forbindelse med en fergefri E39. Det vil si at turbinenehetene blir fastmontert på brokonstruksjoner eller senkebroer og utnytter den kinetiske energien i vannet som strømmer inn og ut av fjordene ved flo og fjære(2).

Det finnes mange ulike utforminger på de kinetiske energiturbinerne. De kan deles inn i to hovedgrupper, horisontal- og vertikalakslede. Innenfor disse gruppene finnes det også undergrupper som er delt opp etter hvordan rotoren er utformet. En detaljert beskrivelse av ulike typer teknologi, type turbiner og rotor er gjort av Khan et al.(3).

Vår tubin er horisontalakslet med en arkimedesskrue som rotor. Det er ikke funnet kommersielle eksempler på dette, men litteraturen beskriver Gorlov-rotoren som den mest effektive av rotorene i dag. Gorlov-rotoren har akselen vinkelrett på vannstrømmen med en skruelignende form, denne skrueformen er også å finne igjen i arkimedesrotoren.

Kinetiske vannkraftverk dukker stadig opp rundt omkring i verden. Hastings hydrokinetic power plant er et eksempel på dette. Det befinner seg i Mississippi elven i USA og har en installert effekt på 250 kW. Tubinene er plassert nedstrøms for et tradisjonelt kraftverk og suspendert i vannet ved hjelp av flytebrygger. Tilsvarende prinsipp har Strøm til Watt benyttet til vår enhet. I Norge ble det i 2003 installert en tidevannstubin i Kvalsundet, Finnmark. Denne har en installert effekt på 300 kW og en rotordiameter på 22 meter. Den står fastmontert på bunnen, 50 meter under overflaten. Samme bedrift arbeider nå med å sette ut kinetiske energiturbiner i Skottland, i et sund mellom to øyer med en installert effekt

Strøm til Watt	12.05.2015
Evalueringsrapport	Versjon 1.0

på 10 MW. Mye fokus er selvfølgelig rettet mot store anlegg med høy effekt, men det er viktig å ikke glemme de små bidragsyterne. Hvis man har mange nok av de små vil dette gi et enormt bidrag.

## 4 Oppnådde prosjektmål

### 4.1 Prosjektmål

Strøm til Watt har utviklet et produkt via prototypetesting, og laget planer for systemet i fullskala størrelse. Ved hjelp av prototyper og undersøkelser har vi funnet et produkt som kan utnytte elvas kinetiske energi på en god måte. Produktet er lett å installere og det trengs ingen omfattende søknadsrunde. I tillegg finnes det et sporingssystem på enheten som gjør det vanskelig å stjele enheten. Strøm til Watt mener at vi har nådd målene med oppgaven.

### 4.2 Prosjektøkonomi

Økonomien har vært vanskelig i prosjektet. Å utvikle noe med begrenset økonomi har krevd mer tid og unøyaktighet enn det som er optimalt. Et eksempel er utviklingen av rotor i runde 4. Vi sto med en generator til en pris av 929 kr, som var litt for stor til prototypen. Uten tid og penger til å kjøpe en ny måtte vi bygge en rotor som ikke var optimal i henhold til tidligere tester. Vi brukte 64 timer på å produsere den. Ved hjelp av den agile modellen og handlingskraft i gruppen ble vi likevel ferdig. Vi hadde et budsjett på 1500 kr, den endelige prototypen endte på 1625 kr. Nedenfor er regnskapet for prototypen vist.

Tabell 2: Regnskap for prototype

Regnskap	Stk.	Kvantum	Pris	Sum
3D Printer	2	kg	250	500
Generator	1	stk	929	929
Lyspære	1	stk	10	10
Polyester	1	1 kilo	119	119
Herder	1	20 gram	27	27
Koster	1	stk	40	40
<b>Sum</b>				<b>1625</b>

## 5 Prosjektgjennomføring

### 5.1 Prosjektmodell

Den agile iterative inkrementelle modellen har fungert veldig bra for gruppen. Det at vi har hatt mulighet til å endre oss raskt og smidig har vært en styrke i prosjektet. I situasjoner hvor problemer har oppstått har vi omstrukturert oss, og funnet løsninger.

Agile modeller verdsetter generaliserende spesialister. En generaliserende spesialist er en person som har en eller flere spesialiteter og som samtidig har breddekunnskap. I gruppen har alle fungert som generaliserende spesialister, da alle har hatt forskjellige styrker og kunnskapsområder. Det var litt usikkert i begynnelsen av prosjektet om vi klarte å utnytte oss av det, og stole så mye på hverandre at vi ikke satte spørsmålstegn ved andres avgjørelser. Etterhvert i arbeidet har vi bedre og bedre utnyttet hverandres sterke sider. Noe som har gjort gruppen sterk og effektiv.

Det blir anbefalt daglige møter i agile prosjekter, for å utveksle viktig informasjon og å holde hverandre oppdatert om endringer i prosjektet. Strøm til Watt har gjennomført daglige møter gjennom nesten hele prosjektet. Spesielt viktig har det vært fordi vi har sittet på forskjellige steder.

Modellen har hjulpet oss til å oppnå planlagte mål og gode resultater i prosjektarbeidet. De agile metodene har vært et viktig rammeverk for å takle uforutsigbarheten i prosjektet.

### 5.2 Prosjektverktøy

Microsoft Project har fungert bra som prosjektverktøy, men det å lære seg programmet har tatt mye tid i prosjektet. Blant annet var det i starten vanskelig å vite hva som ikke ville fungere. Timelisteføringen ble etterhvert flyttet ut av programmet. Grunnen til dette var at det ikke ble registrert avvik når det ble ført flere timer brukt enn estimert, ergo ingen timeavvik.

### 5.3 Prosjektarbeidet

Strøm til Watt har diskutert mye. Gruppen består av individer med sterke meninger og vi mener vi har kommet frem til bedre løsninger ved konstruktive diskusjoner. Gruppen har også vært veldig flinke til å hjelpe hverandre når det har vært nødvendig.

Vi har sakte men sikkert blitt mer kjent med hverandre. Innleveringen til første presentasjon var kaotisk og utmattende for gruppen, mens innleveringen til andre presentasjon var mye roligere og alt var mye mer avklart. Nå før tredje innlevering er det god stemning i gruppen og vi følger tidskjema uten overskridelser. Ingenting er kaotisk.

Strøm til Watt har hatt mange morsomme dager, men også vanskelige dager. Når det er sagt har vi laget et godt produkt, med mange muligheter. Vi har utnyttet alle resursene på gruppen. Ved å dyrke interessene og styrken til medlemmene har vi produsert et godt og gjennomtenkt produkt, der alle har hatt læringsutbytte i prosessen.

### 5.3.1 Iterasjoner/Runde evaluering

Iterasjonene har hjulpet gruppa å holde fokus på målene, finne risikomomenter og se problemer, også før de oppstår. Fra starten av prosjektet har Strøm til Watt jobbet ut fra en prosjektankegang med prototypetesting i sentrum. I tillegg har prosjektet tatt sikte på å starte med de mest elementære tekniske funksjonene først. Det vil si at vi først har arbeidet med turbinens rørutforming deretter gått over til rotor, og videre ut i mindre og mindre vitale funksjoner for turbinen.

#### Runde 1

I denne runden ble det jobbet med utformingen av turbinrør, effektmåling fra generator og mye undersøkelser på sikkerhetssystemet og websideutforming. Testene på rørutformingen viste at effektforskjellen på rørene var liten. Det ble derfor konkludert med at vi skulle ha rotoren i et rett rør. Funksjonen av røret er her ment som beskyttelse for rotoren. Arbeidet med å finne den beste måten å måle effekten til prototypen vår ble gjennomført og vi fikk gjort en vellykket test. Testen viste at vi ikke hadde nådd kravet om virkningsgrad på prototypen på 5 %. Dette var tidlig i prosjektet og det ble ikke sett på som en stor risiko.

#### Runde 2

I denne runden begynte vi å se på rotor og gjorde en del tester på forskjellige typer. Det ble også sett på turbulens i forhold til turbinrørets lengde. Det ble gjort undersøkelser på generatorer, grunnleggende koding for GSM og GPS modulen til sikkerhetssystemet. Etter testing av forskjellige rotor kom vi frem til at en arkimedesrotor var den som gav oss mest effekt. Det ble derfor konkludert med at denne ble tatt videre inn som design. Dette var en spennende konklusjon da dette kom til å gjøre Strøm til Watt sin kinetiske vannturbin enestående i sitt slag på markedet.

Etter en del undersøkelser på generatorer ble det konkludert med at vi måtte ha en ny generator til prototypen vår for å nå kravet om virkningsgrad på 5 %. Dette ble ikke nådd i denne runden, risikoen for ikke å nå kravet økte litt. Utbedring av arkimedesrotorer ble planlagt i runde 3.

#### Runde 3

Det ble sett på utbedringer som kunne gjøres på arkimedesrotorene og det ble konstruert en enda bedre teknisk oversikt etter iterasjoner. Etter en del problemer med å forstå hele problemstillingen rundt off-grid systemet, ble det gjort en grundigere forstudie. Det ble også sett på om funksjonaliteten eventuelt var for avansert til å konstrueres helt fra bunnen av. Hovedoppsettet til Strøm til Watts webside ble satt opp.

Elvetest 3 konkluderte med endelig utforming av arkimedesrotoren. Den nye generatoren var ikke kommet, så kravet om virkningsgrad på 5 % ble ikke nådd.

#### Runde 4

Denne runden hadde vi fokus på å nå systemkravet om virkningsgrad på 5 % på prototypen. Det ble funnet ut at generatoren var overdimensjonert for den daværende prototypen vår med rotordiameter på 10 cm. Hvis vi bygde en rotor med 35 cm i diameter ville den kunne brukes. Det hadde frem til da blitt brukt gamle DC-motorer til å hente ut energi med

Strøm til Watt	12.05.2015
Evalueringsrapport	Versjon 1.0

prototypen. Vi antok at disse var problemet og at dette var på grunn av for høyt effekttap. I runde 4 ble utviklingen av off-grid systemet a jour med planene. Sikkerhetssystemet ble liggende litt etter grunnet problemer med flere feil, men her ble det bestemt at det skulle føres over flere ressurser for å hjelpe utviklingen av sikkerhetssystemet a jour.

## Runde 5

Etter mye tidkrevende jobbing på prototypen i foregående runde, ble ressurser satt inn på å bli ferdig med design av de planlagte subsystemene. På slutten av runden var vi ikke blitt ferdig med alt det var satt tidsfrister på, men vi hadde forutsett denne risikoen og hadde ekstra tid i uke 19. Nå når vi er ferdig med all planlagt design, synes vi at vi sitter igjen med et godt gjennomført og helhetlig produkt.

### 5.3.2 Elektroevaluering

Elektrodelen i dette prosjektet har vært å konstruere et operativt off-grid system, samt ta del i design av deler til systemet da dette har hatt stor innvirkning på generatorvalg. Det har blitt gjort mye spennende, morsomt og motiverende arbeid gjennom dette semesteret, noe som gjenspeiler seg i resultatet vi har kommet frem til.

Vi bestilte en generator som hjalp oss å nå målet om å ta ut minimum 5% av den tilgjengelige energimengden ved en vannstrøm på 1,5 m/s. I starten av dette prosjektet regnet vi med at valg av generator skulle gå raskt og smertefritt da dette var en komponent vi kunne tilpasse systemet. Vi fant ut at dette valget måtte utsettes til slutten av prosjektet. Grunnen til dette var at flere ukjente variabler som hadde innvirkning på et optimalt generatorvalg måtte tilpasses rotorstørrelse og design. Vi ventet helt til runde 3 før vi bestilte generator til prototypen. Ut fra beregninger, tester og innhentet informasjon bestilte vi en generator som skulle passe til rotordesignet vi hadde kommet frem til, med en diameter på 18 cm. Da vi fikk generatoren fant vi ut at denne var riktig, men giringen som fulgte med var feil. Et system med en rotordiameter på 18 cm kunne ikke rotere et generatorskaft med et moment større enn 6 kg\*cm, noe som ble et problem da generatoren var giret med et tyngere gir. Dette giret krevde et moment større enn 9 kg\*cm. Vi måtte da tilpasse systemet og vi skalerte prototypen opp til en diameter på 35 cm. Systemet var da i stand til å generere elektrisitet og rotere generatoren med moment større eller lik 9 kg\*cm.

Videre i prosjektet har elektroarbeidet gått ut på å designe et off-grid system for å frakte strømmen fra generatoren til boenheten hvor elektrisiteten skal brukes. Det har vært utfordrende og spennende å designe et slikt system, men det har vært perioder hvor det har vært vanskelig. Om det skal trekke frem noe som burde vært gjort annerledes i dette prosjektet så skulle det ha vært en person til med elektrobakgrunn med på gruppen. Det har til tider har vært frustrerende og vanskelig å være den eneste på gruppen med bakgrunn fra dette fagfeltet. Det hadde vært en fordel å være 2 fra samme fagfelt slik at vi i større grad kunne diskutert og hjulpet hverandre i prosessen.

### 5.3.3 Dataevaluering

Den grunnleggende kodingen for GPS- og GSM-modulene ble gjennomført, men litt etter skjema. Dette var grunnet feiloppretting som tok veldig lang tid. Et annet problem som oppsto underveis i prosessen, var begrensningene ved å ha arduino som mikrokontroller. Da tilleggsmodulene som GPS og GSM brukte samme pinneporter, men forskjellig overføringshastighet rate på mikrokontrolleren. Samtidig som arduinoen ikke kan kjøre flere prosesser på en gang. Derfor måtte vi tenke anderledes og bygge opp ny struktur på koden.

Denne delen av oppgaven skulle egentlig være klar allerede i runde 3, men grunnet utfordringene som oppstod ble det ikke klart før i runde 4. Alle kravene vi hadde til denne delen av prosjektet ble tilfredstilt. Vi hadde et ønske om å legge til noen ekstra "luksusegenskaper" om vi fikk tid. Det ble imidlertid prioritert å få på plass en batteriovervåkingsmodul mot slutten av prosjektet da vi mente at dette var en nødvendig del å ha med. Dessverre ble det ikke tid til å lage en mobil-app til overvåking av systemet, noe vi hadde ønske om hvis det ble tid til overs.

Det har vært veldig morsomt, spennende og ikke minst utfordrende å lage et slikt system. Vi er veldig fornøyd med sluttproduktet, og er overrasket i positiv forstand over hva vi har klart å lage. Ved å dele systemet opp i mindre deler i stedet for å gå løs på hele systemet som en oppgave, ble det enklere å se for seg hva som trengte til systemet. Noe som ville gjort det enklere hadde vært å være to på gruppa med samme fagbakgrunn. Når man står fast på et problem og bruker flere timer på å finne en løsning, kunne det vært løst på mye kortere tid ved å hatt en å diskutere problemet med.

### 5.3.4 Konstruksjon-, modellering- og simuleringsevaluering

Under prosjektet har vi hatt bruk for forskjellige prototyper. Disse ble modellert i SolidWorks ut fra ideer som gruppen i forkant hadde gjort research på. Disse 3D-modellene ble så printet ut i ABS-polymer med en 3D-printer. Det ble også modellert komponenter som har blitt brukt til å eksempelvis feste rotorene og motorene.

På grunn av økonomiske forutsetninger ble det brukt en del resirkulerte materialer som ikke var optimale. Dette har begrenset oss i hvor langt vi har kunnet ta prosjektet i henhold til prototyping og konstruksjon. I begynnelsen av prosjektet regnet vi med at SolidWorks kunne brukes til fluidsimuleringer, men dette programmet støttet dessverre ikke de funksjoner som vi ønsket å simulere. Dette gjorde det vanskelig å bruke, og resultater som vi har kommet fram til er først og fremst basert på tester og ikke på simuleringer. Vi har brukt SW til å simulere spenninger som opptrer i konstruksjonene.

### 5.3.5 Beregning- og testevaluering

Testing underveis i prosjektet har foregått ved hjelp av prototyper som er bygget av prosjektdeltagerne. Arbeidet med bygging av prototypene ble nok vanskeligere enn vi hadde forestilt oss til å begynne med, da vi hadde begrenset med verktøy og maskiner til selve byggingen. Det var viktig for oss å se prototypen i bruk. Dette var ikke bare verdifullt i forhold til målingene vi gjorde, men også for å se elva og hvilke muligheter og problemer som kan oppstå ved en fullskala modell. I tillegg fikk gruppa en felles forståelse av hva vi skulle

utvikle og kunne ta raske avklaringer på veivalg videre i prosessen. Da oppdragsgiver også har vært med på testing av prototypene, fikk vi fått kontinuerlig bekreftelse på at vi var på rett vei.

I løpet av prosjektet har det blitt gjort alt fra veldig enkle til veldig kompliserte beregninger. Gjennom faget fluidmekanikk har maskinstudentene fått grunnlag til å gjøre fluiddynamiske beregninger. Å regne ut tilgjengelig energien i en vannstrøm er enkelt og vi skjønnte tidlig potensialet i et kinetisk portabelt vannkraftverk. Den store utfordringen kom da vi skulle bestille en generator til den endelige prototypen. Vi regnet etter beste evne ut nødvendig moment, hastighet og de variablene rotoren kunne produsere og bestilte en generator ut fra dette.

Problemet oppstod da vi endelig mottok generatoren og denne ikke var riktig giret i forhold til hva vi bestilte. Heldigvis er vi en tilpasningsdyktig gjeng og fant fort ut at størrelsen på rotoren måtte økes. Dette ble gjort i forhold til hva generatoren kunne levere og vi endte opp med å nå kravet for produksjon av strøm ved hjelp av prototypen. På samme måte valgte vi generatoren til fullskala modellen.

#### **5.4 Hva ville vi ha gjort anderledes**

Hadde vi startet på nytt ville vi ha fokusert på å bli bedre kjent før starten av prosjektet. Vi har erfart at å stole på hverandre er viktig, spesielt for å gjøre arbeidet mer effektivt. Vi opplevde at den delen av samarbeidet der alle var mest usikre på hverandre, var den perioden der det hadde vært en fordel å være sikre på hverandre. Perioden før 1. presentasjon var preget av kommunikasjonsproblemer. Det at alle jobber mot samme mål er viktig når det er litt udefinert hva målet er. Problemene i starten hadde nok vært mindre om vi hadde vært færre på gruppen, men da hadde vi ikke klart å levere det vi nå har utviklet.



## 6 Konklusjon

Arbeidet med bacheloroppgaven har vært en spennende og læringsrik prosess. Ved å jobbe sammen gjennom dette halve studieåret har vi laget planer for et kinetisk elvekrafteverk som er tenkt brukt i forbindelse med hytter eller som et energisupplement for husstander.

Viktigere er kanskje hva vi har lært på veien frem til disse planene. Vi har lært hverandre å kjenne på en helt annen måten enn vi gjorde fra før. Gode og dårlige sider hos gruppemedlemmene kommer godt frem særlig når tidsfristene nærmer seg. Vi har tatt lærdom av denne erfaringen og blitt en mer sammensveiset gjeng ettersom tiden har gått. Vi har også i løpet av prosessen blitt flinkere til å utnytte de verktøyene vi har jobbet med.

Når det gjelder det faglige har vi lært mye om vannkraftverk, både kinetiske og tradisjonelle. Vi har fått et innblikk i hvordan folk rundt omkring i verden prøver å skape grønn energi ved å utnytte strømmende vann. I tillegg har vi lært mye om strømstyring, datakommunikasjon og mekanikk. Det tverrfaglige arbeidet har gjort det til en veldig spennende oppgave. Med fagområdene, data, elektro og maskin, har vi fått innblikk i hverandres fagfelt og hvilke muligheter som ligger innenfor hver av disse. Dette mener vi en viktig erfaring å ta med seg videre ut i arbeidslivet. Det er lettere å se mulige løsninger på et problem når man kan se hele bildet.

Gjennom prosjektet har vi også møtt på problemer som vi rett og slett ikke visste svaret på. Disse utfordringene har gjort at vi måtte tilegne oss ny kunnskap, enten ved hjelp av tilgjengelig litteratur eller spørre andre medlemmer av gruppen og/eller veiledere.

Strøm til Watt	12.05.2015
Evalueringsrapport	Versjon 1.0

## 7 Referanser

1. Vannkraft <http://www.statkraft.no/energikilder/vannkraft/>; Statkraft.no; [12.05.2015 ].
2. Technology survey for renewable energy. Integrated to bridge constructions [http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Publikasjoner/Statens+vegvesens+rapporter/\\_attachment/328174?\\_ts=136c4737638&fast\\_title=Technology+survey+for+renewable+energy+integrated+to+bridge+constructions%3A+Wave+and+tidal+energy.pdf](http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Publikasjoner/Statens+vegvesens+rapporter/_attachment/328174?_ts=136c4737638&fast_title=Technology+survey+for+renewable+energy+integrated+to+bridge+constructions%3A+Wave+and+tidal+energy.pdf): vegvesen.no; [06.05.2015].
3. M.J. Khan GB, M.T. Iqbal, J.E. Quaicoe. Hydrokinetic energy conversion systems and assessment of horizontal and vertical axis turbines for river and tidal applications: A technology status review. 2009(86):1823-35.
4. Haugvaldstad M. Vurdering av agile prosjektledelse metoder: UiS DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET.