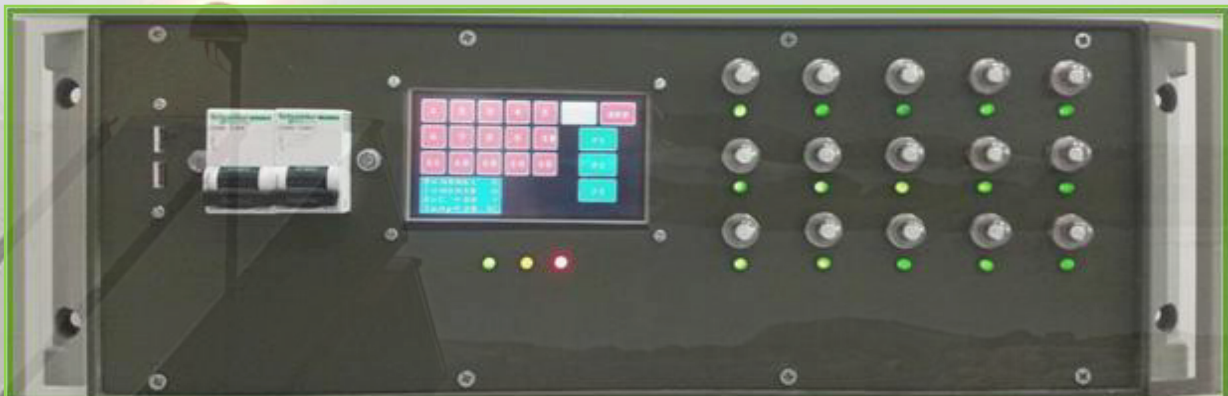




KONGSBERG



Increase the longevity of your battery powered system



Hovedrapport Longevity

Graceful Degradation System

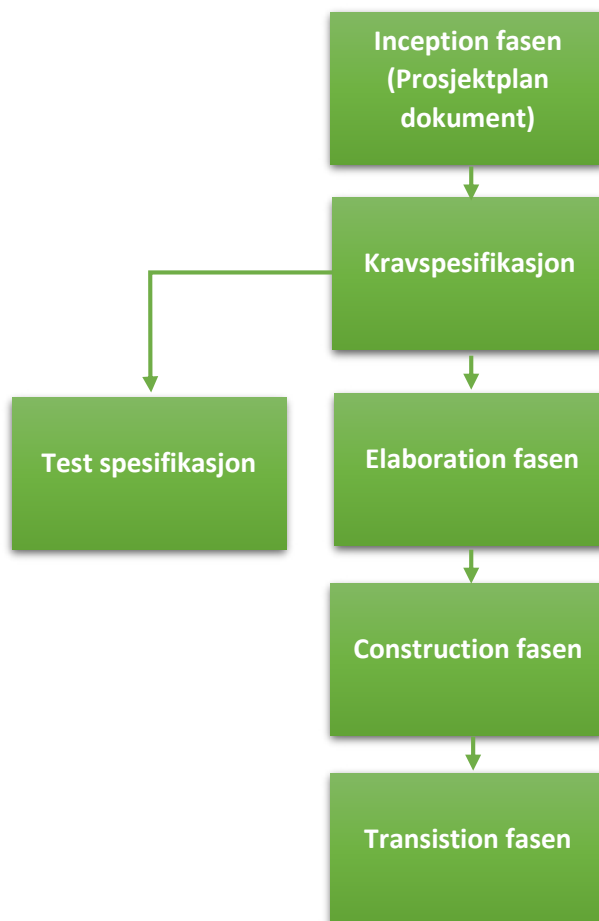
Oppdragsgiver:	Kongsberg Defence Systems	
Gruppemedlemmer	Navn	Initialer
	Arber Demiri	AD
	Thor Erik Sivertsen	TES
	Magnus Thorkildsen	MT
	Tore Martin Flataas	TMF

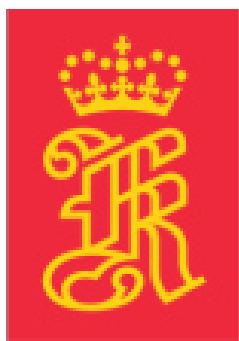


Dokument oversikt

Dette dokumentet beskriver hvordan prosjektgruppen Longevity har gjennomført hoved prosjektet. Etter å ha lest dette dokumentet bør leserne ha en forståelse av hvordan gruppen har jobbet seg fra brukerkrav til kravspesifikasjon, konseptutvikling og videre til ferdig prototype. Dokumentet forteller også hvordan arbeidet er gjort for å sikre kvaliteten på produktet og prosessen, samt hvilke verktøy og prosesser som er brukt i prosjektet.

Dette dokumentet er en samling av alle rapportene som er skrevet underveis i prosjektet mens prosjektgruppa har fulgt prosjekt modellen Unified Process.





KONGSBERG



Increase the longevity of your battery powered system

Prosjektplan dokument

Longevity

Oppdragsgiver

Kongsberg Defence Systems

Gruppemedlemmer

Navn

Initialer

Arber Demiri

AD

Thor Erik Sivertsen

TES

Magnus Thorkildsen

MT

Tore Martin Flataas

TMF

Versjon

Revisjon

Dato

**Godkjent
av**

**Antall
sider**

0.1

11.01.16

MT

20

0.2

01.02.16

TMF

30

0.3

28.01.16

TES

36

1.0

05.02.16

TES

36

2.0

30.03.16

TES

44

3.0

19.05.16

TES

44

1. Sammendrag

Dette prosjektplan dokumentet beskriver hvordan prosjektgruppen har gjennomført planleggingen av prosjektet. Dokumentet beskriver også hvilke verktøy og prosesser som er brukt i oppstartsfasen for å planlegge prosjektet videre. Etter å ha lest dette dokumentet bør leserne ha en forståelse av hva gruppen skal produsere, hvordan gruppen vil sikre kvaliteten på produktet og prosessen, samt hvordan utviklingen videre i prosjektet vil foregå.

2. Dokumenthistorie

Revisjon	Dato	Godkjent av	Beskrivelse
0.1	11.01.16	MT	Oppretting av dokument.
0.2	01.02.16	TMF	Revisjon 1.
0.3	04.02.16	TES	Revisjon 2.
1.0	05.02.16	TES	Revisjon opp mot innlevering av dokument.
2.0	25.03.16	TES	Endret til ny dokumentstandard.
3.0	19.05.16	TES	Oppdatert til endelig standard.

3. Innholdsfortegnelse

1. Sammendrag	2
2. Dokumenthistorie	2
3. Innholdsfortegnelse	3
4. Figur liste	5
5. Innledning.....	1
6. Organisasjon.....	2
6.1 Arbeidsgiver.....	2
6.1.1 Bakgrunnsinformasjon	2
6.2 Gruppemedlemmer	3
6.3 Interessenter/aktører	5
6.3.1 Aktive interessenter	5
6.3.2 Passive interessenter.....	6
6.4 Kommunikasjon	7
6.4.1 Intern kommunikasjon	7
6.4.2 Ekstern kommunikasjon	7
6.4.3 Oppfølging	7
7. Hovedoppgaven	8
7.1 Problemstilling.....	8
7.1.1 Gruppens tolkning av problemstillingen	9
7.1.2 Etterspørsel i markedet.....	9
7.1.3 Hovedfokus.....	10
7.1.4 Konsept.....	11
7.1.5 System overview	12
7.2 Prosjektets rammer	13
7.3 Mål for prosjektet.....	13
7.3.1 Kortsiktige mål.....	13
7.3.2 Langsiktige mål	14
8. Prosjektmodell	15
8.1 Modellens 4 faser	16
8.1.1 Inception.....	16

8.1.2	Elaboration	17
8.1.3	Construction	18
8.1.4	Transistion	19
8.2	Prosjektets 9 disipliner	20
8.2.1	Ingeniør disipliner.....	20
8.2.2	Støtte disipliner	21
9.	Time management	22
9.1	Fremdriftsplan	22
9.1.1	Oppsett og utforming.....	22
9.1.2	Tidslinje.....	23
9.1.3	Gant Diagram	24
9.1.4	24
9.2	Timebudsjettering	25
10.	Økonomistyring	26
10.1	Budsjetteringsprosessen.....	26
10.2	Budsjetteringsfasen	27
10.3	Budsjett	27
11.	Quality Management	29
11.1	Kvalitets verktøy.....	29
11.1.1	Analysis-synthesis-evaluation	29
11.2	Dokument maler	30
11.2.1	Kravspesifikasjoner.....	30
11.2.2	Møte referat og innkallinger	30
11.2.3	Oppfølgingsdokument.....	31
11.2.4	Logg	31
11.2.5	Avviksrapport	31
11.2.6	Akademisk rapport mal	32
11.2.7	Gruppe kontrakt	32
11.3	Life cycle assessment	32
11.4	Plan for kvalitets sikring	32
11.5	Plan for kvalitets sikring	33
12.	Risk management	34
12.1	Hvorfor Risikoanalyse?.....	34

12.2	Risiko Analyse.....	34
12.2.1	Risikoer forbundet med administrering.....	36
12.2.2	Risikoer forbundet med personell	36
12.2.3	Risikoer forbundet med ressurser.....	36
12.2.4	Risiko forbundet med Software og hardware	36
12.2.5	Risiko forbundet med leverandører	36
12.3	Risiko plan	37
13.	Referanser	39

4. Figur liste

Figur 1. Primary Stakeholders & Concerns.....	5
Figur 2. Secondary Stakeholder & Concerns	6
Figur 3. Innsiden av en C2 kommandosentra	8
Figur 4. Key Focuses	10
Figur 5. Initial Concept	11
Figur 6. System Overview	12
Figur 7. Unified Process Model.....	15
Figur 9. Elaboration cycle	16
Figur 9. Elaboration cycle	17
Figur 10. Construction cycle	18
Figur 11. Transition cycle.....	19
Figur 12. Tidslinje	23
Figur 13. Gant Fremdriftsplan	24
Figur 14. Inception fase og Figur 15. Elaboration fase	25
Figur 16. Construction fase og Figur 17. Transistion	25
Figur 18. Budsjetteringsfasen.....	26
Figur 19. Budsjett kakediagram.....	28



5. Innledning

Dette hovedprosjektet har prosjektgruppen Longevity skaffet gjennom KDS (Kongsberg Defence System). KDS har et ønske om å se potensiale i våres bachelor oppgave, for å kunne videreutvikle oppgaven i fremtiden. Hovedprosjektet er en del av avslutningen for bachelor graden, hvor vi skal bruke kunnskapen vi har tilegnet oss gjennom studietiden til å løse hovedoppgavens problemstilling som lyder: ***Vi skal designe, dokumentere og eventuelt bygge en enhet som styrer "graceful degradation" av 28 VDC abonnenter i et C2 (Command & Control) system.*** Det vil si en strømfordelings enhet som regulerer batterinivået i et C2 system ved å stenge ned ikke prioriterte kurser, for å øke batterikapasiteten lengst mulig.

Gruppen består av fire elektro studenter med fordypning i kybernetikk og mekatronikk. Alle har fagbrev innen elektro, tre innen elkraft og en innen automasjon. Hovedoppgaven er en utfordrende oppgave, noe som krever at gruppemedlemmene samarbeider godt gjennom hele prosjektet og står på for å tilegne seg den kunnskapen som trengs for å løse utfordringer som måtte komme underveis. Det er derfor viktig at gruppen deler opp arbeidet slik at ikke alle medlemmene jobber med det samme, da vil prosjektet ta all for lang tid.

Prosjektgruppen har vært nødt for å velge en passende prosjektmodell som skal være gjeldende under hele prosjektet. Gruppen har valgt å følge en Unified Process modell som inneholder iterere og inkrementelle aspekter. Denne modellen er bygget opp av 4 hovedfaser som igjen består av aspekter man skal jobbe med. Vi har selv bestemt hvor mange ganger vi skal igjennom disse aspektene på en iterer måte. Prosjektets fremdrift er delt opp i 3 faser fra HSN sin side med en presentasjon i hver fase.

Presentasjon 1:

Presentasjonen skal være en introduksjon til prosjektet, altså hva prosjektet går ut på hvordan vi vil gjøre det, hvordan vi ligger an og hva som skjer videre. Her er det prosessen som er det vesentlige.

Presentasjon 2:

Presentasjon to skal inneholde valgt konsept, litt mer tekniske detaljer og hvordan vi ligger an i forhold til veien videre i prosjektet.

Presentasjon 3:

Den tredje presentasjonen er hoved presentasjonen. Denne skal inneholde 2 deler, hvor den ene skal være salg av produktet og den andre skal være den tekniske delen.



6. Organisasjon

6.1 Arbeidsgiver

Vår oppdragsgiver for bachelor prosjektet er Kongsberg Defence Systems (KDS), som er en undergruppe i Kongsberg Gruppen. Kongsberg Defence Systems lager i all hovedsak produkter rettet mot forsvar og romfart.

6.1.1 Bakgrunnsinformasjon

Kongsberg Gruppen er et internasjonalt teknologikonsern som leverer høyteknologiske systemer for olje og gass virksomheten, forsvar, maritim og romfartsindustrien. I 1996 byttet Kongsberg Våpenfabrikk navnet sitt til Kongsberg Gruppen ASA. Kongsberg Gruppen har rundt 7500 ansatte, med hovedkontoret plassert her i Kongsberg. Kongsberg Gruppen har kontorer i over 25 land som sikrer tilgang til alle de viktige markedene og en ikke mindre viktig en nærhet til kundene.

Kongsberg Gruppen er delt inn i fire forretningsområder:


- Kongsberg Maritime, Kongsberg Oil & Gas Technologies, Kongsberg Defence Systems og til slutt Kongsberg Protech Systems.
- Kongsberg Defence Systems er Norges ledende leverandør av forsvars- og romfartsrelaterte systemer. Det omfatter leveranser av produkter og systemer for kommando og kontroll, våpenstyring og overvåkning, kommunikasjonsløsninger og missiler. Kongsberg Defence Systems produserer også avansert kompositt- og engineering produkter til luftfarts- og helikoptermarkedet. Kongsberg Defence Systems er igjen delt inn i flere undergrupper: Missile Systems, Naval Systems, Integrated Defence Systems, Aerostructures, Defence Communications og Space and Surveillance.
- KDS/KDA har igjennom tidene utviklet mange spennende og interessante systemer. Noen av disse er meget anerkjent slik som den første passive varmesøkende antiskipsmissil kalt Pingvin («Penguin»), eller etterfølgeren Naval Strike Missile som er et sjømålsmissil med passiv bildedannende varmesøker som fyres av fra båt og bil.
- Ettersom Norge har bestemt seg for å anskaffe F-35, altså Joint Strike Fighter som skal erstatte F-16 flyene, trenger det norske luftforsvaret et moderne våpensystem for de nye flyene, og har besluttet å utvikle et nytt missil, Joint Strike Missile, JSM, som kan lagres både internt og eksternt på F-35 flyene.

6.2 Gruppemedlemmer

Tabell 1. Gruppemedlemmer

Gruppen består av 4 medlemmer hvor alle går Y-veien Elektro med spesialisering innen Kybernetikk og Mekatronikk. Gruppen har fått tildelt grupperom 2252 på Krona. Gruppen er tilstede på grupperommet hver onsdag, torsdag og fredag.

Personlig informasjon:	Rolle i prosjektet:	Beskrivelse:
Tore Martin Flataas  Elektro Ingeniør Kontakt: Flataas90@gmail.com TLF: 480 50 098 LinkedIn: https://www.linkedin.com/pub/tore-martin-flataas/85/98/684	Prosjekt leder Prosjekt og kvalitetsansvarlig	<p>Tore Martin Flataas er 25 år gammel og kommer fra Folldal i Nord Østerdalen.</p> <p>Han har tatt 3-årig videregående på Ringsaker videregående skole, retning elektro automasjon. Etter dette har han 2-årig teknisk befalsskole innen elektrooptiske våpen hvor han tok fagbrev i automasjon. Deretter har han jobbet 2 år i forvaret som befal ved Trandum tekniske verksted og 2. bataljon på Skjold i indre Troms. Nå går han 3-årig bachelor som elektroingeniør med spesialisering innen kybernetikk og mekatronikk.</p>
Arber Demiri  Elektro Ingeniør Kontakt: Arber.Demiri90@gmail.com TLF: 412 93 169 LinkedIn: https://www.linkedin.com/pub/arber-demiri/106/175/a5a	Gruppemedlem Software og Hardware ansvarlig.	<p>Arber Demiri er 25 år gammel og kommer fra Gulslogen i Drammen.</p> <p>Han har tatt 2-årig videregående på Rosthaug videregående skole, retning Elkraft. Han fikk så lærlingplass i elektrofirmaet Borge installasjon AS som ligger i Hokksund. Der fikk han meget bestått på fagbrevet i Elektrikerfaget. Etter dette begynte han på Tinius Olsen i Kongsberg og tok en 2-årig teknisk ingeniør utdanning innen elkraft. Nå går han 3-årig bachelor som elektroingeniør med spesialisering innen kybernetikk og mekatronikk.</p>

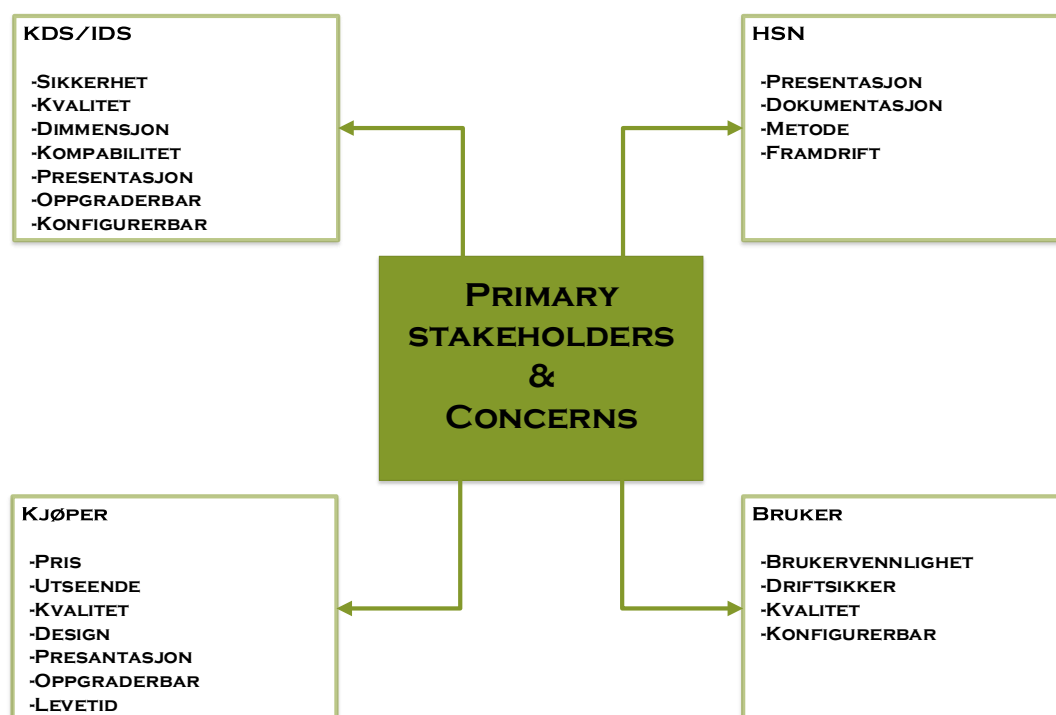
<p>Magnus Thorkildsen</p>  <p>Elektro Ingeniør Kontakt: Thorkildsen89@gmail.com TLF: 991 61 328 LinkedIn: https://www.linkedin.com/pub/magnus-thorkildsen/82/94b/1a8</p>	<p>Gruppemedlem</p> <p>Kontakt og progresjons-ansvarlig.</p>	<p>Magnus er 26 år gammel og kommer fra Konnerud i Drammen.</p> <p>Han har tatt 2-årig videregående skole på Åssiden videregående skole, retning Elkraft. Han fikk så lærlingplass i elektrofirmaet Elektrisk Produksjon AS. Der fikk han meget bestått på fagbrevet i Elektrikerfaget. Etter bestått fagbrev tok han førstegangstjenesten i marinen, stilling RDV, røykdykker og HKO ass. Etter dette begynte han på Fagskolen Tinius Olsen i Kongsberg og tok en 2-årig teknisk ingeniør utdanning innen elkraft. Nå går han 3-årig bachelor som elektroingeniør med spesialisering innen kybernetikk og mekatronikk.</p>
<p>Thor Erik Sivertsen</p>  <p>Elektro Ingeniør Kontakt: Thorerik.sivertsen@gmail.com TLF: 920 31 721 LinkedIn: https://www.linkedin.com/pub/thor-erik-berger-sivertsen/105/3a9/13</p>	<p>Gruppemedlem</p> <p>Oppsett og Dokumentasjons-Ansvarlig.</p>	<p>Thor Erik Sivertsen er 27 år gammel og kommer fra Slemmestad i Røyken.</p> <p>Han har tatt 2-årig videregående på Røyken Videregående, retning Elkraft. Han fikk så lærlingplass i BDM Elektro AS som ligger på Tranby. Der han fikk bestått på fagbrevet i Elektrikerfaget. Tok så førstegangstjeneste i Hans majestet kongens garde, hvor han hadde stilling som Scania-sjåfør og vakt. Etter dette begynte han på Tinius Olsen i Kongsberg og tok en 2-årig teknisk ingeniør utdanning innen elkraft. Nå går han 3-årig bachelor som elektroingeniør med spesialisering innen kybernetikk og mekatronikk.</p>
Intern veileder: Jørn Breivoll , tlf: 310 08 903, jorn.breivoll@hbv.no		
Ekstern sensor: Hans Ivar Østensen , tlf: 930 57 438, hans.ivar.oestensen@kongsberg.com		
Ekstern Veileder: Ole Martin Bråtane , tlf: 957 44 720, ole.martin.bratene@kongsberg.com		
Intern sensor: Mcclenaghan , Karoline Moholt , tlf: 31008898 Karoline.Moholth@hbv.no		

6.3 Interessenter/aktører

Prosjektgruppen har en rekke interessenter å ta hensyn til i utviklingen og produksjonen av enheten. Vi har derfor valgt å dele inn disse interessentene i to hovedgrupper, aktive og passive interessenter. De aktive interessentene er de som har direkte innvirkning på prosjektet. Dette kan for eksempel være oppdragsgiver, bruker og høgskolen, mens de passive interessentene har en indirekte innvirkning. Dette kan for eksempel være produsenter av ulike deler som må bestilles, helse miljø og sikkerhet eller andre lover og regler som kan ha en påvirkning på sluttresultatet.

6.3.1 Aktive interessenter

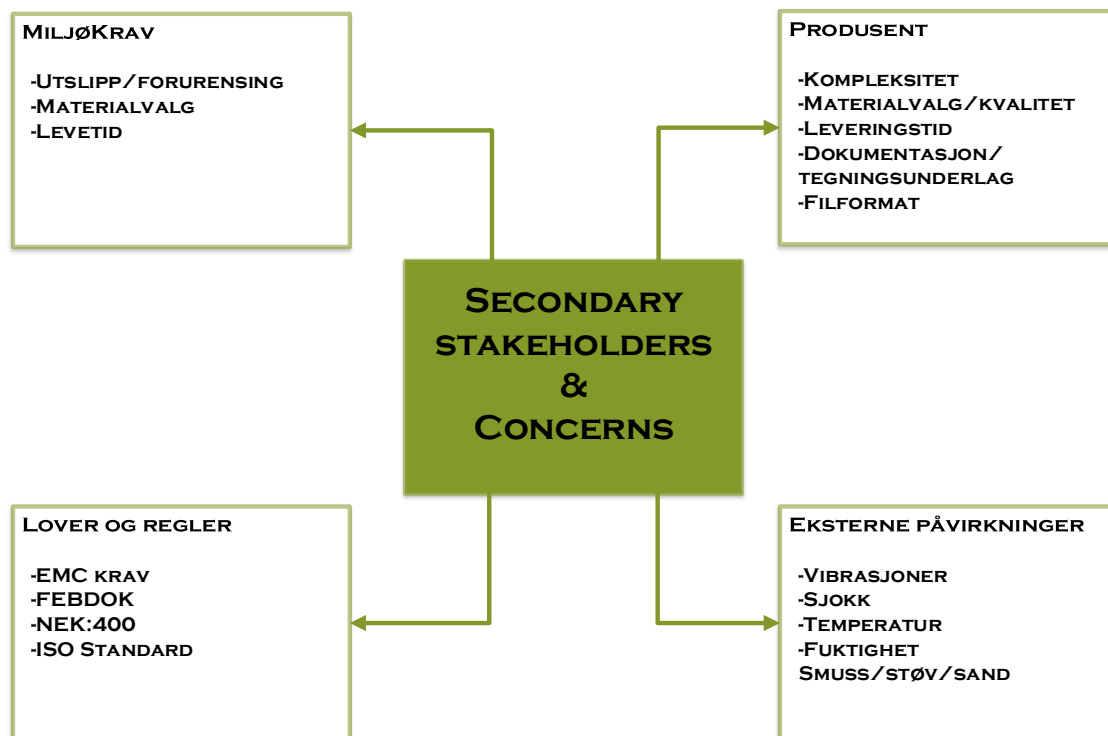
De aktive interessentene er oppdragsgiver (KDS), høgskolen (HSN), bruker og eventuell kjøper. Hver av disse interessentene har sine bekymringer som vi må ta hensyn til, og har derfor laget en figur som viser deres bekymringer. Se figur 1:



Figur 1. Primary Stakeholders & Concerns

6.3.2 Passive interessenter

De passive interessentene for dette prosjektet er produsenter av deler som vi er avhengig av, eksterne påvirkninger på enheten, ulike miljøkrav og alle lover og regler som påvirker utformingen av enheten. Her har vi laget en figur som viser deres bekymringer eller påvirkning til enheten. Se figur 2:



Figur 2. Secondary Stakeholder & Concerns



6.4 Kommunikasjon

Kommunikasjon er meget viktig for prosjekt gruppen for å sørge for at gruppemedlemmene er innenfor aktuelle tidsfrister med sine respektive oppgaver. God kommunikasjon er også meget viktig for å unngå misforståelser mellom gruppemedlemmene.

6.4.1 Intern kommunikasjon

Gruppen jobber som oftest sammen på tildelt grupperom i kjernetiden (08-15), noe som fører til god kommunikasjon. Hvilke arbeidsoppgaver som skal gjøres blir gjennomgått i plenum og noteres ned. Gruppen bruker også verktøy som Dropbox for å holde en bedre kontroll på dokumentasjon. Her får man advarsler hvis flere enn en er inne på samme dokument samtidig. Man ser også når dokumentet sist er redigert. Dropbox har også en fin funksjon som lagrer tidligere versjoner av dokumentene og man finner også tidligere slettede filer.

Foruten om kjernetiden er Facebook et nyttig verktøy for kommunikasjon. Her har vi opprettet egen Chat-gruppe som kun gruppemedlemmene kan se. Alle medlemmene har pc er hjemme og smart telefoner, noe som gjør Facebook til et meget hendig verktøy.

6.4.2 Ekstern kommunikasjon

Den eksterne kommunikasjonen vil være opp mot oppdragsgiver, intern veileder og sensor. Kommunikasjon opp mot oppdragsgiver vil være i form av mail, møter og telefon (om nødvendig).

Kommunikasjonen opp mot intern sensor og veileder vil i all hovedsak foregå ansikt til ansikt i kjernetiden (08-15), men også via mail og telefon (om nødvendig). All nødvendig dokumentasjon vil bli sendt på mail og skrevet ut og lagt i perm til Sensor og veileder.

6.4.3 Oppfølging

Som oppfølging av prosjektet er det lagt inn ukentlig oppfølging opp mot Intern veileder. Dette vil foregå via et ukentlig oppfølgingsdokument i forkant av ukentlig møte med veileder.

Opp mot ekstern veileder og sensor vil det være et lignende oppfølgingsdokument for hver 4 uke i prosjektet. Møter med veileder blir satt etter behov.

Opp mot alle parter i prosjektet vil det og være en oppfølging via presentasjoner. Det skal være 3 presentasjoner igjennom hele prosjektet. Hva presentasjonene inneholder finnes under punkt 1 Innledning.

7. Hovedoppgaven

7.1 Problemstilling

Oppdragsgiver, Kongsberg Defence Systems (KDS) har behov for en enhet som skal styre «graceful degradation» av 28V DC abonnenter i et C2 (Command & Control) system.

(Kongsberg, 2016)



Figur 3. Innsiden av en C2 kommandosentral

På innsiden av en C2 container

Slik systemet fungerer i dag så opererer C2 systemet på ordinær strømforsyning. Om strømforsyningen blir borte har systemet en backup i form av en batteripakke som forsyner hele C2 systemet med strøm frem til batteripakken er tom. Problemet med dette er at batteripakken blir fort tom for strøm ettersom alle forbrukerkurser er på, så KDS vil ha en enhet som forlenger batterikapasiteten ved hjelp av «graceful degradation».



7.1.1 Gruppens tolkning av problemstillingen

Selve enheten vil på en måte fungere som et automatisert sikringsskap, hvor enheten ut ifra programmert prioritet, skal stenge av forbruker kurser ettersom nivået på batteriet synker. Etter etterspørsel fra KDS skal det foregå en nedtrapping på 2-3 nivåer hvor et visst antall kurser stenges av for hvert nivå. Hvilke kurser som skal stenges av skal være konfigurerbart. Enheten skal ha en kommunikasjon opp mot operatørstasjonen og skal kunne overstyres både fra denne og manuelt ved hjelp av et slags bryterpanel på selve enheten. Det er også ytret et ønske om at enheten skal varsle med lyd og lys ved hver nedtrapping

7.1.2 Etterspørsel i markedet

For å kartlegge markedets behov og etterspørsel har vi tolket brukerkrav og diskutert utkast til kravspesifikasjon med oppdragsgiver. I tillegg har vi brukt verktøyet «story telling».

Selve etterspørselen i markedet kan oppsummeres slik:

Slik C2 system kjører i dag kobles systemet på en ekstern strømforsyning. Hvis denne strømforsyningen faller fra skal C2-systemets UPS-enhet kjøre umiddelbart over til batteridrift.

Slik systemet er i dag har operatøren kun 30-min før batteripakken er tom for strøm. Han har ikke muligheten til å nedprioritere unødvendige strømforbrukere, for å holde kritiske systemer operative lengst mulig på gjenværende batteridrift.

Med systemet vi skal utvikle har operatøren muligheten for å prioritere strømforbrukere i takt med batterikapasiteten. Dette gjør at systemets operative evne økes til det maksimale etter brukerens ønsker.

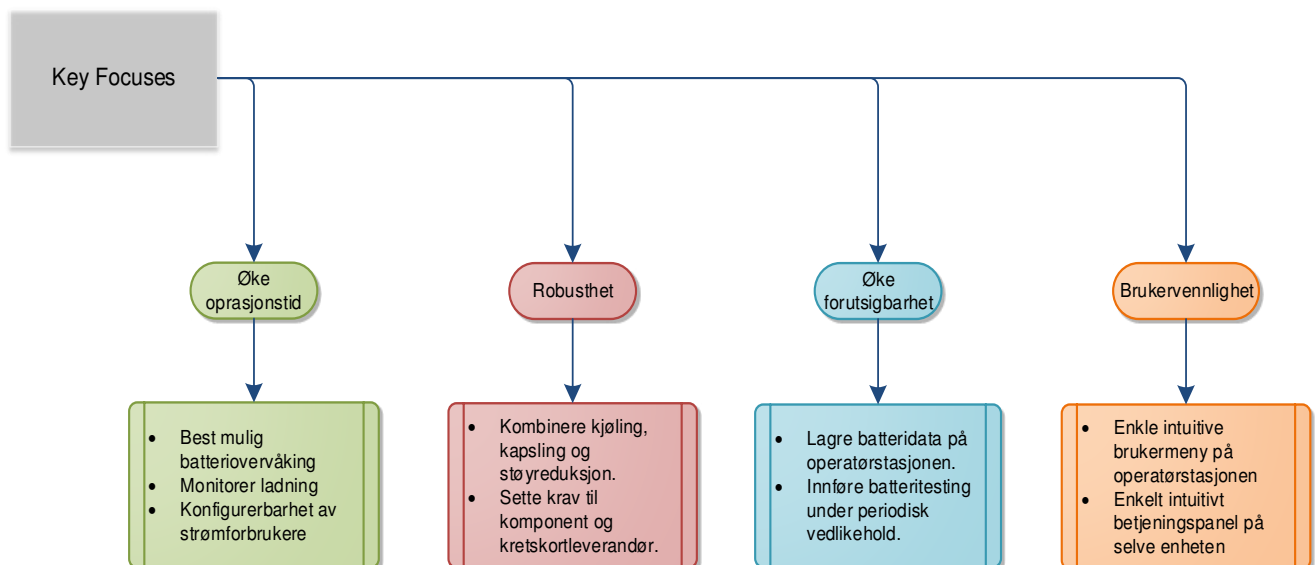
Ett eksempel på dette kan for eksempel være at etter en stund på batteridrift oppdager operatøren at gjenstående batterikapasitet er under 10-min. Han kan dermed bestemme seg for å manuelt skru av strømtilførselen til lys i kommandosentralen og heller bruke hodelykt for å presse det siste ut av batterikapasiteten. Dette gjør at operatøren kan overvåke luftrommet lengst mulig i en kritisk situasjon.

Enheten vi ønsker å produsere er laget som ett demosystem for situasjonen beskrevet over. Demosystemet vil derfor inneholde selve UPS enheten og ett gitt antall «dummy loads» som vil fungere som «forbrukere» i dette systemet. Forbrukerne ønsker vi å lage slik at de enten gir en form for visuell eller auditiv effekt slik at systemet kan simuleres på best mulig måte. Disse forbrukerne vil også fungere som en del av testutstyret til det ferdige produktet.

Som «operatørstasjon» ønsker gruppen å for eksempel benytte en pc. Via en pc eller en annen unit Interface kan operatøren varsles om overgang fra ekstern strømforsyning til batteridrift og batteriets kapasitet monitorers. Her kan også UPS enheten konfigureres til hvilke forbrukere som skal prioriteres og hvilke som skal nedprioriteres i takt med batterikapasiteten. Prioriteringen kan herfra settes både manuelt eller automatisk. I tillegg ønsker vi at man skal kunne styre forbrukerne manuelt fra ett panel på selve enheten.

7.1.3 Hovedfokus

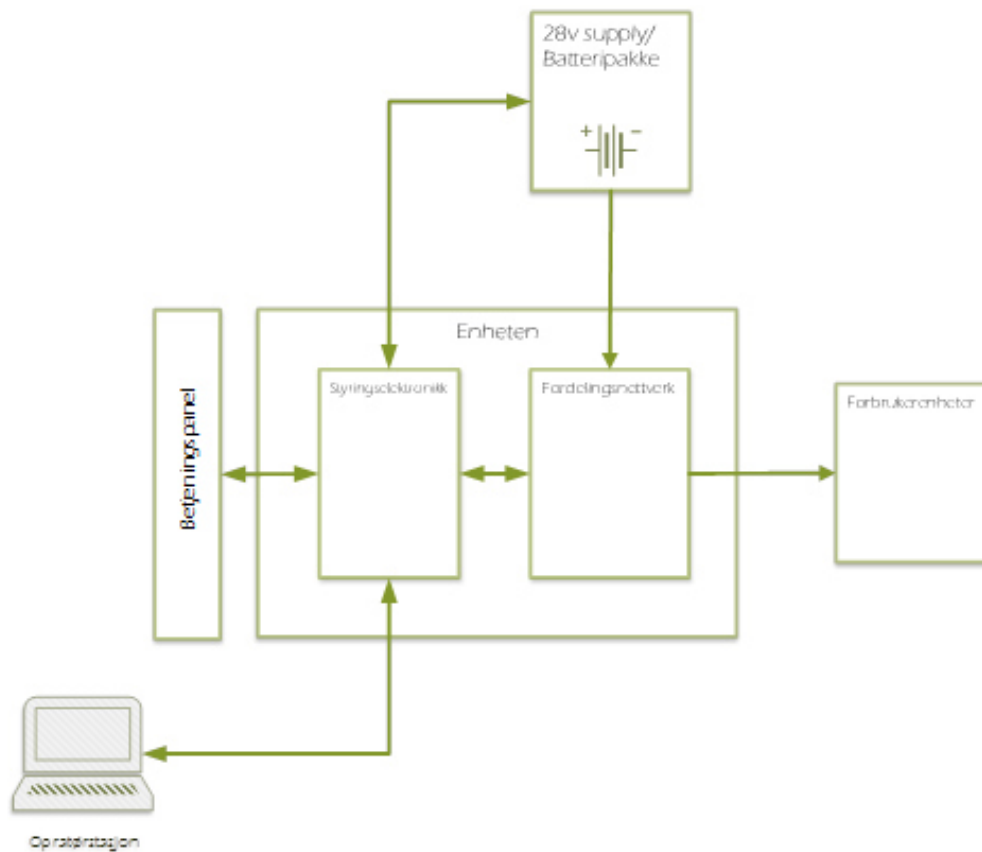
Etter å ha kartlagt markedets etterspørsel og kundens ønskede funksjonalitet, har vi satt opp en figur som viser den prioriterte funksjonaliteten ønsket fra vårt produkt.



Figur 4. Key Focuses

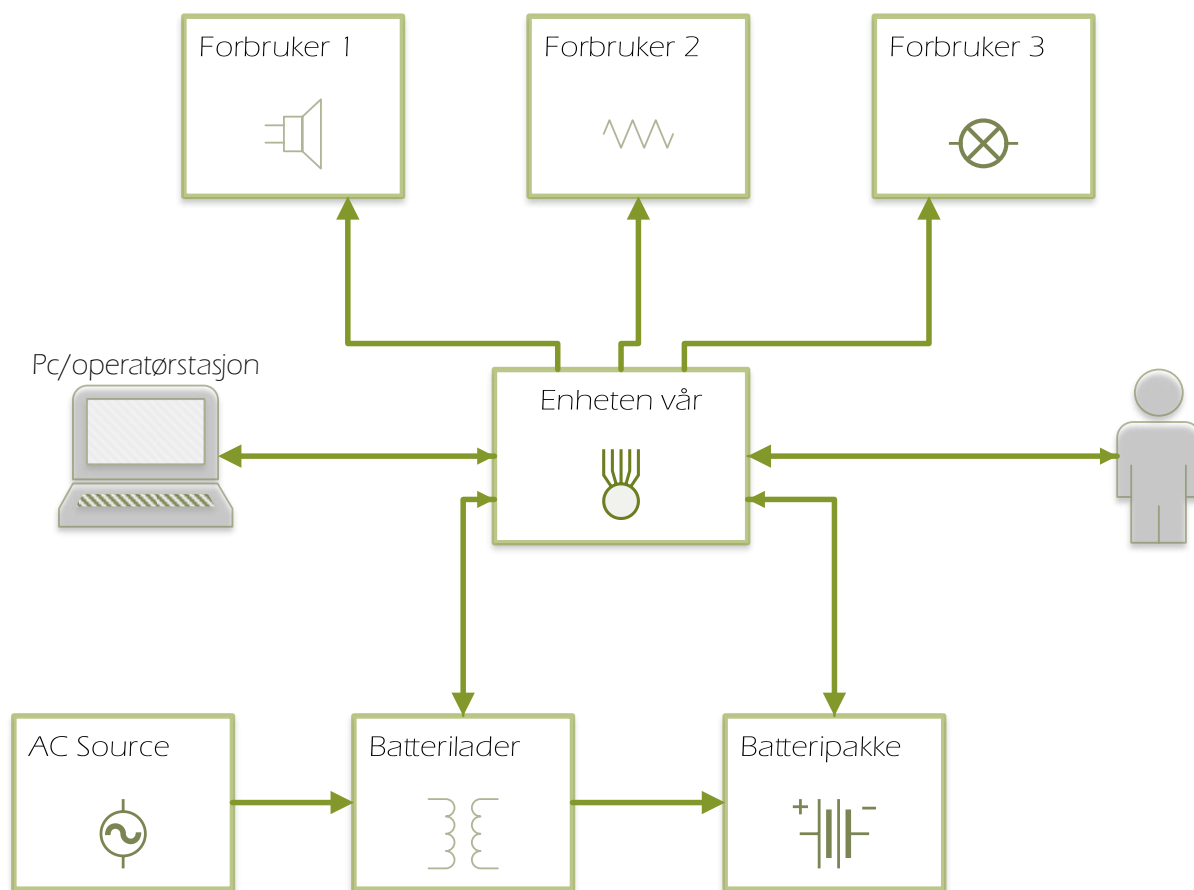
7.1.4 Konsept

I figur 5, ser vi en konseptskisse over vårt tenkte system. Figur 6 viser hvor i systemet enheten vår kommer inn.



Figur 5. Initial Concept

7.1.5 System overview



Figur 6. System Overview



7.2 Prosjektets rammer

Prosjekt rammene definerer ulike områder prosjektet tar for seg, dette inneholder en beskrivelse av hovedoppgaven og dens underoppgaver i prosjektet, mål og delmål, de ulike kravene satt av oss og øvrige involverte.

7.3 Mål for prosjektet

Hovedoppgaven er distribuert i samarbeid med KDS (Kongsberg Defence systems). Oppgaven går ut på å lage et strømfordelings system som styrer "graceful degradation" av 28 VDC abonnenter i et C2 (Command & Control) system, som er vårt endelige mål.

For å nå dette hovedmålet så er det satt opp en rekke delmål og langsiktige mål for å kontinuerlig sørge for en god og riktig prosess utover i prosjektet.

7.3.1 Kortsiktige mål

- Opprettholde god kommunikasjon med intern og ekstern arbeidsgiver.
- Lære seg aktuelle programmer og kunne håndtere eksisterende kunnskap opp mot utvikling av enheten.
- Finne passende komponenter til kretskort utlegget som også tilfredsstiller de eksterne kravene som er satt for omgivelsestemperaturer.
- Utvikle og lage et fungerende kretskort opp mot enheten.
- Kunne velge riktig type moduler til enheten det være seg 20A og 5A modul sikringer. De skal også være av en slik størrelse at alle enhetene passer innenfor de rammer som er satt.
- Valg av auditivt og visuelle komponenter.
- Valg av passende konsept.
- Utvikle og lage et fungerende chassis til enheten.
- Opprette kommunikasjon mellom enheten og operatørstasjonen.
- Implementering av ulike utstyr.
- Lage en fungere demo der modulene fungerer om hverandre og kan skaleres.
- Gjennomføring av nødvendige tester.
- Opprettholde god arbeidsmoral innad i prosjektgruppen.
- Forsikre seg om at alle gruppemedlemmer blir hørt under møter og får mulighet til å fremstille sine egne meninger.
- Opprettholde en god fremdrift under hele prosjektet ved hjelp av gode planer og planleggingsverktøy.



7.3.2 Langsiktige mål

- Levere inn ferdig dokumentasjon.
- Fullføre prosjektet innenfor de planlagte tidsfrister.
- Fullføre prosjektet innenfor det planlagte budsjettet.
- Fullføre prosjektet innenfor akseptabelt nivå av kvalitet på prosess og produkt.
- Fullføre prosjektet innenfor de angitte retningslinjer og krav fra oppdragsgiver.
- Gjør det beste du kan med det du har.

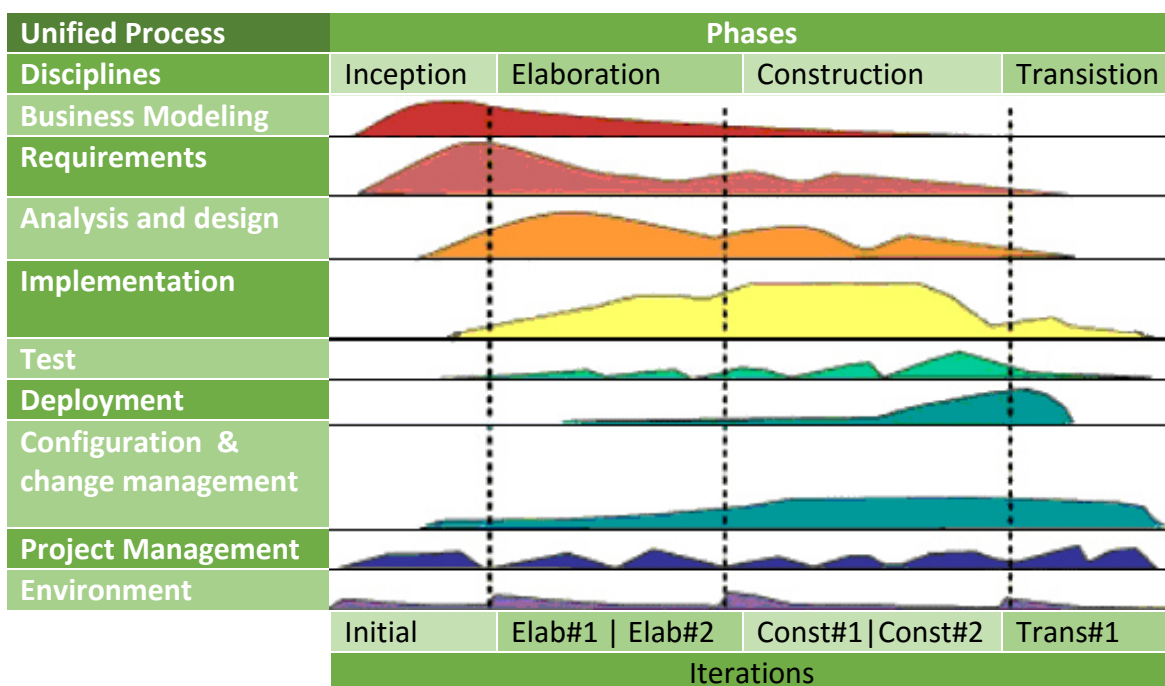
8. Prosjektmodell

For at prosjektet skal få en god struktur har Longevity valgt å bruke en prosjektmodell kjent fra Systems engineering.

For dette prosjektet har gruppen valgt «unified process». Modellen benytter seg av en itererende metode gjennom prosjektet for å legge til rette for en bedre forståelse og en grundig gjennomgang av fasene mens vi utvikler produktet.

Ved å bruke dette prosjektstyringsverktøyet kan vi styre prosjektet fra planleggingsfasen til utfasing. Dette blir gjort ved å fokusere på kundes behov og produktets ønskede funksjonalitet tidlig i utviklingsfasen og deretter skrive en kravspesifikasjon basert på dette. Videre styres designet med tanke på at produktet skal gjenspeile hva kunden faktisk vil ha. Samtidig skal gruppen hele tiden gjøre sine vurderinger på bakgrunn av helhets aspekt for produktet.

Gruppen vil gjennom hele prosjektet bruke systems engineering verktøy for både og vurdere det tekniske og det økonomiske slik at prosjektets og produktets kvalitet sikres.



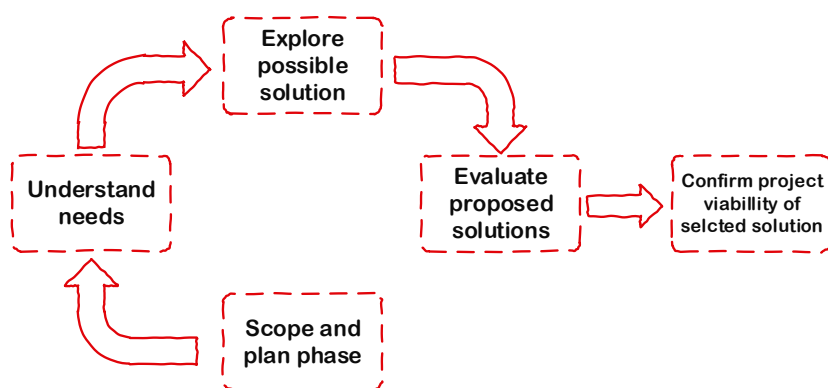
Figur 7. Unified Process Model

8.1 Modellens 4 faser

Som det kommer fram av figur 7 kan iterasjons modell deles i 4 faser:

8.1.1 Inception

I denne fasen skal prosjektgruppen finne rammene for prosjektet, som vist på figur 8. Kostnad og risiko er en del av disse rammene. Her kartlegges også interessentenes krav og forventninger. Design og brukervennlighet bør også vurderes her.



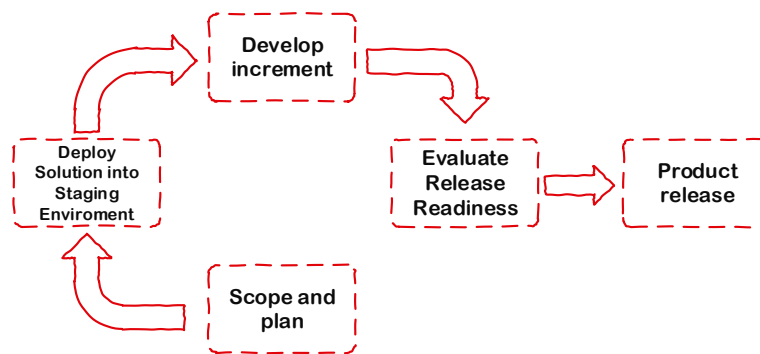
Figur 8. Elaboration cycle

Som vist i figuren over har denne fasen av prosjektet en inkrementell fremgangsmetode. Her vil vi planlegge budsjettene for prosjektet. Brukerkrav er en stor post under denne fasen, hvor vi tolker kundes krav for å kunne tilrettelegge for systemkravene senere i prosjektet.

Det å kunne forstå behovene til kunden er helt essensielt for å kunne nå målene vi har satt for dette prosjektet. Dette er viktig for å gi oss muligheten til å tenke ut løsninger for hvordan vi skal angripe prosjektet videre i prosessen. Desto mer kunnskap vi tilegner oss om bruker, bruker og deres behov i starten desto bedre sjanse har vi for å lage ett produkt som tilfredsstiller kunden best mulig.

8.1.4 Transition

Sluttproduktet presenteres for arbeidsgivere og resultatene diskuteres. Sluttbruker bør også teste produktet for å gi prosjektgruppen tilbakemeldinger.



Figur 11. Transition cycle

Den siste delen av fasen i prosjektet, er en inkrementell gjennomgang av hele prosjektet før rapporten leveres. Denne rapporten skal inneholde de nødvendige dokumentasjonene for den daværende ferdigheten. Dette er viktig i forhold til den endelige presentasjonen.



8.2 Prosjektets 9 disipliner

Prosjektet modellen kan deles i 9 forskjellige disipliner. Her beskrives hva prosjektgruppen legger i disse ni disiplinene:

8.2.1 Ingeniør disipliner

Forretnings modell:

Denne disiplinen fokuserer på forståelsen av organisasjonen, prosessen og problemet. Det er viktig for prosjektgruppa å forstå strukturen og praksisen til kunden og arbeidsgiver, slik at vi kan forholde oss best mulig til dette og skreddersy prosjektet vårt mot dette.

Krav:

Kartlegge funksjonaliteten til systemet og hvilke krav som beskriver dette. Til dette kan det for eksempel brukes «use cases».

Analyse og design:

Formålet med denne disiplinen er å utvikle en robust arkitektur for systemet basert på kravene og for å transformere kravene til design.

- Forstå og analysere kravene til systemet.
- Definere et arkitektur-utkast for systemet.
- Konstruere en prototype for å validere arkitekturen.
- Design av komponenter, tjenester og / eller moduler.
- Design av grensesnitt (nettverk, bruker og databaser).

Implementering:

Utvikle deler, kretskort og softwaren. Passe på at alt passer sammen og fungerer som tiltenkt opp mot hverandre.

Test:

Denne disiplinen omhandler testing av at alle krav til systemet blir implementert skikkelig og kartlegging av feil i systemet. Disiplinen omhandler også kvalitetssikring av produktet i den gitte syklusen eller iterasjonen. Det inkluderer aktiviteter som:

- Planlegging av tester.
- Opprette spesifikke tester.
- Gjennomføre tester.
- Rapportering defekter.

**Distribusjon:**

Her presenteres ett produkt til oppdragsgiver og resultatet blir diskutert. Dette kan dreie seg om å presentere planlegging, kravspesifikasjon, software som blir ferdig i en iterasjon eller det ferdige produktet.

Det omfatter aktiviteter som:

1. Planlegging av innfasing av produkt
2. Utvikling tekniske håndbøker for sluttbruker.
3. Trening av sluttbrukere.

8.2.2 Støtte disipliner

Konfigurasjons og endrings ledelse

Denne disiplinen er fokusert på å håndtere endringer i prosjektet arbeidet. Dette omfatter aktiviteter som:

- Administrere ønsker om endring
- Overvåking og rapportere konfigurasjoner

Prosjekt styring

Prosjekt styring er en disiplin som fokuserer på prosjektledelse og administrasjon:

- Ledelse av prosjektgruppen
- Koordinering og ledelse av interessenter
- Administrere prosjektet risiko
- Prosjekt estimering og planlegging
- Iterasjons planlegging

Utviklingsmiljø

Her fokuseres det på å støtte prosjektet ved å håndtere faktorer som:

- Prosesser
- Standarder
- Verktøy (maskinvare, programvare, etc)



9. Time management

9.1 Fremdriftsplan

For å kunne estimere hvor lang tid som blir brukt gjennom prosjektet så har vi valgt å benytte oss av Microsoft Projects. I programmet blir det opprettet et grafisk GANT-diagram av prosjektet ut ifra hva som er lagt inn av ulike oppgaver og varighet vist i (fig 2). Planen er opprettet med hensyn på Unified proses modellen som vi har valgt å bruke. Med hovedgrupperinger innen Inception, elaboration, construction og transition fase med tilhørende hvor mange iterasjoner som blir gjennomført i hovedgruppen.

9.1.1 Oppsett og utforming

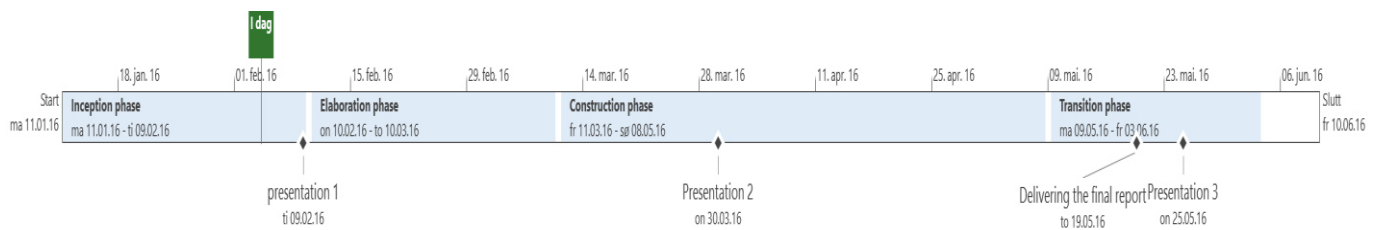
De ulike aktivitetene er satt opp med relasjoner, denne relasjonen blir vist gjennom piler i gant diagrammet som forklarer hva slags kobling disse har. Et vanlig eksempel kan være at en aktivitet må være ferdig før neste aktivitet kan begynnes på.

Underpunktene i hver fase blir delt opp i disipliner der samme fargestandard har blitt brukt i forhold til hovedfasene i Unified proses modellen. Det vil med andre ord si at:

- Business modeling har fargen rød.
- Requirements har fargen lys burgunder.
- Analysis and design har fargen oransje.
- Implementation har fargen gul.
- Test har fargen mint grønn.
- Deployment har fargen turkis.
- Configuration & change management har fargen turkis.
- Project management har fargen marine blå.
- Environment har fargen lilla.



9.1.2 Tidslinje



Figur 12. Tidslinje

Milepæler som er definert for prosjektet er listet opp nedenfor og vist i tidslinjen (fig. 12).

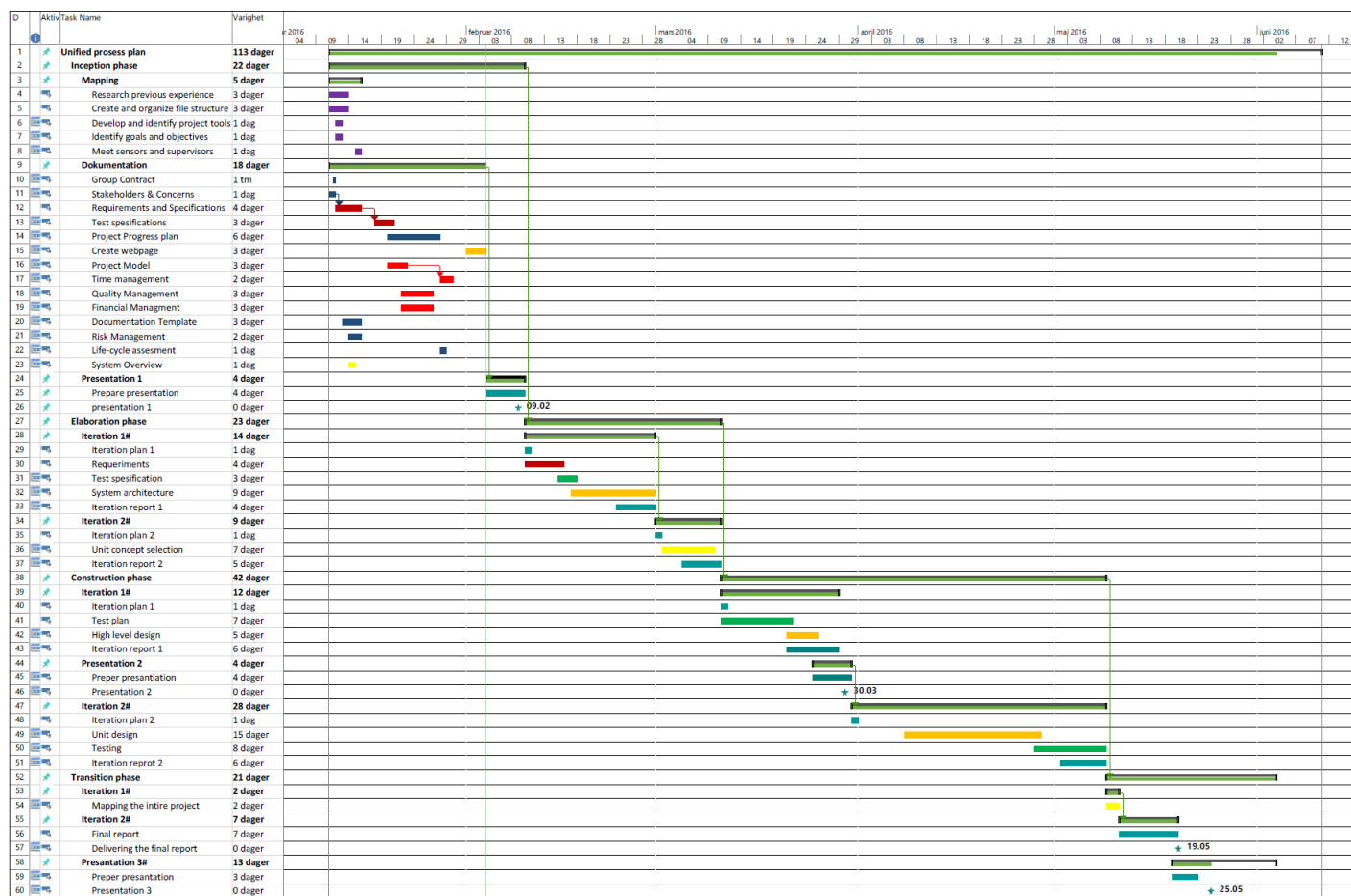
Tabell 2. Milepæler

• Presentasjon 1.
• Presentasjon 2.
• Innlevering av hovedrapporten.
• Presentasjon 3.



9.1.3 Gant Diagram

Gant diagrammet for første fase er vist som i figur 13. Dette diagrammet blir oppdatert etter progresjon ut ifra faktiske timer.



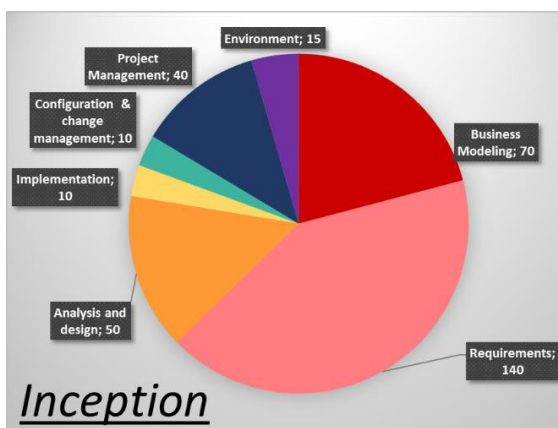
Figur 13. Gant Fremdriftsplan

9.2 Timebudsjettering

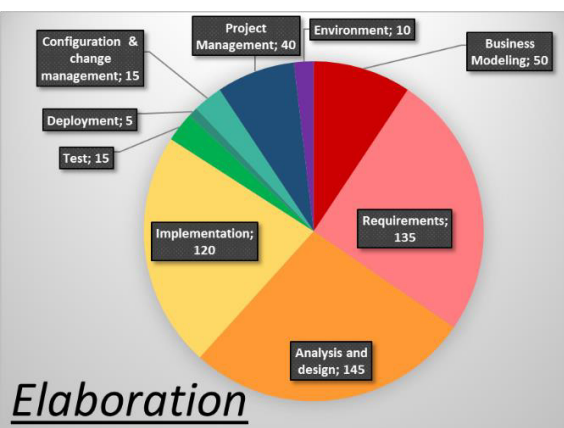
Fremdriften er bygget opp etter størrelsen på gruppen og hvor mye hver av deltagerene kan legge av tid i prosjektet. Vi har kommet frem til at 40 timer i uken pr. person er et godt utgangspunkt for budsjetteringen. Da har vi tatt hensyn til at medlemmene skal ha tid til å jobbe med reguleringsteknikk 2 utenom disse timene. Vi skal ha tre obligatoriske innleveringer i dette faget, samt labb, derfor trenger vi tid til dette frem til eksamen 4-8 april.

Budsjettering av timer for kommende prosjektperiode har blitt estimert med tanke på aktivitetslista, samt gant som er laget i Microsoft Office. Siden vi har valgt Unified process som modell, som beskriver prosessen i fire hoved faser: inception, elaboration, construction og transistion har vi valgt vi å fordele timeforbruket utover disse fasene. Dette for å få en oversikt over hvor vi kommer til å sette av mest tid i prosjektet.

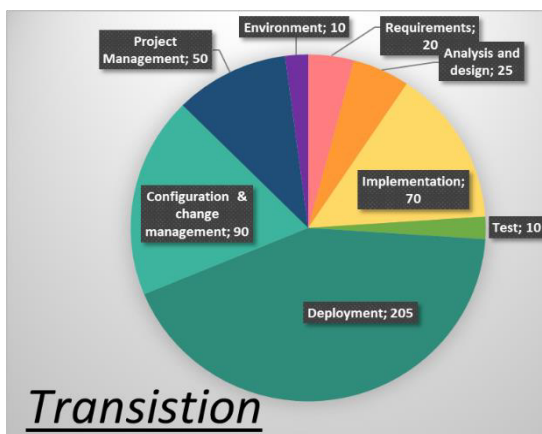
Det kommer til å bli brukt ca. 540 timer per person, vi har da tatt i betraktning at prosjektet kan avvike. Budsjetteringen er krevende, og for å kunne få et mer nøyaktig estimat av timeforbruket kreves det at man har erfaringer med å utvikle slike typer systemer. Vi er derfor forberedt på at timeantallet kan avvike noe i perioder.



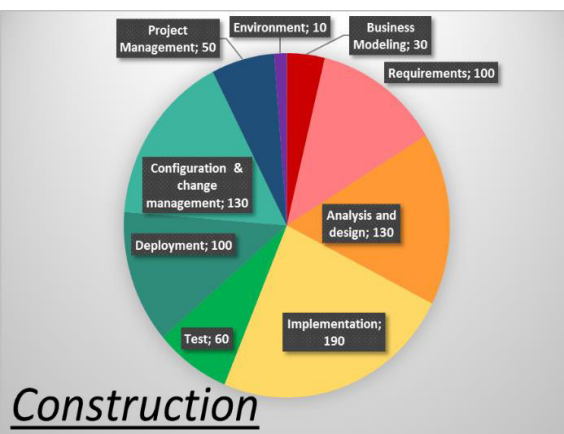
Figur 14. Inception fase



Figur 15. Elaboration fase



Figur 16. Construction fase

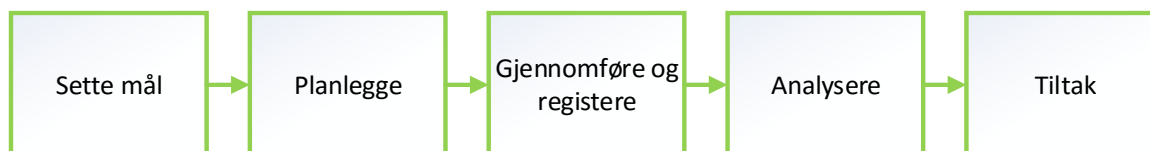


Figur 17. Transistion

10. Økonomistyring

10.1 Budsjetteringsprosessen

I figur 18 ser vi hvordan vi ser for oss de forskjellige fasene av budsjetteringen.



Figur 18. Budsjetteringsfasen

(Holan, 2010)

Budsjettering er viktig for å kunne kartlegge en økonomisk plan for kostandene til dette prosjektet. Det skal hjelpe oss med å få oversikt over hva enheten vil koste å produsere. Enheten vi skal designe samt lage, består av mange forskjellige type materialer og komponenter. Kostanden på dette vil være avhengig av hva slags mål vi har for prosjektet i forhold til kompleksitet og brukergrensesnitt. Alt avhenger av løsninger vi velger, disse løsningene er vanskelig å estimere fram i tid. Derfor runder vi av kostnadene til ca. pris, med god margin.

Arbeidsgiveren KDS (Kongsberg Defence System) har gitt en budsjettramme for prosjektet som de er villige til å stå for. Det er på 50.000 NOK, og er ment for å dekke utgifter som måtte forekomme i prosjektet. Utstyr som blir bestilt og kjøpt må gå via bedriften med gyldig kvittering. Det er ikke dermed sagt at vi kommer til å bruke opp hele pengebeløpet, derfor er det nødvendig med et budsjett som viser omtrentlig kostander for prosjektet. Planleggingsfasen er den vanskeligste fasen av budsjetteringen, fordi vi ikke skal stupe direkte i løsninger så tidlig i prosjektet. Vi planlegger litt overfladisk og ser på de store elementene som kommer til å prege prosjektet.

Når vi kommer til gjennomføringen og registreringen i «construction phase», vil dette gi oss en oversikt over hva enheten eksakt vil koste. Det gir oss muligheten til å analysere kostandene underveis og sette i gang nye tiltak hvis det blir nødvendig for å holde oss under grensen på 50.000kr.



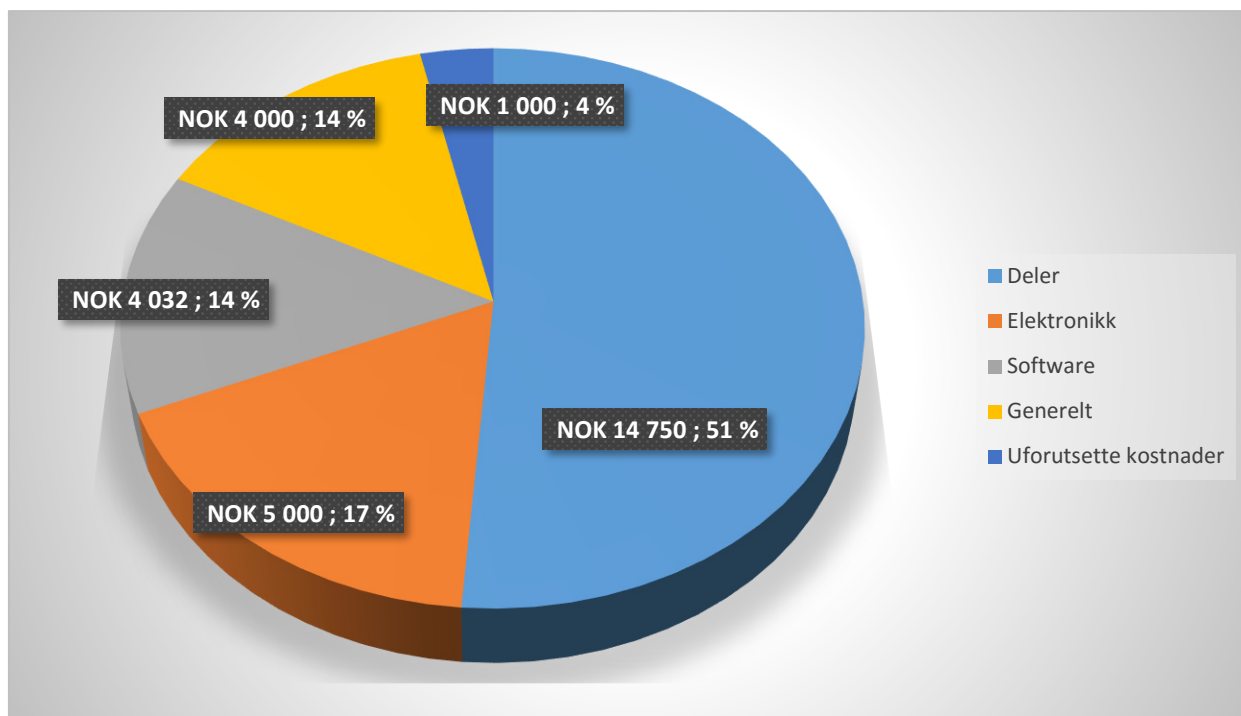
10.2 Budsjetteringsfasen

Budsjettet vist på tabell 3 viser estimerte kostander på hva produktet koster å lage. Vi har tatt forbehold om endringer som kan komme undervis i prosjektet. Det skal føres inn nye kostnader fortløpende gjennom prosjektet, samt forbedre budsjettet mer presist. Gruppen har prøvd etter beste evne å estimere de store kostnadene i prosjektet. Det kan man se utfra kakediagrammene under hver post på figur 19.

10.3 Budsjett

Tabell 3. Budsjett

Antall	Deler	Estimert	Eksakt verdi	Under/over verdi
1	19" kapsling	NOK 4 000		
	Festemateriell	NOK 250		
	Kabler	NOK 500		
4	5A Sikring	NOK 2 000		
8	20A Sikring	NOK 5 000		
3	Reservesikringer	NOK 1 500		
1	Betjeningspanel	NOK 1 500		
Antall	Elektronikk	Estimert	Eksakt verdi	Under/over verdi
	Kretskort	NOK 5 000		
Antall	Software	Estimert	Eksakt verdi	Under/over verdi
4	Hjemmeside	NOK 350		
1	Eagle	NOK 3 282		
1	Prezi	NOK 400		
4	Solidworks	NOK -		
4	Office	NOK -		
4	Matlab	NOK -		
Antall	Generelt	Estimert	Eksakt verdi	Under/over verdi
	klær med logo	NOK 4 000		
Antall	Uforutsette kostander	Estimert	Eksakt verdi	Under/over verdi
	Diverse	NOK 1000		
SUM		NOK 28 782		



Figur 19. Budsjett kakediagram



11. Quality Management

Kvalitetsstyringen i prosjektet skal sikre sluttproduktet og arbeidsprosessens kvalitet. For at vi skal få til dette vil vi benytte oss av ett sett verktøy underveis i prosjektet. Disse verktøyene vil være til hjelp for å sikre at sluttproduktet og prosessen dit møter en viss standard.

11.1 Kvalitets verktøy

11.1.1 Analysis-synthesis-evaluation

Jacson, K. (1998)

De fleste systems engineering verktøy bygger på det iterere aspektet med Analysis-synthesis-evaluation. Metodens natur er kritisk for godt systems engineering og er ett av de viktige verktøyene som er med på å sikre kvaliteten på prosjektet.

Analyse

I systems engineering analyserer vi behovene og kravene til kunden for å forstå problemet. Vi kan da identifisere hva systemet vårt må ha av nøkkelfunksjoner for å møte kundens behov. Denne analytiske tenkning vil foregå gjennom hele prosessen for å få en riktig forståelse av hva som kreves, i hvilken grad det er påkrevet, og hvorfor det er nødvendig. Ettersom designet får flere og mer detaljerte undersystemer må disse bli individuelt analysert. For eksempel kan vi bruke «functional flow block diagram» for å illustrere et svært detaljert sett av funksjoner og hvordan de forholder seg til hverandre.

Når all funksjonene i systemet er kjent kan vi definere krav forbundet med disse funksjonene slik som ytelses parametere som vekt, hastighet, størrelse, nøyaktighet, kompatibilitet og så videre. Alle disse kravene fungerer som en beskrivelse for de ulike systemdelene, elementene og selve arkitekturen.

Syntese

Mens analyse fokuserer på hva som trengs, hvor mye viktig dette er og hvorfor det er viktig, så fokuserer syntese delen hvordan dette bør implementeres. Når du hører om klassisk «ingeniørarbeid» tenker man sannsynligvis på syntese. Dette er den delen hvor du bruker teknologi og kreativitet til å utvikle et design som passer best til systemkravene.

Tidlig i prosessen er syntese brukt til å definere et funksjonelt design og deretter vurdere alle de ulike mulighetene for å løse utfordringen. Ut ifra dette plukker vi den beste løsningen og går videre til neste nivå av kompleksitet, og det hele starter over.



I løpet av denne delen av prosessen er det viktig å bruke et sett med "verktøy" for å sikre at alle de ulike alternativene er gjennomtenkt og at det mest egnet er valgt. Pugh-matriser er et godt eksempel på et slikt verktøy.

Evaluering

Evaluering er når vi undersøker fordeler og ulemper mellom krav og design, med hensyn til de ulike alternativene. Vi vil deretter ta de nødvendige beslutningene. Denne evalueringsprosessen skjer kontinuerlig gjennom hele prosessen av systemutvikling og finner ut om systemene tilfredsstiller de opprinnelige kravene.

11.2 Dokument maler

Ryddig dokumentasjon er et must for en god prosjekt-prosess. Derfor har gruppen laget maler for hvordan dokumentasjonen skal utføres. Slik sikrer gruppen både kvaliteten på dokumentasjonen og fasiliteter for en god dokumentstruktur som skal være enkel og slå opp i. I tillegg slipper man misforståelse når alle fører dokumentasjonen på lik måte.

11.2.1 Kravspesifikasjoner

Det er viktig at kravspesifikasjonene er sporbare fra start til slutt. Malen inneholder:

- Hvor kommer kravet fra.
- ID nr.
- Prioritet.
- Beskrivelse av selve kravet.
- Hvilken type krav dette er.

11.2.2 Møte referat og innkallinger

Ved å lage en mal for møtevirksomhet kan vi unngå misforståelser både internt og eksternt. Malen for innkallinger inneholder:

- Hvem som skal på møte.
- Hvor møte skal holdes.
- Hva som skal gjennomgås.

Malen for møtetreferat inneholder:

- Hvem som var på møte.
- Hva som ble diskutert.
- Hva som ble konkludert.
- Hvem som var referent.



11.2.3 Oppfølgingsdokument

Ettersom vi forventer problemer og endringer underveis i prosjektet er det viktig å få bokført disse på en konstruktiv måte. Slik sikrer vi oss at ting ikke blir glemt i prosessen. Oppfølgingsdokumentet er en viktig del av Unified Process disiplinen: Ledelse av endring og konfigurering. Oppfølging dokumentet inneholder:

1. Gjennomgang av sist ukes jobb (per person).
2. Oversikt over hva som skal gjøres neste uke. (per person).
3. Kort oppsummering av selve prosjektet i forhold til prosjektplanen.
4. Lag en oversikt som oppsummerer hvordan det går med kritiske aktiviteter.
5. Liste over eventuelle avvik.
6. Legg ved: timelistene til prosjektdeltakerne for siste uke. (per person).

11.2.4 Logg

For å holde oversikt over hvilket arbeid som er blitt gjort hver dag har gruppen laget en logg mal. Dette gjøres for at gruppemedlemmene letter skal huske hva som er blitt gjort når oppfølgingsnotat og timelister føres.

11.2.5 Avviksrapport

For et prosjekt i en slik størrelse forventer vi avvik fra opprinnelig plan. Dette er fordi vi rett og slett ikke kan gardere oss 100% mot feil i planen, noe som er naturlig for et slikt prosjekt. Disse avvikene må håndteres på en slik måte at konsekvensene for prosjektet blir så lite som mulig. Avviksrapporten er også en viktig del av Unified Process disiplinen: Ledelse av endring og konfigurering

Avviksrapporten er utformet slik at den kan fange opp alle utfall som ikke er tatt med i planleggingen:

- Sykdom
- Endring i plan
- Aktiviteter tar lenger tid enn ventet.



11.2.6 Akademisk rapport mal

Mye av prosjektet omhandler akademisk skriving. For å sikre at dokumentasjonen holder mål har vi derfor valgt en mal for hvordan hoveddokumentene skal settes opp.

11.2.7 Gruppe kontrakt

Gruppe kontrakten er et dokument som definerer formålet med gruppen, hvordan den vil fungere, og hva de forventede resultatene er. Dokumentet skal fungere som ett sett «spilleregler» som teamet må sørge for at blir opprettholdt.

11.3 Life cycle assessment

Buede, D. M. (2009)

«Life cycle assessments» brukes som et verktøy for å ta høyde for hele livssyklusen til systemet. Dette er viktig å tenke på fra start til slutt av prosjektet. Livssyklusen til et system begynner i det man ser på kundens behov. Deretter går man gjennom brukerkrav, system krav, detaljprosjektering, komponent utvikling med produksjon og eller konstruksjon, testing, installasjon og eller implementering, bruk, support, utfasing og resirkulering.

Prosjektering bør med andre ord ikke bare se på *en* kundes behov og komme opp med en løsning. Man må hele tiden huske på at alle som skal ha noe med sluttproduktet å gjøre er å se som en kunde. Det bør derfor vurderes en løsning som er kompatibel med kravene både for produksjon, drift og ellers produktets livssyklus.

Tradisjonelt var det fokus på bare å få solgt ett produkt. Erfaring har vist at for å få til et vellykket og konkurransedyktig system, må ytelse, vedlikehold, utfasing og resirkulering også bli vurdert og vektlagt i tidlig i utviklingen. Når ingeniørene bruker for mye tid på å fokusere på produktet primære funksjon, vil bivirkninger ofte forekommer. De negative konsekvensene kan ofte vise seg under operasjon av produktet.

11.4 Plan for kvalitets sikring

Kvalitets plan eller «quality plan» beskriver hvordan produktet og arbeidsprosessens kvalitet skal bli best mulig. Kvalitetsplan skal sikre:

- Produktet er bygget for å møte avtalte standarder og krav.
- Arbeidsprosessen dokumenteres og blir utført så effektivt som mulig.
- Avvik som blir funnet blir identifisert og tiltak iverksettes.

11.5 Plan for kvalitets sikring

Tabell 4. Kvalitets plan

Aktivitet	Handling
Overordnet Kvalitetsmål: Identifisere kvalitetsmål for prosjektet.	<ul style="list-style-type: none">• Oppgi kvalitetsmål i forhold til prosjektets mål og/eller organisatoriske mål.• Bestem kvalitetsmål for produktet med kunden.• Det kan også være overordnede organisasjons kvalitetsmål eller retningslinjer som prosjektet må følge.
Identifisere kunden.	«Kunden» er alle som kommer til å ha noe med sluttprodukt vårt å gjøre. Derfor er det mange som faller under kategorien «kunde». Men det er ikke sikkert at alle er like viktige for prosjektet. Derfor er det her viktig å prioritere de viktigste kundene riktig.
Identifiser hva kunden trenger.	Det å analysere hva kunden trenger er ekstremt viktig. Selv om man får en ferdig kravspesifikasjon fra kunden må denne gjennomgås sammen med kunden nøye slik at man virkelig kommer i bunns i hva kunden faktisk trenger. Her er det også viktig å finne ut hva som er mål og bør krav.
Utvikle produkt egenskaper.	Etter at man har funnet ut hvilke behov kunden har kan man sette i gang med utviklingen av disse. Her finnes mange forskjellige verktøy for og best mulig kunne forstå hva som tilfredsstiller kunden best. «Pugh matriser» er for eksempel et meget nyttig verktøy for utviklerne i denne fasen. For å til slutt verifisere at produktet har de ønskede egenskapene, brukes verktøyet «House of quality» dette er et verktøy som sporer kravspesifikasjonene til produktets endelige egenskaper.
Utvikle prosess egenskaper.	Når produktets egenskaper er bestemt må man bestemme seg for hvordan prosjektet skal realiseres. Her må det derfor lages en plan for hvordan hvilke verktøy som skal brukes opp mot utviklingen av produktet. Nødvendig utstyr og hvilke plattformer.
Identifisere hva slags kriterier stakeholders setter for kvaliteten på prosjekteringen, prosjektet og produktet.	Identifisere relevante kvalitetsstandarder som brukes til å bestemme kvaliteten for produktene Enkelte organisasjonen har kvalitetsstandarder som skal følges. Hvis ikke, finne ut hva vi vil bruke i dette prosjekt. Eksempel på kvalitets forventninger: <ul style="list-style-type: none">• Akademisk skriving.• Bruk av system engineering modell.
Identifisere Stakeholders forventninger til prosjektprosessen.	Finne ut hva prosjektets stakeholders forventer under prosjekt prosessen. Prosjekt prosessen blir deretter vurdert opp mot disse forventningene Eksempel på stakeholders forventninger: <ul style="list-style-type: none">• Prosjekt status vil bli kommunisert månedlig.• Forventer godkjenning før bestilling av varer/deler.



12. Risk management

12.1 Hvorfor Risikoanalyse?

Alle prosjekter kan forbindes med en form for risiko. Dette kan være alt fra fatale feil i prosjektet til mindre bagateller uten noe særlig innvirkning på prosjektet. Ved å identifisere mulige farer eller utfordringer i starten av prosjektet har vi prøvd og lage en plan på hvordan vi skal håndtere slike utfordringer eller hvordan vi kan unngå dem fullstendig. Slik håper vi å kunne levere ett produkt som står til alles forventning uten forutsett problematikk.

12.2 Risiko Analyse

For å beskrive og beregne risiko har vi systematisk satt opp en risikoanalyse. Analysen er en kartlegging av årsaker til uønskede hendelser og konsekvensene av disse. Her regnes risiko som en mulighet for at noe uønsket skal skje og hvilke følger dette kan få for prosjektet, men også hvilke følger det kan ha for personell og verdier. Som det fremgår i denne analysen dreier ikke bare dette seg om store ulykker, men også om samarbeidsproblemer, Software problematikk, leverandør problemer, også lignende. Risiko er med andre ord et uttrykk for den fare som uønskede hendelser representerer for mennesker eller materielle verdier. Hovedfokuset vårt har vært opp mot prosjektet

$$\text{RISIKO} = \text{SANNSYNLIGHETSGRAD} \times \text{KONSEKVENSGRAD}$$

Risikoanalyse består av å reflektere over fire enkle spørsmål i forhold til en aktivitet eller oppgave:

1. Hva kan gå galt?
2. Hva er sannsynligheten for at dette kan gå galt?
3. Hva er konsekvensene hvis dette først skjer?
4. Hva kan vi gjøre for å hindre at noe går galt eller for å redusere konsekvensene dersom noe likevel skjer?



Tabell 5. Definisjon av sannsynlighetsgrad

Definisjon av sannsynlighetsgrad		
Sannsynlighetsgrad	Hyppighet	Hendelsesintervall
1	Meget lav	Skjer meget sjelden
2	Lav	Skjer sjelden
3	Middels	Skjer iblant
4	Høy	Skjer ofte

Tabell 6. Definisjon av konsekvensgrad

Definisjon av konsekvensgrad		
Konsekvensgrad	Utfall	
1	Ubetydelig	Prosjektet går sin gang
2	Mindre	Prosjektet blir noe forsinket men minimal innvirkning på sluttresultatet.
3	Betydelig	Prosjektet stagnerer. Tiltak må oppdrives for å fortsette
4	Alvorlig	Prosjektet stopper. Kritiske løsninger må på plass for å fortsette.
5	Katastrofal	Prosjektet rakner. Alle tiltak må innføres for å fortsette.

Tabell 7. Risiko = Sannsynlighetsgrad x Konsekvensgrad

Risiko = Sannsynlighetsgrad x Konsekvensgrad						
Sannsynlighetsgrad	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
	Konsekvensgrad					

Høy Risiko	Risikoreduserende tiltak skal iverksettes
Medium Risiko	Risikoreduserende tiltak skal vurderes
Lav Risiko	Risikoreduserende tiltak ikke påkrevd



12.2.1 Risikoer forbundet med administrering

- Kravspesifikasjonene blir ikke godt nok validert, noe som fører til at vi ikke levere det kunden faktisk vil ha.
- Kravspesifikasjonene blir ikke klart nok definert, noe som fører til at gruppen utvikler noe som kunde ikke vil ha.
- Manglene kommunikasjon mellom prosjektgruppa og stakeholders, fører til misforståelser.
- Manglende kunnskap om god prosjektplanlegging gjør at gruppen feil estimerer prosjektet.
- Gruppen feil estimerer prosjektets størrelse og setter seg urealistiske mål som igjen fører til at gruppen ikke klarer å levere innen gitte tidsfrister.

12.2.2 Risikoer forbundet med personell

- Langvarig sykdom i hos en av gruppemedlemmene reduserer arbeidskapasiteten med 25%.
- Gruppemedlemmene legger til for mange egne krav i kravspesifikasjon slik at tidsbudsjette sprekker.
- Uenigheter innad i gruppen fører til dårlig kommunikasjon, misnøye og dermed fører til dårlig produktivitet.

12.2.3 Risikoer forbundet med ressurser

- Prosjektet koster mer en budsjettet rekker.
- En av gruppens medlemmer kan ikke lenger jobbe «100%» med prosjektet.
- Den faglige kapasiteten hos gruppen er for lav til at den kan løse det gitte prosjektet.

12.2.4 Risiko forbundet med Software og hardware

- Manglene kompetanse innen programmering fører til masse feil i programvaren som igjen tar opp masse tid.

12.2.5 Risiko forbundet med leverandører

- Formatene vi bruker er ikke kompatible med hva leverandøren bruker.
- Leverandøren klarer ikke lage det vi bestiller til gitt tid.
- Leverandøren klarer ikke levere ønsket kvalitet.



12.3 Risiko plan

Risiko planen gir en systematisk oversikt over hvilke risikoer prosjektet står ovenfor og hvordan gruppen tenker og møte disse.

Tabell 8. Tiltaksmuligheter

Tiltaksmuligheter	
Akseptere	Gruppen kjenner til risikoen, men velger å ikke innføre direkte mottiltak
Unngå	Gruppen unngår risikoen ved å for eksempel endre kravspeken, eller sette flere/andre begrensninger.
Kontrollere	Gruppen kontrollerer risikoen ved å gjøre tiltak slik at konsekvensene av risikoen blir minst mulig.
Overvåke	Gruppen kjenner til risikoen og overvåker denne.

Tabell 9. Risiko plan

Risiko plan				
Hendelse	S	K	R	Risikoreduserende tiltak
Kravspesifikasjonene blir ikke godt nok validert	2	3	6	Overvåke: Sørge for god kontakt opp mot Stakeholders.
Kravspesifikasjonene blir ikke klart nok definert.	2	3	6	Overvåke: Gå gjennom kravspesifikasjonene flere ganger og sette opp en god testplan fra start.
Manglene kommunikasjon mellom prosjektgruppa og stakeholders	2	3	6	Kontrollere: Sette opp møter med jevne mellomrom slik at vi får en kontinuerlig tilbakemelding
Manglende kunnskap om god prosjektplanlegging	5	3	15	Kontrollere: Sette opp en plan som tar høyde for endringer og utfordringer underveis.
Gruppen feil estimerer prosjektets størrelse	2	2	4	Akseptere: Gruppa vet om og forholder seg mest mulig til målene satt fra oppdragsgiver.
Langvarig sykdom	1	4	4	Akseptere.
Gruppemedlemmene legger til for mange egne krav i kravspesifikasjon	2	2	4	Akseptere: Gruppa vet om og forholder seg mest mulig til målene satt fra oppdragsgiver.
Uenigheter innad i gruppen	2	4	8	Akseptere: Setter opp en omfattende gruppekontakt, som beskriver problemløsning i slike tilfeller.
Prosjektet koster mer en budsjettet rekker.	1	4	4	Akseptere. Prøve å komme under budsjettgrensen ved å fire på kvalitet.
En av gruppens medlemmer kan ikke lenger jobbe «100%»	1	3	3	Akseptere. De andre medlemmene i prosjektgruppa må øke innsatsen for å ta igjen det tapte.
Den faglige kapasiteten hos gruppen er for lav.	2	4	8	Kontrollere: Gruppen må sette av mye tid til innhenting av bakgrunns teori. Dette må planlegges godt slik at vi ikke sløser vekk tid. Det er også viktig å løse oppgavene ved bruk av så mye tidligere tillært kunnskap som mulig.
Manglene kompetanse inne programmering fører til masse feil i programvaren.	3	3	9	Kontrollere: Gruppen Innser at dette er en stor del av oppgaven og vil derfor prioriter å tilegne seg programmerings kunnskaper.
Formatene vi bruker er ikke kompatible med hva leverandøren bruker.	2	2	4	Akseptere. Unngå ved å bruke leverandører vi er kompatible med.
Leverandøren klarer ikke lage det vi bestiller til gitt tid.	2	5	8	Kontrollere: Sørge for å bestille i god tid.
Leverandøren klarer ikke levere ønsket kvaliteter.	2	2	4	Kontrollere: Sørge for å velge riktig leverandør før bestilling og sende med nøyaktige kravspesifikasjoner.



13. Referanser

Buede, D. M. (2009). The Engineering Design Of Systems. wiley.

Holan, M. (2010). I P. Høiseth, *Økonomistyring*. NKI forlaget.

Jacson, K. (1998). Systems Engineering: Coping with Complexity. I P. Brook. Pearson Higher Education.

Kongsberg. (2016, 02 02). *Kongsberg*. Hentet fra Ground Based Air Defence Systems:
<http://www.kongsberg.com/en/kds/products/groundbasedairdefencesystems/>



KONGSBERG



Increase the longevity of your battery powered system

Krav Spesifikasjon

Longevity

Oppdragsgiver:	Kongsberg Defence Systems			
Gruppemedlemmer	Navn	Initialer		
	Arber Demiri	AD		
	Thor Erik Sivertsen	TES		
	Magnus Thorkildsen	MT		
	Tore Martin Flataas	TMF		
Versjon	Revisjon	Dato	Godkjent av	Antall sider
	0.1	11.01.16	TMF	8
	0.2	17.01.16	TMF	8
	0.3	24.01.16	TMF	8
	0.4	02.02.16	MT	8
	0.5	03.02.16	TES	8
	1.0	21.02.16	TES	8
	1.1	29.02.16	TES	11
	1.2	03.03.16	TES	11
	1.3	23.03.16	AD	11
	1.4	28.03.16	TES	10
	2.0	08.04.16	TES	8
	2.1	18.05.16	MT	10

	3.0	22.05.16	MT	10
--	-----	----------	----	----

1. Innholdsfortegnelse

1. Innholdsfortegnelse	3
2. Introduksjon	3
3. Dokumenthistorie	4
4. Rammekrav.....	5
5. Funksjonelle krav.....	6
6. Andre krav	8



2. Introduksjon

Oppdragsgiver, Kongsberg Defence Systems (KDS) har behov for en enhet som skal styre «graceful degradation» av 28V DC abonnenter i et C2 (Command & Control) system.

Det vil med andre ord si at KDS vil ha en enhet som forlenger batterikapasiteten ved hjelp av nedtrapping på 2-3 nivåer, hvor et visst antall forbrukerkurser stenges av for hvert nivå når den ordinære strømforsyningen forsvinner.

Enheten som vi ønsker å produsere skal være et bindeledd mellom batteripakken, batterilader, operatørstasjon og de ulike forbrukerkursene.

Dette dokumentet definerer de ulike kravene etter funksjonelle og ikke funksjonelle krav. Kravene er satt sammen av KDS sine egne krav/ønsker og våre egne krav som vi har utarbeidet gjennom «stakeholders and concerns dokumentet». Fra dette dokumentet ble det opprettet en rekke egne krav som vi synes var naturlig å legge til ved gjennomføring av oppgaven. De ulike kravene bygger på både software og hardware implementering og skal sørge for at de ulike kravene blir forstått, validert og verifisert riktig.

Kravene er klassifisert med en prioriteringsgrad fra A til C, se tabellen under.

Prioriteringsgrad	
Klasse	Beskrivelse
A	Absolutt
B	Viktig
C	Ønskelig

Kravene er delt inn i ramme krav, funksjonelle krav og andre krav. Alle de overordnede kravene ligger i de hvite radene. Dette er de overordnede kravene:

Krav inndeling	
ID nr:	Beskrivelse
R-xx-A	Ramme krav
F-xx-A	Funksjonelle krav
A-xx-A	Andre Krav

Hvert krav er igjen delt inn i design krav hvor dette er nødvendig og er markert med grønne rader i tillegg til ID nummereringen:

Krav inndeling	
ID nr:	Beskrivelse
R-01-B	Rammekrav 1, design krav 1
F-03-C	Funksjonelt krav 3, design krav 2
A-06-D	Andre krav 6, design krav 3



3. Dokumenthistorie

Revisjon	Dato	Godkjent av	beskrivelse
0.1	11.01.16	TMF	Oppsett og definering av krav.
0.2	17.01.16	TMF	Opprettet krav 21,22,23.
0.3	24.01.16	TMF	Sortert ulike krav etter prioritet og hvem kravet er gitt av.
0.4	02.02.16	MT	Laget eget dokument oppsett og definert funksjonelle og ikke funksjonelle krav.
0.5	03.02.16	TES	Omdefinert enkelte funksjonelle krav, innført forklaringer.
1.0	21.02.16	TES	Utført endringer etter ønske fra ekstern veileder: Krav 1,2,11,12 og rettet feiler i generell tekst.
1.1	29.02.16	TES	Endret på ID nummer til alle krav for å implementere design krav.
1.2	03.03.16	TES	Implementert design krav til dokumentet.
1.3	23.03.16	AD	Krav F-07-00 utgår. Senket miljøkrav R-20-00. Gjennomgang av design krav.
1.4	28.03.16	TES	Ferdigstillelse av dokument.
2.0	08.04.16	TES	Endringer etter tilbakemelding fra ekstern veileder.
2.1	18.05.16	MT	Revidering av fargehenvisning på Hovedkrav og designkrav
3.0	22.05.16	MT	Oppdatert til gjeldene standard.



4. Rammekrav

Dette er krav som har med påliteligheten til systemet å gjøre, og eventuelle miljøkrav eller andre standarder som påvirker systemet.

Rammekrav				
ID	ID Underkrav	Krav	Gitt av	Prioritet
R-01-A		Enheten skal monteres i ett standard 19" rack. (482,60mm) bredt.	KDA	A
▪	R-01-B	Festene til enheten skal passe inn i forkant av enheten, for å kunne trekke den ut og inn i rakket.	KDA	A
R-02-A		Enheten skal maks være 4U (177.8mm) høy.	KDA	A
R-14-A		Enheten skal ha en kapslingsgrad tilsvarende IP 21 eller høyere	Gruppen	A
▪	R-14-B	Enheten skal ikke ha åpninger større enn 12.5mm.	Gruppen	B
▪	R-14-C	Enheten skal være beskyttet mot vertikale drypp ved å ikke ha åpninger i toppen.	Gruppen	B
▪	R-14-D	Enheten skal være beskyttet mot kondens ved hjelp av lufting under enheten.	Gruppen	C
R-15-A		Enheten skal ha en utjevningsforbindelse.	Gruppen	A
▪	R-15-B	Alle ledende deler i enheten skal ha samme utjevningsforbindelse.	Gruppen	A
▪	R-15-C	Det skal brukes gul/grønn kobberledning for å jorde alle ledende deler i enheten.	Gruppen	A
R-19-A		Enheten skal tåle 15G sjokk i alle 6 hovedretninger.	KDA	B
▪	R-19-B	Enheten skal være modifisert slik at chassis tåler 15G sjokk.	KDA	B
▪	R-19-C	Alle komponenter inne i enheten skal festes til chassis på en måte som sikrer at de tåler 15G sjokk.	Gruppen	B
R-20-A		Enheten skal operere i temperaturer fra -20°C til «65°C» uten aktiv kjøling.	KDA	B
▪	R-20-B	Komponentene som skal brukes i enheten skal blant annet velges ut ifra deres egenskap til å tåle temperaturer fra -20°C - 65°C uten aktiv kjøling.	KDA	B



5. Funksjonelle krav

De funksjonelle kravene omhandler faktiske funksjoner systemet skal utføre. I vårt tilfelle skal systemet levere totalt 12 forbrukerkurser hvor 4 er på 5A og 8 på 20A med 3 kurser i reserve. Systemet skal slå av strømmen til de definerte forbrukerkursene og varsle ved hjelp av lyd og lys om endringer i nivå og status på batteri. Det er brukt både use case og function flow block diagram for å vise informasjonsflyten igjennom grensesnittene.

Funksjonelle krav				
ID	ID Underkrav	Krav	Gitt av	Prioritet
F-03-A		Enheten skal levere 28V DC – 5A til 4 brukerkomponenter.	KDA	A
▪	F-03-B	Enheten skal inneholde 4 stk. sikringer av 5A	Gruppen	A
▪	F-03-C	Sikringene skal være montert i forkant av enheten slik at operatøren kan resette sikringene uten å åpne opp enheten.	Gruppen	A
F-04-A		Enheten skal levere 28V DC – 20A til 8 brukerkomponenter.	KDA	A
▪	F-04-B	Enheten skal inneholde 8 stk. sikringer av 20A	Gruppen	A
▪	F-04-C	Sikringene skal være montert i forkant av enheten slik at operatøren kan resette sikringene uten å åpne opp enheten.	Gruppen	A
F-05-A		Enheten skal slå av strømmen til definerte komponenter i systemet ut fra prioritet.	KDA	A
▪	F-05-B	Enheten skal inneholde 4 stk. releer til å styre 5A kursene.	Gruppen	A
▪	F-05-C	Enheten skal inneholde 8 stk. releer til å styre 20A kursene.	Gruppen	A
▪	F-05-D	Releene skal skru av strømmen til definerte kurser i systemet ut fra registrert prioritet.	Gruppen	A
▪	F-05-E	Releene skal styres av et ferdig designet kretskort.	Gruppen	A
F-07-A		Enheten skal ha muligheten for manuell overstyrestyring fra operatørstasjonen. (Utgår)	Gruppen	A
F-08-A		Enheten skal varsle visuelt.	KDA	A
▪	F-08-B	Enheten skal ha tre lysdioder gul, grønn og rød, som viser operatøren tilstanden til batterinivået.	Gruppen	A



▪	F-08-C	Enheten skal blinke med lysdioder konstant ved alle nivåer når systemet går fra aggregat til batteri.	Gruppen	B
F-09-A		Enheten skal varsle ved hjelp av lyd.	KDA	A
▪	F-09-B	Enheten skal ha en lydenhet som skal varsle ved nedtrapping av hvert nivå.	Gruppen	A
F-10-A		Enheten skal oppgi hvor mye strøm-kapasitet som er igjen i batteripakken.	Gruppen /KDA	A
▪	F-10-B	Enheten skal ved hjelp av displayet oppgi hvor mye strøm kapasitet som er igjen i batteripakken.	Gruppen	A
F-13-A		Enheten skal oppgi batteriets tilstand i prosent på skjermbildet til operatøren.	Gruppen	A
▪	F-13-B	Enheten skal oppgi batterikapasiteten på en ekstern datamaskin.	Gruppen	C
F-16-A		Enheten skal ved overstyring holde manuell drift frem til annen input er gitt.	Gruppen	A
▪	F-16-B	Enheten skal ha en funksjon som gir signal når operatøren vil tilbake til automatisk styring etter å ha manuelt overstyret systemet.	Gruppen	C
F-18-A		Enheten skal starte opp i automatisk stilling på alle bruker enheter hver gang systemet starter opp.	Gruppen	B
▪	F-18-B	Enheten skal ha en funksjon som resetter alle manuelle kurser tilbake til automatisk hver gang enheten går tom for strøm.	Gruppen	B
F-23-A		Enheten skal ha manuell overstyring via operatørpanel på selve enheten.	Gruppen	C
▪	F-23-B	På betjeningspanelet til enheten skal det være et touch display slik at operatøren kan manuelt overstyre enheten.	Gruppen	A






6. Andre krav

Dette er krav som ikke er verken rammekrav eller funksjonelle krav.

Andre Krav				
ID	ID Underkrav	Krav	Gitt av	Prioritet
A-06-A		Systemets prioritet skal være konfigurerbart.	KDA	A
▪	A-06-B	Enheten skal ha et display med funksjoner som tillater en operatør å endre systemets prioritet.	Gruppen	A
▪	A-06-C	Enheten skal ved hjelp av microcontroller registrere endringen av prioritet.	Gruppen	A
▪	A-06-D	Enheten skal ved hjelp av microcontroller sette den nye prioritets rekkefølge som aktiv rekkefølge.	Gruppen	A
A-11-A		Enheten skal finne batteripakkens kapasitet basert på informasjon om batteriets tilstand.	KDA	A
▪	A-11-B	Enheten skal ved hjelp av mikrokontroller og batterikarakteristikk finne informasjon om batteriets tilstand.	KDA	A
A-12-A		Enheten skal finne batteripakkens kapasitet basert på batteriets omgivelsestemperatur.	KDA	A
▪	A-12-B	Enheten skal måle omgivelsestemperaturen til batteripakken ved hjelp av K-type termistor.	Gruppen	A
▪	A-12-C	Enheten skal ta med batteritilstand og omgivelsestemperaturen til batteripakken med i beregningene for batteriets kapasitet.	Gruppen	A
A-17-A		Betjeningspanelet skal sitte i forkant av enheten, tilgjengelig for bruker.	Gruppen	A
▪	A-17-B	Betjeningspanelet skal inneholde et touch display.	Gruppen	A
▪	A-17-C	Betjeningspanelet skal inneholde alle nødvendige funksjoner for at systemet skal kunne opereres normalt.	Gruppen	A
A-21-A		Enheten skal være modulær slik at den kan skaleres fra 5 til 15 moduler.	KDA	B
▪	A-21-B	Enheten skal designes slik at det er plass til 15 enheter.	KDA	A
▪	A-21-C	Enheten skal designes slik at modulene kan tas ut.	Gruppen	B



▪	A-21-D	Enheten skal være operativ med minimum 5 enheter.	Gruppen	A
▪	A-21-E	Elektronikk skal dimensjoners i forhold til maks strømforbruk.	Gruppen	A
▪	A-21-F	Kretsbaner skal dimensjoners i forhold til maks strømforbruk.	Gruppen	A
▪	A-21-G	Sterkstrøm kabler skal dimensjoners i forhold til maks strømforbruk.	Gruppen	A
A-22-A		Enheten skal være olivengrønn av farge.	Gruppen	C
▪	A-22-B	Enheten skal etter lakking/maling ha en farge som tilsvarer fargekode: Ral 6003.	Gruppen	C

 KONGSBERG	Request for 4 <input type="checkbox"/> Change of contract 5 <input checked="" type="checkbox"/> Engineering design change 6 <input type="checkbox"/> Deviation/Waiver 7 <input type="checkbox"/> Last Time Buy/Obsolete		2 Contract or purchase number -
			3 Request number -
8 Part affected 5A- Circuit breaker 20A- Circuit breaker 4,3 LCD touch Sainsmart		9 Units involved: serial no. / batch no./ number of units 0/0/4 0/0/11 1	
10 Reference to Technical Requirements, Specification, Drawing, Data etc Digi-key part: 302-1257-ND Digi-key part: 302-1266-ND			
11 Description of Change, Deviation or Waiver The ambient temperature for circuit breaker and Sainsmart does not meet the requirements as mention in R-20-A and R20-B. To fulfil the requirements, we want to change the ambient temperature from -40C to -20C.			
12 Reason for request Because of the long delivery date and very expensive RCCB (remote control circuit breaker).		13 Corrective action Find product that can show the same functions as with the RCCB.	
14 Estimated Price adjustment (+ or -) Aprox. - 200 000 NOK		15 Change Point (Time or serial no) 17.03.16	
16 Effect on Delivery Schedule Delivery 28.03.16		17 Contractor Longevity	
18 Preferable Request Decision Limit (Date) 30.04.16			
19 Name and Title Magnus Thorkildsen Longevity		20 Signature 	21 Date 08.04.2016
22 Final decision APPROVED			
23 Date 12.04.2016	24 Engineering 	25 Configuration	26 Quality Assurance 
27 Project Manager			

Block 2 to 21 shall be completed by the Supplier

This part is for KDA

BLA-6167e

How to fill in Form 6167

Block 2 to 21 shall be completed by the supplier		
Number of the block on form 6167	Description	Mandatory entry
1	KDA will give a unique identification / registration number. This number shall be used as reference when the part is delivered to KDA (on COC, or advice if no COC is required).	Yes Block to be completed by KDA.
2	The actual contract or purchase order number.	Yes
3	Suppliers internal request number (for cross reference purpose).	Yes
4	Mark when the form is used for a request to change the contract.	Yes for one of them
5	Mark when the form is used for a request to change the supplier's documentation, KDA requirements or a technical request.	
6	Mark when the form is used for a request for deviation or waiver. Definition: "Deviation (Production Permit): Written authorization to depart from the originally specified requirement for a product prior to its production (ISO 8402:1994)". Definition: "Waiver: Written authorization to use or release a product which does not confirm to the specified requirements (ISO 8402:1994)".	
7	Mark when the form is used for last time buy or obsolete.	
8	Give reference to the part name, part number and revision/issue of the part.	Yes
9	Specify the actual serial number(s) or batch number(s). If the parts are not serialized/batch numbered, <u>then</u> the number of units involved shall be stated. Identify clearly which of "Serial no", "Batch no" or "no of units" is used.	Yes
10	Give reference to: -Supplier's documentation or KDA requirements (as applicable) if block 5 is tick off. -Drawing number and revision/issue if block 6 or 7 is tick off.	Yes
11	Give a description of the change and any technical consequences. If the Supplier has design authority, state the new issue of documents and parts. Suppliers with design authority shall also state if this request has influence on previously performed verification/qualification. The supplier shall inform about the classification of the change, deviation or waiver (minor or major).	Yes
12	Give a description for the reason to issue this request.	Yes
13	Describe corrective action (planned or conducted) to prevent reoccurrence.	"Yes" for deviation and waiver.
14	Estimate the price adjustment, up or down.	"Yes," if block 5 is tick off.
15	State the effectivity (implementation date, serial no., batch number or delivery number as applicable).	Yes
16	Describe effect on the delivery schedule and specially the consequences if a deviation or waiver is rejected by KDA.	No
17	Name of the company issuing the request.	Yes
18	State the latest date when decision from KDA is expected. Year/month/day	No
19	Name and title, in capital letters, for the person who sign block 20.	Yes
20	Signature of the suppliers authorized person issuing this request.	Yes
21	Date of issue. Year/month/day	Yes

Block 1 and 22 to 27 shall be completed by the KDA		
Number of the block on form 6167	Description	Mandatory entry
22	The final decision shall be stated here.	Yes
23	Date of decision (Year/month/day)	Yes
24	Signature of engineering representative.	Yes
25	Signature of the Configuration Manager of the project	"Yes," if block 5 is tick off.
26	Signature of the authorized Quality Assurance representative.	Yes
27	Signature (Final approval of decision) of the Project Manager	Yes



KONGSBERG



Increase the longevity of your battery powered system

Test Spesifikasjon

Longevity

Oppdragsgiver:	Kongsberg Defence Systems	
Gruppemedlemmer	Navn	Initialer
	Arber Demiri	AD
	Thor Erik Sivertsen	TES
	Magnus Thorkildsen	MT
	Tore Martin Flataas	TMF

Versjon	Revisjon	Dato	Godkjent av	Antall sider
	0.1	11.01.16	TMF	28
	0.2	17.01.16	TMF	28
	0.3	25.01.16	MT	28
	0.4	02.02.16	MT	28
	0.5	03.02.16	TES	28
	1.0	21.02.16	TES	29
	1.1	04.03.16	TES	29
	1.2	06.03.16	AD	41
	1.3	28.03.16	TES	41
	2.0	09.05.16	TES	44
	2.1	18.05.16	MT/TES	50
	3.0	22.05.16	MT	53

1. Innholdsfortegnelse

1. Innholdsfortegnelse	2
2. Introduksjon	3
3. Dokumenthistorie	4
4. Sporbarhet.....	5
5. Elementer som testes.....	5
6. Dokumentasjons prosedyre	14
7. Begrensninger	14
8. Test av overordnede krav.....	15
9. Test av design krav	41



2. Introduksjon

Dette dokumentet definerer de ulike testene opp imot kravspesifikasjonen. Testene er satt opp på en slik måte at den gir en kort beskrivelse om kravet, nummerering av kravet, hvem som er ansvarlig for den ulike testen, en verifikasjon og hva som er kriteriet for aksept av kravet.

De ulike kravene gjennomgår så en mer detaljert beskrivelse der det kommer frem hvilke egenskaper som skal testes, hvilken begrunnelse som ligger bak et godkjent eller ikke godkjent krav, prosedyren for å utføre den aktuelle testen, hva testen krever av nødvendig utstyr og hva vi forventer av resultat ut ifra testen som gjennomføres.

På lik linje som kravene i krav spesifikasjonen, er kravene og underkravene i test spesifikasjonen merket på samme måte.

Kravene er klassifisert med en prioriteringsgrad fra A til C, se tabellen under.

Prioriteringsgrad	
Klasse	Beskrivelse
A	Absolutt
B	Viktig
C	Ønskelig

Kravene er delt inn i ramme krav, funksjonelle krav og andre krav. Alle de overordnede kravene ligger i de hvite radene. Dette er de overordnede kravene:

Krav inndeling	
ID nr:	Beskrivelse
R-xx-A	Ramme krav
F-xx-A	Funksjonelle krav
A-xx-A	Andre Krav

Hvert krav er igjen delt inn i design krav hvor dette er nødvendig og er markert med grønne rader i tillegg til ID nummereringen:

Krav inndeling	
ID nr:	Beskrivelse
R-01-B	Rammekrav 1, design krav 1
F-03-C	Funksjonelt krav 3, design krav 2
A-06-D	Andre krav 6, design krav 3



Alle testene kan oppnå 1 av 3 mulige godkjenninger:

Forklaring av godkjenninger	
Oppnådd godkjenning	Beskrivelse
Godkjent	Testen er gjennomført og er godkjent.
Usikker	Dette er tester som ikke har blitt gjennomført i full skala. Dette er som regel på grunn av manglende utstyr for å teste med.
Ikke Godkjent	Testen er gjennomført og ble ikke godkjent.

3. Dokumenthistorie

Revisjon	Dato	Godkjent av	Beskrivelse
0.1	11.01.16	TMF	Oppsett og definering av krav.
0.2	17.01.16	TMF	Opprettet krav 21,22,23,24.
0.3	25.01.16	MT	Redigering i forbindelse med oppsett av egen test dokument.
0.4	02.02.16	MT	Revidering av Mal samt ferdigstilling opp mot 1. presentasjon.
0.5	03.02.16	TES	Endret i samsvar med endringer i kravspesifikasjonen.
1.0	21.02.16	TES	Utført endringer etter ønske fra ekstern veileder: Gjelder da Testspesifikasjon opp mot Krav 11 og 12.
1.1	04.03.16	TES	Oppdatert ID nummer i henhold til Kravspesifikasjon utgave 1.2.
1.2	06.03.16	AD	Implementering av testing av design krav til dokumentet.
1.3	28.03.16	TES	Ferdigstilling av dokumentet.
2.0	09.05.16	TES	Utført endringer i henhold til kravspesifikasjon 2.0
2.1	18.05.16	MT/TMF	Oppdatert og revidert test resultater.
3.0	22.05.16	MT	Revidert nummer.



4. Sporbarhet

Sporbarheten til de ulike testene er gjennomført gjennom en verifikasjon for hver test der det går klart frem hvilken utgave/revisjon som er gjeldende. Nummering av krav er også en måte å sikre sporbarheten opp imot kravspesifikasjonene. En logg over endringsdato er opprettet gjennom Dropbox der man kan se når endringen er gjort, av hvem og hvilken test det har blitt jobbet med.

Ved utarbeiding av en tidsplan får vi knyttet de ulike testene opp imot en ferdigstilling og man får informasjon om hvem som er ansvarlig for hver utført test. Sporbarheten er også helt essensiell ved feil eller mangler da det sikrer en god og ryddig prosess på feilsøking ved å gå tilbake i sporbarheten ved den bestemte delen/funksjon. Brukeren og andre involverte får gjennom sporbarhet et mer sikkert og gjennomført system.

5. Elementer som testes

En liste over alle de delene av systemet som skal testes.

Test Resultater					
ID	ID Underkrav	Test beskrivelse:	Godkjent av:	Dato:	Status
R-01-A		Enheten skal monteres i ett standard 19" rack. (482,60mm) bredt.	AD	02.02.2016	
Beskrivelse:		Vi har fått et 19" chassis av KDA som tilfredsstillers 482,60mm bredt.	AD	10.03.2016	Ferdig
▪	R-01-B	Festene til enheten skal passe inn i forkant av enheten, for å kunne trekke den ut og inn i racket.	AD	06.03.2016	
Beskrivelse:		Festene sitter godt festet til chassis og passer til skrufestene.	AD	18.05.2016	Ferdig
R-02-A		Enheten skal maks være 4U (177,8mm) høy.	AD	02.02.2016	
Beskrivelse:		Vi har fått et 19" chassis av KDA som tilfredsstillers 4U(177,8mm) høy.	AD	10.03.2016	Ferdig
F-03-A		Enheten skal levere 28VDC – 5A til 4 brukerkomponenter.	MT	02.02.2016	
Beskrivelse:		5A, 28V DC sikringer er kjøpt inn, PG nippler til forbrukerkursene er montert. mangler kun fysisk test	MT	09.05.2016	Påbegynt



		Enheten har stabil tilførsel av 28.3V DC-5A til 4 brukerkomponenter fra «power suplyet». Dette er innenfor (+-5%).	MT	18.05.2016	Ferdig
▪	F-03-B	Enheten skal inneholde 4 stk. sikringer av 5A.	MT	06.03.2016	
Beskrivelse:		Enheten består av 4 stk. 5A sikringer med tilhørende dokumentasjon fra en godkjent leverandør.	MT	18.05.2016	Ferdig
▪	F-03-C	Sikringene skal være montert i forkant av enheten slik at operatøren kan resette sikringene uten å åpne opp enheten.	MT	06.03.2016	
Beskrivelse:		Sikringene er montert og kan resettes uten fysisk å åpne enheten.	MT	18.05.2016	Ferdig
F-04-A		Enheten skal levere 28VDC – 20A til 8 brukerkomponenter.	MT	02.02.2016	
Beskrivelse:		20A, 28V DC sikringer er kjøpt inn, PG nippler til forbrukerkursene er montert. Mangler kun fysisk test.	MT	09.05.2016	Påbegynt
		Enheten har stabil tilførsel av 28.3V DC-20A til 8 brukerkomponenter fra «power suplyet». Dette er innenfor (+-5%).	MT	18.05.2016	Ferdig
▪	F-04-B	Enheten skal inneholde 8 stk. sikringer av 20A.	MT	06.03.2016	
Beskrivelse:		Enheten består av 8 stk. 20A sikringer med tilhørende dokumentasjon fra en godkjent leverandør.	MT	18.05.2016	Ferdig
▪	F-04-C	Sikringene skal være montert i forkant av enheten slik at operatøren kan resette sikringene uten å åpne opp enheten.	MT	06.03.2016	
Beskrivelse:		Sikringene er montert og kan resettes uten fysisk å åpne opp enheten.	MT	18.05.2016	Ferdig
F-05-A		Enheten skal slå av strømmen til definerte komponenter i systemet ut fra prioritet.	AD	02.02.2016	
Beskrivelse:		Bestilt skjerm, Software implementering er påbegynt.	AD	09.05.2016	Påbegynt
		Enheten prioriterer ut ifra batterikapasitet ved hjelp av et amperemeter. «State of charge»	AD	18.05.2016	Ferdig



		(SOC)er testet ved bruk av potentiometer. (se test)			
▪	F-05-B	Enheten skal inneholde 4 stk. releer til å styre 5A kursene.	AD	06.03.2016	
Beskrivelse:		Enheten består av 4 stk. releer som styrer sikringer på 5A, med tilhørende dokumentasjon fra en godkjent leverandør.	AD	18.05.2016	Ferdig
▪	F-05-C	Enheten skal inneholde 8 stk. releer til å styre 20A kursene.	AD	06.03.2016	
Beskrivelse:		Enheten består av 8 stk. releer som styrer sikringer på 20A, med tilhørende dokumentasjon fra en godkjent leverandør.	AD	18.05.2016	Ferdig
▪	F-05-D	Releene skal skru av strømmen til definerte kurser i systemet ut fra registrert prioritet.	AD	06.03.2016	
Beskrivelse:		Releene greier å slå skru av strømmen uansett belastning.	AD	18.05.2016	Ferdig
▪	F-05-E	Lage et kretskort som fungerer som et mellomledd mellom microcontroller og releer.	AD	06.03.2016	
Beskrivelse:		Kortet fungerer etter sitt formål og fungerer etter gjentatt bruk.	AD	18.05.2016	Ferdig
A-06-A		Systemets prioritet skal være konfigurerbart.	AD	02.02.2016	
Beskrivelse:		Systemets prioritet kan konfigureres gjennom LCD touch skjermen montert på enheten	AD	09.05.2016	Påbegynt
		Enheten bruker definerte prioriteringer, og akseptere ny prioriteringsrekkefølge	AD	18.05.2016	Ferdig
▪	A-06-B	Enheten skal ha et display med funksjoner som tillater en operatør å endre systemets prioritet.	AD	06.03.2016	
Beskrivelse:		Funksjonene på skjermen skal være brukervennlig og oversiktlig for operatøren.	AD	18.05.2016	Ferdig
▪	A-06-C	Enheten skal ved hjelp av mikrokontroller registrere endringen av prioritet.	AD	06.03.2016	
Beskrivelse:		Microkontrolleren registrerer prioritetsordenene.	AD	18.05.2016	Ferdig
▪	A-06-D	Enheten skal ved hjelp av mikrokontroller sette den nye	AD	06.03.2016	



		prioritets rekkefølge som aktiv rekkefølge.			
Beskrivelse:		Ny prioritet blir satt.	AD	18.05.2016	Ferdig
F-07-A		Enheten skal ha muligheten for manuell overstyring fra operatørstasjonen.	TES	02.02.2016	
Beskrivelse:		Ikke godkjent. Kravet har falt vekk i ett tidlig stadium av prosjektet da vi ikke får kommunisert med konsollen som sitter i dagens C2 system. (se test beskrivelse)	TES	09.05.2016	Ferdig
F-08-A		Enheten skal varsle visuelt.	MT	02.02.2016	
Beskrivelse:		Enheten varsler visuelt gjennom både grønn LED for hver kurs om de er på eller av og grønn, gul og rød ut ifra tilstanden til batteriet. Ikke ferdig testet.	MT	09.05.2016	Påbegynt
		indikerer ulike farger visuelt avhengig av tilstanden til enheten.	MT	18.05.2016	Ferdig
▪	F-08-B	Enheten skal ha tre lysdioder gul, grønn og rød, som viser operatøren tilstanden til batterinivået.	MT	06.03.2016	
Beskrivelse:		Lysdiodene lyser i forhold til batterinivået og er synlig for operatøren.	MT	18.05.2016	Ferdig
▪	F-08-C	Enheten skal blinke med lysdioder konstant ved alle nivåer når systemet går fra aggregat til batteri.	MT	06.03.2016	
Beskrivelse:		Lysdiodene blinker når systemet går fra aggregat (power supply) til batteri.	MT	18.05.2016	Ferdig
F-09-A		Enheten skal varsle ved hjelp av lyd.	MT	02.02.2016	
Beskrivelse:		Enheten skal varsle når systemet går over fra normal drift over på batteridrift. Enheten skal også varsle ved nedtrapping av hvert nivå.	MT	09.05.2016	Påbegynt
		Enheten varsler ved hjelp av en «buzzer» overgangen fra nettstrøm til batteri og overgangene mellom vært nivå med et 2000ms langt varsel.	MT	18.05.2016	Ferdig



▪	F-09-B	Enheten skal ha en lydenhet som skal varsle ved nedtrapping av hvert nivå	MT	06.03.2016	
Beskrivelse:		Lyden skal høres godt ved nedtrapping.	MT	18.05.2016	Ferdig
F-10-A		Enheten skal oppgi hvor mye strøm-kapasitet som er igjen i batteripakken.	TES	02.02.2016	
Beskrivelse:		Software er påbegynt	TES	09.05.2016	Påbegynt
		Enheten viser batteripakkens beregnede kapasitet på touchskjermen i fremkant av enheten.	TES	18.05.2016	Ferdig
▪	F-10-B	Enheten skal ved hjelp av displayet oppgi hvor mye strøm kapasitet som er igjen i batteripakken.	TES	06.03.2016	
Beskrivelse:		Displayet gir et grafisk bilde av gjenværende kapasitet i batteripakken.	TES	18.05.2016	Ferdig
A-11-A		Enheten skal finne batteripakkens kapasitet basert på informasjon om batteriets tilstand.	AD	02.02.2016	
Beskrivelse:		Ikke Godkjent (se test beskrivelse)	AD	18.05.2016	Ferdig
▪	A-11-B	Enheten skal ved hjelp av mikrokontroller og batterikarakteristikk finne informasjon om batteriets tilstand.	AD	06.03.2016	
Beskrivelse:		Mikrokontroller og batterikarakteristikk gir et godt bilde av batteriets tilstand.	AD	18.05.2016	Ferdig
A-12-A		Enheten skal finne batteripakkens kapasitet basert på batteriets omgivelsestemperatur.	AD	02.02.2016	
Beskrivelse:		Temperaturmålingskretsen er blitt utprøvd og leser av omgivelsestemperaturen rundt batteriene. Denne temperaturen blir brukt til å kompensere de målte spenningsverdiene fra batteribanken.	AD	18.05.2016	Ferdig
▪	A-12-B	Enheten skal måle omgivelsestemperaturen til batteripakken ved hjelp av K-type termistor.	AD	06.03.2016	



Beskrivelse:		Termistoren måler omgivelsestemperatur.	AD	18.05.2016	Ferdig
▪	A-12-C	Enheten skal ta med batteritilstand og omgivelsestemperaturen til batteripakken med i beregningene for batteriets kapasitet.	AD	06.03.2016	
Beskrivelse:		Beregningene gir et godt bilde av batteriets kapasitet.	AD	18.05.2016	Ferdig
F-13-A		Enheten skal oppgi batteriets tilstand i prosent på skjermbildet til operatøren.	TES	02.02.2016	
Beskrivelse:		Ikke Godkjent. (se test beskrivelse)	TES	18.05.2016	Ferdig
▪	F-13-B	Enheten skal oppgi batterikapasiteten på en ekstern datamaskin.	TES	06.03.2016	
Beskrivelse:		Ikke Godkjent. Operatøren som tilkobler seg enheten får samme tallverdier på batterikapasiteten som for LCD displayet hvis kan kobler opp enheten og skriver ut verdien i Arduino.	TES	18.05.2016	Ferdig
R-14-A		Enheten skal ha en kapslingsgrad tilsvarende IP 21 eller høyere	AD	02.02.2016	
Beskrivelse:		Dekket for uvedkommende gjenstander. I tillegg så er enheten beskyttet mot vertikale drypp. Dette oppnås ved at lokket til enheten er heldekkende.	AD	18.05.2016	Ferdig
▪	R-14-B	Enheten skal ikke ha åpninger større enn 12.5mm.	AD	06.03.2016	
Beskrivelse:		Ingen uønskede gjenstander større enn 12.5mm skal kunne trenge seg inn i enheten.	AD	18.05.2016	Ferdig
▪	R-14-C	Enheten skal være beskyttet mot vertikale drypp ved å ikke ha åpninger i toppen.	AD	06.03.2016	
Beskrivelse:		Enheten er beskyttet mot vertikale drypp, ved at toppen av chassis er tett.	AD	18.05.2016	Ferdig
▪	R-14-D	Enheten skal være beskyttet mot kondens ved hjelp av lufting under enheten.	AD	06.03.2016	
Beskrivelse:		Enheten er beskyttet mot kondens.	AD	18.05.2016	Ferdig



R-15-A		Enheten skal ha en utjevningsforbindelse.	MT	02.02.2016	
Beskrivelse:		Enheten har felles utjevningsforbindelse mellom chassis, forbrukerкурser og elektronikk med gul/grønn RK 6mm ² .	MT	18.05.2016	Ferdig
▪	R-15-B	Alle ledende deler i enheten skal ha samme utjevningsforbindelse.	MT	06.03.2016	
Beskrivelse:		Utjevningsforbindelsene får samme jordingspotensial.	MT	18.05.2016	Ferdig
▪	R-15-C	Det skal brukes gul/grønn kobberledning for å jorde alle ledende deler i enheten.	MT	06.03.2016	
Beskrivelse:		Ledene deler i enheten er jordet med gul/grønn leder (RK 6mm ²).	MT	18.05.2016	Ferdig
F-16-A		Enheten skal ved overstyring holde manuell drift frem til annen input er gitt.	MT	02.02.2016	
Beskrivelse:		Enheten går ikke over i automatisk drift av seg selv etter at brukeren har overstyrt enheten.	MT	18.05.2016	Ferdig
▪	F-16-B	Enheten skal ha en funksjon som gir signal når operatøren vil tilbake til automatisk styring etter å ha manuelt overstyrt systemet.	MT	06.03.2016	
Beskrivelse:		Ikke Godkjent. Per dags dato er ikke dette implementert i Software programvaren. Men dette kan gjøre i etterkant hvis det er ønskelig.	MT	18.05.2016	Ferdig
A-17-A		Betjeningspanelet skal sitte i forkant av enheten, tilgjengelig for bruker.	MT	02.02.2016	
Beskrivelse:		Betjeningspanelet blir montert i forkant, lett tilgjengelig for bruker.	MT	09.05.2016	Påbegynt
		Ferdig montert	MT	18.05.2016	Ferdig
▪	A-17-B	Betjeningspanelet skal inneholde alle nødvendige funksjoner for at systemet skal kunne opereres normalt.	MT	06.03.2016	
Beskrivelse:		Betjeningspanelet har fullt fungerende funksjoner for å kunne operere normalt under drift.	MT	18.05.2016	Ferdig
▪	A-17-C	Betjeningspanelet skal inneholde et touch display.	MT	06.03.2016	



Beskrivelse:		Touch displayet fungerer etter sitt formål.	MT	18.05.2016	Ferdig
F-18-A		Enheten skal starte opp i automatisk stilling på alle bruker enheter hver gang systemet starter opp.	TES	02.02.2016	
Beskrivelse:		Software påbegynt	TES	09.05.2016	Påbegynt
		Systemet opererer i automatisk drift når systemet blir resatt. Dette forutsetter at prioriteringen blir satt ved oppstart.	TES	18.05.2016	Ferdig
▪	F-18-B	Enheten skal ha en funksjon som resetter alle manuelle kurser tilbake til automatisk hver gang enheten går tom for strøm.	TES	06.03.2016	
Beskrivelse:		Ikke Godkjent. Hvis enheten går tom for strøm må prioritet velges på nytt. Dette er et valg vi har gjort med hensyn på oppladning av batteriet	TES	18.05.2016	Ferdig
R-19-A		Enheten skal tåle 15G sjokk i alle 6 hovedretninger.	AD	02.02.2016	
Beskrivelse:		Alt er skrudd godt fast til å tåle 15G sjokk foreløpig	AD	09.05.2016	Påbegynt
		Usikker. Enheten har Ikke gjennomført tilfredsstillende nok testing i forhold til å verifisere om enheten tåle 15G sjokk i alle retninger.	AD	18.05.2016	Ferdig
▪	R-19-B	Enheten skal være modifisert slik at chassis tåler 15G sjokk.	AD	06.03.2016	
Beskrivelse:		Usikker. Enheten har Ikke gjennomført tilfredsstillende nok testing i forhold til å verifisere om enheten tåle 15G sjokk i alle retninger.	AD	18.05.2016	Ferdig
▪	R-19-C	Alle komponenter inne i enheten skal festes til chassis på en måte som sikrer at de tåler 15G sjokk.	AD	06.03.2016	Påbegynt
Beskrivelse:		Usikker. Enheten har Ikke gjennomført tilfredsstillende nok testing i forhold til å verifisere om enheten tåle 15G sjokk i alle retninger	AD	18.05.2016	Ferdig
R-20-A		Enheten skal operere i temperaturer fra -20°C til «65°C» uten aktiv kjøling.	AD	02.02.2016	



Beskrivelse:		Nedgradert fra -40 til -20 med godkjenning fra KDA. Komponentene som er bestilt skal holde temperaturen som er angitt.	AD	09.05.2016	Påbegynt
		Usikker. (Se test beskrivelse).	AD	18.05.2016	Ferdig
▪	R-20-B	Komponentene som skal brukes i enheten skal blant annet velges ut ifra deres egenskap til å tåle temperaturer fra -20°C +65°C uten aktiv kjøling.	AD	06.03.2016	
Beskrivelse:		Utsyr som er kjøpt inn er beregnet for denne temperaturen.	AD	18.05.2016	Ferdig
A-21-A		Enheten skal være modulær slik at den kan skaleres fra 5 til 15 moduler.	MT	02.02.2016	
Beskrivelse:		Simulering ved hjelp av ORCAD, AutoCAD er påbegynt.	MT	09.05.2016	Påbegynt
		Ferdig testet. Enheten har plass til 15 moduler.	MT	18.05.2016	Ferdig
▪	A-21-B	Enheten skal designes slik at det er plass til 15 enheter.	MT	06.03.2016	
Beskrivelse:		Chassis har plass til 15 enheter.	MT	18.05.2016	Ferdig
▪	A-21-C	Enheten skal designes slik at modulene kan tas ut.	MT	06.03.2016	
Beskrivelse:		Modulene inni enheten kan lett tas ut om nødvendig.	MT	18.05.2016	Ferdig
▪	A-21-D	Enheten skal være operativ med minimum 5 enheter.	MT	06.03.2016	
Beskrivelse:		Enheten er operativ med minimum 5 enheter.	MT	18.05.2016	Ferdig
▪	A-21-E	Elektronikk skal dimensjoneres i forhold til maks strømforbruk.	MT	06.03.2016	
Beskrivelse:		Kretsbaner tåler maks strømforbruk	MT	18.05.2016	Ferdig
▪	A-21-F	Kretsbaner skal dimensjoneres i forhold til maks strømforbruk.	MT	06.03.2016	
Beskrivelse:		Kretsbaner tåler maks strømforbruk.	MT	18.05.2016	Ferdig
▪	A-21-G	Sterkstrøm kabler skal dimensjoneres i forhold til maks strømforbruk.	MT	06.03.2016	
Beskrivelse:		Febdok beregninger/dokumentasjon som viser at kablene tåler maks strøm belastning er utført.	MT	18.05.2016	Ferdig
A-22-A		Enheten skal være olivengrønn av farge.	AD	02.02.2016	
Beskrivelse:		Enheten ble olivengrønn etter påføring av fargestoff.	AD	18.05.2016	Ferdig



▪	A-22-B	Enheten skal etter lakkering/maling ha en farge som tilsvarer fargekode: Ral 6003.	AD	06.03.2016	
Beskrivelse:		Enheten er lakkert etter fargekode Ral 6003.	AD	10.05.2016	Ferdig
	F-23-A	Enheten skal ha manuell overstyring via operatørpanel på selve enheten.	TES	02.02.2016	
Beskrivelse:		Software påbegynt.	TES	09.05.2016	Påbegynt
		Enheten lar deg overstyre prioriteten av hver enkelt kurs. Operatøren kan også slå av og på kursen innenfor prioriteringsgraden til kursen.	TES	18.05.2016	Ferdig
▪	F-23-B	På betjeningspanelet til enheten skal det være et touch display slik at operatøren kan manuelt overstyre enheten.	TES	06.03.2016	
Beskrivelse:		Skåret ut for display i betjeningspanelet med skruefester.	TES	09.05.2016	påbegynt
		Festet skjerm til betjeningspanel	TES	11.05.2016	påbegynt
		Enheten blir faktisk overstyrt fra touch displayet.	TES	18.05.2016	Ferdig

6. Dokumentasjons prosedyre

Det er fint å gjennomføre tester, men man må etter gjennomført testing ha en eller annen form for dokumentasjon på at testene faktisk er gjennomført. Denne dokumentasjonen må inneholde hvem som har utført testen og nok informasjon slik at andre kan gå inn og verifisere at testene er gjennomført og gjennomført riktig.

7. Begrensninger

På grunn av både tidsrammene for prosjektet og budsjettet vil enkelte av testene være for tidkrevende og dyre til å faktisk gjennomføre. Oppdragsgiver har derfor godkjent at enkelte tester må utelukkes, eventuelt gjennomføre testene på lignende måter som kan verifisere akseptkriteriene.



8. Test av overordnede krav

Test for krav: R-01-00	
Krav beskrivelse	Enheten skal monteres i ett standard 19" rack. (482,60mm) bredt.
ID	R-01-00
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Prøvemontering
Akseptkriteria	Kan monteres i racket uten modifikasjoner.
Godkjent	Godkjent.

Egenskaper som skal testes

Her skal det testes om enheten faktisk passer inn og kan monteres i ett standard 19" rack.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent så lenge enheten lar seg montere og festes forsvarlig. Hvis enheten ikke passer inn i 19" racket er testen ikke godkjent.

Prosedyre for test

Testen vill bli utført med ett av 19" rackene brukt av KDS hos Kongsberg gruppens fasiliteter i Kongsberg. Her vil dermed enheten bli skrudd på plass i racket for å se om det oppstår komplikasjoner.

Nødvendig utstyr

19" rack

Forventet resultat

Enheten må passe i racket for å kunne brukes. Derfor er det også viktig at kablene til og fra enheten ikke er i veien.

Test resultat:

Chassiset til prototypen er gitt fra oppdragsgiver og følger derfor standardene som er gitt fra dem.



Test for krav: R-02-00	
Krav beskrivelse	Enheten skal maks være 4U (177.8mm) høy.
ID	R-02-00
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Måling
Akseptkriteria	Ikke høyere en 177.8mm
Godkjent	Godkjent

Egenskaper som skal testes

Her skal det måles om enheten faktisk ikke er høyere enn 177.8mm høy.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent så lenge enheten ikke overskrider enn høyde på 177.8mm.

Prosedyre for test

Testen vill bli utført av en ferdig casing/kapsling hvor boksen vil bli målt med skyvelære.

Nødvendig utstyr

Ferdig Casing/kapsling og skyvelære.

Forventet resultat

Enheten må passe i raket for å kunne brukes. Kapslingen må derfor ikke overstige gitte mål.

Test resultat

Chassiset er gitt fra oppdragsgiver og er et standard 4U 19" rack brukt av dem. Chassiset er innenfor de mål som er satt.

Notat:

Det opprinnelige kravet fra oppdragsgiveren var at enheten ikke måtte være høyere enn 3U. Dette kravet ble omgjort til 4U da oppdragsgiver bare hadde denne typen chassis tilgjengelige for prosjektet.

Frem og bakplate til prototypen er fremdeles laget slik at oppsettet til prototypen kan brukes i et 3U chassis også.



Test for krav: F-03-00	
Krav beskrivelse	Enheten skal levere 28VDC – 5A til 4 brukerkomponenter.
ID	F-03-00
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Måles med Fluke måleinstrument
Akseptkriteria	Skal ha stabil tilførsel av 28VDC-5A til 4 brukerkomponenter (+-5%)
Godkjent	Godkjent

Egenskaper som skal testes

Brukerkomponentene er avhengig av 28VDC-5A fra enheten for å kunne fungere optimalt. Det er da et kriterium at alle komponentene skal testes og måles med hensyn til de parameterne som er beskrevet for å oppnå at enheten og dens komponenter er stabil.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent når 4 brukerkomponenter får stabile resultater med hensyn til hva enheten skal levere, (+-5%) Alle måleresultater skal dokumenteres.

Prosedyre for test

Testen vill bli utført ved å måle spenningen og strømmen over hver av brukerkomponentene med et Fluke instrument.

Nødvendig utstyr

Fluke måleinstrument og test bokser.

Forventet resultat

Ved å måle disse komponentene sikrer vi at enheten skal fungere optimalt i drift og vi får eventuelt luket ut feil i komponentene ved ulike måleresultater.

Testresultat

Ved igangkjøring av powersuply (Compact 2400) så har vi målt utgangen til å ha stabil tilførsel på 28.3VDC og kan levere opptil 5A til 4 brukerkomponenter som tilfredsstillter et spenningsområde på (+-5%).



Tillegg: Når det gjelder batteriene så leverer et nytt Odyssey batteri ved full tilstand ca. 0.6V over 12V. Vi bruker da 2 stykker i serie, det betyr at vi får en total spenning på 25.2V. Dette tilfredsstiller også en spenningsending på (+/-5%). Etterhvert som batteriene blir dårligere etter tid så vil denne spenningen ved full tilstand synke. Når Batteriene når 22.8V (-5%) ved fullt oppladet batteri så bør batteriene byttes ut.



Test for krav: F-04-00	
Krav beskrivelse	Enheten skal levere 28VDC – 20A til 8 brukerkomponenter.
ID	F-04-00
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Måles med Fluke måleinstrument
Akseptkriterier	Skal ha stabil tilførsel av 28VDC-20A til alle 8 brukerkomponenter (+-5%)
Godkjent	Godkjent

Egenskaper som skal testes

Enheten er avhengig av 28VDC-20A til alle brukerkomponentene for å kunne fungere optimalt, det er da et kriterium at alle komponentene skal testes og måles med hensyn til de parameterne som er beskrevet for å oppnå at enheten og dens komponenter er stabil.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent når alle 8 brukerkomponenter får stabile resultater med hensyn til hva enheten skal levere, (+-5%) Alle måleresultater skal dokumenteres.

Prosedyre for test

Testen vill bli utført ved å måle spenningen og amperen over hver av brukerkomponentene med et Fluke instrument.

Nødvendig utstyr

Fluke måleinstrument og test bokser.

Forventet resultat

Ved å måle disse komponentene sikrer vi at enheten skal fungere optimalt i drift og vi får eventuelt luket ut feil i komponentene ved ulike måleresultater.

Testresultat

Ved igangkjøring av powersupply (Compact 2400) så har vi målt utgangen til å ha stabil tilførsel på 28.3VDC og kan levere opptil 20A til 8 brukerkomponenter som tilfredsstiller et spenningsområde på (+-5%).

Tillegg: Når det gjelder batteriene så leverer et nytt Odyssey batteri ved full tilstand ca.0.6V over 12V. Vi bruker da 2 stykker i serie, det betyr at vi får en total spenning på 25.2V. Dette tilfredsstiller også en spenningsending på (+-5%). Etterhvert som batteriene blir dårligere etter tid så vil denne spenningen ved full tilstand synke. Når Batteriene når 22.8V(-5%) ved fullt oppladet batteri så bør batteriene byttes ut.



Test for krav: F-05-00	
Krav beskrivelse	Enheten skal slå av strømmen til definerte komponenter i systemet ut fra prioritet.
ID	F-05-00
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Ut ifra batterikapasiteten skal enheten prioritere hvilke komponenter som skal forsynes.
Akseptkriteria	Enheten skal prioritere ut ifra batterikapasitet.
Godkjent	Godkjent

Egenskaper som skal testes

Enheten skal slå av strømmen til definerte komponenter i systemet ut fra prioritet.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen godkjennes hvis enheten skruer av strømmen til de definerte komponenter i riktig rekkefølge ut ifra prioritert og rekkefølge.

Prosedyre for test

Testen vill bli utført ved å teste styringselektronikken og simulere batterikapasiteten.

Nødvendig utstyr

Datamaskin og styringselektronikk.

Forventet resultat

Enheten må kunne operere slik at strømforsyningen slås av ved prioritet etter en logikk som tilfredsstillende en naturlig sekvens i forhold til batterinivået i batteriet.

Testresultat

Styringselektronikken er koblet til et amperemeter som monitorer hvor mye strøm som går inn og ut av batteripakken. Ut ifra dette og spenningen over batteripakka finner koden i mikrokontrolleren ut hvor mye gjenværende batterikapasitet som er igjen. Utfra denne informasjonen bestemmer styringselektronikken hvilke forbrukerkurser som skal slås av og på etter prioriteten til kursene.

Batterikapasiteten også kalt SOC er gitt i % og er i selve testen simulert med ett potensiometer av praktiske årsaker. Dette er fordi det tar for lang tid å tappe batteriene for å teste om enheten slår av strømmen til definerte komponenter i systemet ut fra prioritet. Testen viste at styringselektronikken stengte av kursen som planlagt når batterikapasiteten sank til ett bestemt nivå.



Test for krav: A-06-00	
Krav beskrivelse	Systemets prioritet skal være konfigurerbart.
ID	A-06-00
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Enheten skal lagre og bruke en forhåndsdefinert prioritering av brukerkursene.
Akseptkriteria	Enheten skal bruke definerte prioriteringer, og akseptere ny prioriteringsrekkefølge
Godkjent	Godkjent

Egenskaper som skal testes

Enheten skal lagre og bruke en forhåndsdefinert prioritering av brukerkursene. Denne prioriteringen skal kunne brukes av enheten og kunne endres av bruker.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Egenskapen for konfigurerbarhet blir godkjent dersom enheten lar seg konfigurere av bruker og disse endringene blir lagret i enheten.

Prosedyre for test

Testen vill bli utført med en ekstern datamaskin som blir tilkoblet enheten og konfigurerer denne via operatørbildet. Datamaskinen sørger for å se om systemet lar seg konfigurere.

Nødvendig utstyr

Datamaskin og styringselektronikk.

Forventet resultat

Enheten må være konfigurerbar til enhver tid, ved gjentatte tester.

Testresultat

Testen er blitt utført med touchskjerm montert på enheten. Her kan brukeren forhånds definere og lagre prioritering av brukerkursene. Dette er også blitt testet i test F-05-00. hvor Styringselektronikken stanser forsyningen til brukerdefinerte kurser ettersom batterinivået synker.

Testen viste at:

Ved 100% batterikapasitet er alle kursene med prioritet 1,2 og 3 inne.

Ved 75% batterikapasitet er alle kursene med prioritet 1 og 2 inne.

Ved 35% batterikapasitet er alle kursene med prioritet 1 inne.



Test for krav: F-07-00 (Utgår)	
Krav beskrivelse	Enheten skal ha muligheten for manuell overstyring fra operatørstasjonen.
ID	F-07-00
Ansvar for testing	Thor Erik Sivertsen
Verifikasjon	Enheten skal ha muligheten for manuell overstyring fra operatørstasjonen i form av brytere på skjermbildet til operatøren.
Akseptkriteria	Operatøren skal kunne overstyre degraderingen via operatørstasjonen.
Godkjent	Ikke godkjent

Egenskaper som skal testes

Operatørbildet på skjermen skal inneholde et dynamisk bilde, med et sett funksjoner hvor operatøren kan velge mellom automatisk eller manuell drift.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent når alle kursene kan overstyres og betjenes uavhengig av automatisk eller manuell drift.

Prosedyre for test

Testen vil bli utført som en simulering hvor programmet kjører med skjermbildet og en operatør som styrer de ulike kursene.

Nødvendig utstyr

En datamaskin med simuleringen som fungerer som skjermbildet til operatøren.

Forventet resultat

Ved å gjennomføre simuleringen vil vi få testet om vi faktisk klarer å overstyre en automatisk setting for degraderingen av de prioriterte kursene.

Test resultat

Dette kravet er satt av prosjektgruppen selv og har falt vekk i ett tidlig stadium av prosjektet da vi ikke får kommunisert med konsollen som sitter i dagens C2 system.

Det er likevel mulighet for å kommunisere med mikrokontrollerne som sitter i enheten via USB kontraktene i fremkant av enheten. Herfra har man mulig med riktig software og overstyre degraderingen via en operatørstasjon eller PC.



Test for krav: F-08-00	
Krav beskrivelse	Enheten skal varsle visuelt.
ID	F-08-00
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Skal ved hjelp av lys indikere tilstand, dette gjøres ved grønn, gul og rød fargekode.
Akseptkriteria	Skal kunne indikere ulike farger visuelt avhengig av tilstanden til enheten.
Godkjent	Godkjent

Egenskaper som skal testes

Enheten skal ved hjelp av visuell fargekode indikere om tilstanden til bruker. Dette gjøres ved at en lyskilde indikerer en visuell tilstand der grønn, gul og rød fargekode brukes for å indikere hvilket nivå enheten er i nedtrappings syklus.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent når lyskilden endrer farge etter hva slags tilstand enheten har.

Prosedyre for test

Testen vill bli utført ved at man visuelt ser at lyskilden endrer seg ut ifra de betingelsene som er satt for enheten.

Nødvendig utstyr

Styringselektronikken og Fluke måleinstrument for å kontrollere riktig spenning.

Forventet resultat

Ved å sjekke om styringselektronikken forandrer farge får brukeren en tilstands oppfatning av systemet, og skal på bakgrunn av dette informere brukere om nåværende status.

Testresultat

Enheten varsler visuelt ved hjelp av en grønn, gul og rød led diode. Enheten varsler visuelt med grønn diode til alle 15 forbrukerkursene om at sikringen er på/av. Enheten varsler også ved hjelp av grønn, gul og rød led diode når systemet går over fra normal strømforsyning til batterispenning, dette gjøres ved hjelp av at det er satt en grense på 27V. Alle Ledene blinker ettersom prioriteten på kursene har blitt bestemt fra LCD displayet og ut ifra hvor mye batteri det er igjen. Fra 100%-75% blinker alle ledene, fra 75%-35% blinker kun gul og rød og etter 35% så er det kun rød som blinker. Alle ledene blinker i en hastighet på 300ms.



Test for krav: F-09-00	
Krav beskrivelse	Enheten skal varsle ved hjelp av lyd.
ID	F-09-00
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Enheten skal varsle ved hjelp av lyd.
Akseptkriteria	Enheten skal varsle ved hjelp av lyd i overgang fra nettstrøm til batteri og batteriets status.
Godkjent	Godkjent

Egenskaper som skal testes

Enheten skal varsle med lydkilde for å fortelle brukeren at nå har man gått over fra nettspenning til batteri backup, og for å informere hva slags tilstand batteriet har. Dette gjøres ved et nytt lydsignal hver gang nivået senkes.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent når lydkilden gir lyd i de aktuelle tilfellene.

Prosedyre for test

Testen vil bli utført ved at man kjører de aktuelle tilfellene og verifiserer at du hører et lydsignal.

Nødvendig utstyr

Styringselektronikk med lydkilde

Forventet resultat

Lyd skal kunne høres godt og gi brukeren klar induksjon hva som er status for enheten.

Testresultat

Buzzeren lager et lydsignal på opptil 95DB, dette gjøres når systemet går over fra normal strømforsyning til batterispenning ved hjelp av at det er satt en grense på 27V. Buzzeren gir også et lydsignal ved vært nivånedtrapping ettersom batteriet tømmer seg, det være seg 75% og 35%. Dette er funksjons testet og gir et 2000ms langt lydsignal i de aktuelle tilfellene.



Test for krav: F-10-00	
Krav beskrivelse	Enheten skal oppgi hvor mye strøm-kapasitet som er igjen i batteripakken.
ID	F-10-00
Ansvar for testing	Thor Erik Sivertsen
Verifikasjon	Enheten skal oppgi hvor mye strøm kapasitet som er igjen i batteripakken ved hjelp av visuell varslings.
Akseptkriteria	Skal visuelt vise hvor mye strømkapasitet det er igjen i batteripakken.
Godkjent	Godkjent

Egenskaper som skal testes

Selve enheten skal ha en visuell visning som viser hvor mye strømkapasitet batteripakken har igjen.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent når enheten klart viser ved hjelp av lyskilder, hvor mye strømkapasitet som er igjen i batteripakken.

Prosedyre for test

Testen vil bli utført slik at enheten vil få påført en viss strøm og spenning. Enheten skal dermed vise hvor mye kapasitet som er igjen avhengig av hvor mye strøm og spenning vi påfører enheten.

Nødvendig utstyr

En strøm og spenningskilde som kan simulere batteripakken og selve styringsenheten med de tilhørende lysene.

Forventet resultat

Ved å gjennomføre testen vil vi få testet om de riktige lysene faktisk virker innenfor sitt strøm/spennings område og at de lyser i riktig rekkefølge.

Test resultat

Enheten viser batteripakkens beregnede kapasitet på touchskjermen i fremkant av enheten.



Test for krav: A-11-00	
Krav beskrivelse	Enheten skal finne batteripakkens kapasitet basert på informasjon om batteriets tilstand.
ID	A-11-00
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Enheten skal finne batteripakkens kapasitet basert på informasjon om batteriets tilstand
Akseptkriteria	Testen er godkjent når enheten klarer å finne ca. batteriets kapasitet ut ifra den informasjonen enheten får fra batteripakken.
Godkjent	Ikke Godkjent

Egenskaper som skal testes

Enheten skal finne batteripakkens kapasitet basert på informasjon om batteriets tilstand. Batteriets kapasitet bør baseres på indre og ytre faktorer. Batteriets tilstand er en indre faktor som må overveies for at man skal kunne beregne en så korrekt som mulig batterikapasitet.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent så lenge batteriets tilstand brukes til å beregne gjenværende batterikapasitet. Testen er ikke godkjent hvis for eksempel bare temperatur har noe å si for beregningene av gjenværende batterikapasitet.

Prosedyre for test

Testen vil bli utført ved å simulere batteripakken og styringselektronikken i ett eller flere simuleringsverktøy.

Nødvendig utstyr

Simuleringsverktøy

Forventet resultat

Elektroniske «fuel gauges» kan være ganske kompliserte og har en høy brukerterskel. Det kan derfor være en utfordring å få en slik «komponent» til og snakke med resten av systemet. Dette vil derfor også få en innvirkning på denne testen.

Test resultat

Prototypen måler gjenværende batterikapasitet basert på strømgjennomgangen gjennom batteriet og spenningen over batteripakken. Tilstanden til batteriet vil ha en sammenheng med hvor mye batteriene er ladet i coulombs og hvor mange coulombs som kan tas ut av



batteriene. Denne funksjonaliteten finnes ennå ikke i software koden pga. mangel av tid. Dette er likevel noe som kan legges inn i etterkant.



Test for krav: A-12-00	
Krav beskrivelse	Enheten skal finne batteripakkens kapasitet basert på batteriets omgivelsestemperatur.
ID	A-12-00
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Batteriet skal simuleres ved hjelp av simuleringsverktøy og brukes opp imot styringselektronikken.
Akseptkriteria	Styringselektronikken skal ta høyde for batteriets omgivelsestemperatur, når den beregner batteriets kapasitet.
Godkjent	Godkjent

Egenskaper som skal testes

Enheten skal finne batteripakkens kapasitet basert på batteriets omgivelsestemperatur. Batteriets kapasitet bør baseres på indere og ytre faktor. Batteriets omgivelsestemperatur er en ytre faktor som må overveies for at man skal kunne beregne en så korrekt som mulig batterikapasitet.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent så lenge batteriets omgivelsestemperatur brukes til å beregne gjenværende batterikapasitet. Testen er ikke godkjent hvis for eksempel bare batteriets tilstand har noe å si for beregningene av gjenværende batterikapasitet.

Prosedyre for test

Testen vil utført ved å simulere batteripakke og styringselektronikken i ett eller flere simuleringsverktøy.

Nødvendig utstyr

- Ett simuleringsverktøy som gir en god indikasjon på batteriet egenskaper under forskjellige omgivelsestemperaturer.
- Styringsverktøy

Forventet resultat

Elektroniske «fuel gauges» kan være ganske kompliserte og har en høy brukerterskel. Det kan derfor være en utfordring å få en slik «komponent» til og snakke med resten av systemet. Dette vil derfor også få en innvirkning på denne testen.

Test resultat



Temperaturmålingskretsen er blitt utprøvet og leser av omgivelsestemperaturen rundt batteriene. Denne temperaturen blir brukt til å kompensere de målte spenningsverdiene fra batteribanken.



Test for krav: F-13-00	
Krav beskrivelse	Enheten skal oppgi batteriets tilstand i prosent på skjermbildet til operatøren.
ID	F-13-00
Ansvar for testing	Thor Erik Sivertsen
Verifikasjon	Enheten skal oppgi batteriets tilstand til enhver tid på skjermbildet til operatøren, som en prosent av opprinnelig kapasitet. Hvor 100 % er et nytt batteri med full kapasitet.
Akseptkriteria	Enheten skal oppgi dette ved enhver tid på operatørens skjerm.
Godkjent	Ikke Godkjent

Egenskaper som skal testes

Selve enheten bør ha en funksjon overført til displayet til operatøren som viser batteritilstand i prosent. 100% er da et nytt batteri med full kapasitet. Brukeren velger selv ved hvilken grad av prosent batteriet bør byttes ut.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent når enheten er i stand til å måle, registrere og vise batteritilstanden til batteripakken.

Prosedyre for test

Testen vil bli utført ved at enheten blir koblet opp til en variabel strøm og spenningskilde og ut ifra hvor mye strøm og spenning vi stiller inn på kilden, skal enheten vise batteritilstanden på skjermbildet til operatøren.

Nødvendig utstyr

En strøm og spenningskilde som skal simulere en batteripakke med ulike nivåer av batteritilstand. Man trenger også selve enheten med kommunikasjon opp mot en pc som skal simulere skjermbildet til operatøren med en funksjon som viser batteritilstanden.

Forventet resultat

Ved å gjennomføre testen vil vi få testet om enheten klarer å måle, registrere og vise batteritilstanden på et skjermbilde.

Test Resultat

Tilstanden til batteriet vil ha en sammenheng med hvor mye batteriene er ladet i coulombs og hvor mange coulombs som kan tas ut av batteriene. Denne funksjonaliteten finnes ennå ikke i software koden pga. mangel av tid. Dette er likevel noe som kan legges inn i etterkant.



Test for krav: R-14-00	
Krav beskrivelse	Enheten skal ha en kapslingsgrad tilsvarende IP 21 eller høyere.
ID	R-14-00
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Enheten blir fysisk testet.
Akseptkriteria	Dekket for uvedkommende gjenstander.
Godkjent	Godkjent

Egenskaper som skal testes

Her skal det testes om enheten er dekket i alle rettinger, slik at mindre gjenstander ikke kommer i kontakt med elektronikken i enheten.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent så lenge enheten ikke tar skade av små gjenstander, som kan være en fare for at elektronikken inne i enheten blir skadet. Det gjelder gjenstander ikke mindre enn 12,5mm i diameter.

Prosedyre for test

Testen vil bli utført med forskjellige gjenstander.

Nødvendig utstyr

Verktøy med 12,5mm i diameter.

Forventet resultat

Enheten må kunne være sikker for uventede påkjenninger, som kan forekomme under drift.

Test Resultat

Kapslingsgrad tilsvarende IP 21 betyr at enheten skal være fingersikker som tilsier at enheten ikke skal være gjennomtreng bar av gjenstander større en 12,5mm. De største hullene på enheten er luftehulene under enheten og disse er mindre en 12,5mm.

I tillegg skal enheten være beskyttet mot vertikale drypp. Dette oppnås ved at lokket til enheten er heldekkende.

Dette forutsetter likevel at lokket til enheten er montert med skruer innsatt med locktite og kantene på lokket er innsatt med silikon.



Test for krav: R-15-00	
Krav beskrivelse	Enheten skal ha en utjevningsforbindelse
ID	R-15-00
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Enheten skal ha utjevningsforbindelse mellom utsatt del og andre ledende deler slik at de holdes på omtrent samme spenningsmessige potensial.
Akseptkriteria	Sikre eller hindre at det ikke kan oppstå elektriske støt mellom komponenter og mennesker.
Godkjent	Godkjent

Egenskaper som skal testes

Utjevningsforbindelse i enheten skal sørge for at elektrisk ledende forbindelse mellom utsatt del og andre ledende deler holdes på samme eller omtrent samme spenningsmessige potensial. Dette for å unngå farlig eller ubehagelig elektrisk støt

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent når man har sikret og eller hindret at det ikke kan oppstå elektriske støt mellom komponenter og mennesker.

Prosedyre for test

Testen vil bli utført ved at man tester ledeevne mellom ledende deler, hvor man sikrer at utjevningen tilfredsstiller omtrent samme spenningsmessige potensial.

Nødvendig utstyr

Fluke Måleinstrument.

Forventet resultat

Ved å gjennomføre en test av utjevningsforbindelse så sikrer vi at det ikke kan oppstå elektriske støt mellom komponenter/mennesker og at ikke noe utstyr kan bli ødelagt som følge av kortslutning.

Testresultat

Dette er sikret gjennom å bruke en jordingsskinne med 24 tilkoblinger i selve enheten med tilegnet beskyttelse og en jordingsrekkeklemme som er montert på en DIN skinne. En gul/grønn RK 6mm² med hylser/kabelsko er trekt ut til alle ledende deler i chassis og ved hver forbrukerkurs kobles jordingen inn i jordingsskinnen for å sikre at alle ledende deler har samme potensialet og leder strømmen mot jord slik at det ikke oppstår elektriske støt mellom komponenter/mennesker eller at det oppstår kortslutninger.



Test for krav: F-16-00	
Krav beskrivelse	Enheten skal ved overstyring holde manuell drift frem til annen input er gitt.
ID	F-16-00
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Enheten skal ved overstyring være sikret mot ikke å gå tilbake i drift automatisk.
Akseptkriteria	Enheten går ikke over i automatisk drift av seg selv etter at brukeren har overstyrt enheten.
Godkjent	Godkjent

Egenskaper som skal testes

Enheten skal ved overstyring fra operatøren ikke falle tilbake til automatisk drift av seg selv. På den måten sikrer vi at ikke noe startes uten at operatøren har kontroll.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent når enheten ikke faller tilbake i automatisk drift etter endt styrbarhet.

Prosedyre for test

Testen vil bli utført ved at man tester driften før og etter overstyring.

Nødvendig utstyr

En datamaskin med simuleringen som fungerer som skjermbildet til operatøren og styringselektronikk.

Forventet resultat

Ved å gjennomføre en test av automatisk drift så sikrer vi at ikke noe uønsket starter opp. Dette skal gi en trygghet for operatøren om nåværende status.

Testresultat

Slik som systemet fungerer så er det ingen ting som vil starte opp automatisk før man manuelt har skrudd den på og valgt prioritet. Dersom man skruer av en kurs manuelt som man for eksempel har satt til prioritet 2 så vil ikke denne sikringen skru seg på automatisk ved å gå over på batteri backup.



Test for krav: A-17-00	
Krav beskrivelse	Betjeningspanelet skal sitte i forkant av enheten, tilgjengelig for bruker.
ID	A-17-00
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Betjeningspanelet skal være tilgjengelig for brukeren.
Akseptkriteria	Betjeningspanelet skal sitte i forkant av enheten tilgjengelig for brukeren.
Godkjent	Godkjent

Egenskaper som skal testes

Betjeningspanelet skal sitte i forkant av enheten, lett tilgjengelig for bruker slik at operatøren får rask og god oversikt over panelet og dens komponenter.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent ved at betjeningspanel er plassert i forkant av enheten og lar seg betjene av bruker.

Prosedyre for test

Testen vil bli utført ved at betjeningspanelet er lett tilgjengelig og dens komponenter.

Nødvendig utstyr

Betjeningspanel.

Forventet resultat

Ved at panelet er foran skal det sikres at operatøren får rask og best mulig tilgjengelighet og oversikt over betjeningspanelet ved bruk.

Testresultat

Betjeningspanelet er lett tilgjengelig ved at den er plassert på midt på framsiden av selve enheten. Fra betjeningspanelet så kan brukeren prioritere og definere kurser manuelt. Ved hjelp av at betjeningspanelet er plassert lett tilgjengelig så har også brukeren god oversikt over batteritilstanden som også kan leses av på betjeningspanelet.



Test for krav: F-18-00	
Krav beskrivelse	Enheten skal starte opp i automatisk stilling på alle bruker enheter hver gang systemet starter opp.
ID	F-18-00
Ansvar for testing	Thor Erik Sivertsen
Verifikasjon	Enheten skal starte opp i en fast stilling hver gang, hvor alle enheter står i automatisk stilling.
Akseptkriteria	Enheten skal starte opp i automatisk stilling på alle enheter uavhengig av hva de sto i før enheten gikk tom for strøm eller systemet ble startet opp på nytt.
Godkjent	Godkjent

Egenskaper som skal testes

Selve enheten skal ha en resett funksjon som resetter alle manuelle stillinger til automatisk når enheten enten går tom for strøm og starter opp igjen etter å ha fått igjen strømforsyningen, eller strømforsyningen kommer tilbake før batteripakken er tom.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent når enheten resetter alle stillinger fra manuell til automatisk hver gang den går tilbake fra batteridrift til fast strømforsyning.

Prosedyre for test

Testen vil bli utført ved at vi gjentatte ganger kutter strømforsyningen til enheten for å teste om at den faktisk resetter alle enhetene.

Nødvendig utstyr

En strøm og spenningskilde som lett kan kutte strømforsyningen til enheten og som kan simulere strømbrudd eller tomt batteri.

Forventet resultat

Ved å gjennomføre testen vil vi se om enheten er programmert riktig slik at den faktisk resetter alle stillinger fra manuell til auto.

Test resultat

Systemet opererer i automatisk drift når systemet blir resatt. Dette forutsetter at prioriteringen blir satt ved oppstart.



Test for krav: R-19-00	
Krav beskrivelse	Enheten bør tåle 15G sjokk i alle 6 hovedretninger.
ID	R-19-00
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Fritt falls sjokk test
Akseptkriteria	Ingen defekter.
Godkjent	Usikker

Egenskaper som skal testes

Mekanisk sjokk kan potensielt skade enheten. Av denne grunn er det krav til beskyttelse mot sjokk. Her skal det måles om enheten tåler 15G sjokk i alle 6 hovedretninger.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent så lenge enheten er fullt operativ samt uten funksjonelle skader på kapslingen.

Prosedyre for test

Testen vill bli utført i et fritt falls test stativ.

Nødvendig utstyr

Fritt falls test stativ

Forventet resultat

Fritt falls test kan vise oss ting i designet som vi ikke har forutsett både innvendig og utvendig.

Test Resultat

Enheten har Ikke gjennomført tilfredsstillende nok testing i forhold til å verifisere om enheten tåle 15G sjokk i alle retninger.

Enheten har blitt bygget for å være mest mulig robust mot sjokk. Her kan nevnes innfesting av kretskort som er gjort med gummiknotter for å gi best mulig dempning. Dette må uansett testet nøye før vi kan godkjenne enheten for disse påkjenningen. Det skal også sies at dette er et «bør» krav gitt fra KDA.



Test for krav: R-20-00	
Krav beskrivelse	Enheten skal operere i temperaturer fra -40°C til 65°C uten aktiv kjøling.
ID	R-20-00
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Operasjonstest i varierende temperatur
Akseptkriteria	Skal tåle -40°C til 65°C uten operative funksjonelle defekter.
Godkjent	Usikker

Egenskaper som skal testes

Enheten skal være fullt operativ under krevende forhold. Deriblant skal enheten fungere i temperaturer fra arktiske forhold til ørken. Dette setter store krav til enhetens termiske egenskaper.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent så lenge enheten er fullt operativ, samt uten funksjonelle skader utenpå og inni kapslingen.

Prosedyre for test

Testen vil bli utført i et varmeskap og ett kjøleskap mens vi utfører en simulert testsekvens. I denne testsekvensen vil vi teste alle funksjonene til enheten.

Nødvendig utstyr

Varmeskap, fryseskap og test bokser (dummyloads).

Forventet resultat

Temperatur kan ha stor innvirkning på systemet. Ved høy temperatur kan elektronikken ta skade mens ved lave temperaturer kan systemets responstid bli svært høy.

Test Resultat:

Den originale kravspesifikasjonen tilsa en temperatur på -40 til 65°C. Dette ble omgjort til -20 til 65°C da prisen for en prototype som skal operere i slike temperaturer ville bli for dyrt og bygge i dette prosjektet. I tillegg var dette et «bør» krav fra KDA.

Det er blitt gjort en rent teoretisk «test» hvor det er blitt undersøkt at samtlige komponenter som er blitt brukt i prototypen faller innenfor det gitte temperatur området.

Likevel må dette testet skikkelig før vi kan godkjenne enheten for bruk i hele temperaturområdet.



Test for krav: A-21-00	
Krav beskrivelse	Enheten bør være modulær slik at den kan skaleres fra 5 til 15 moduler.
ID	A-21-00
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Dette verifiseres i design-fasen, ved hjelp av simulering og Cad (computer assisted design). Samt fysisk prøvemontering i konstruksjonsfasen.
Akseptkriteria	Enheten skal ha plass til 15 moduler.
Godkjent	Godkjent

Egenskaper som skal testes

Enheten skal kunne skaleres fra 5 til 15 brukerkomponenter og i den sammenheng må vi forsikre oss om at det er nok fysisk plass på enheten til at dette lar seg gjøre. I tillegg må elektronikken inne i boksen være dimensjonert for strømbelastingen fra de ekstra bruker komponentene.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Alle brukerkomponentene kan forsynes med enheten ved å bytte ut deler av kraftelektronikken.

Prosedyre for test

Testen vil bli utført i første omgang ved simulering og måling i Cad. Det skal også måles fysisk ved hjelp av målebånd og/eller tester at det er plass til 15 brukerkomponenter. I tillegg vil vi kontrollere at alt av elektronikk, kabler og kretsbaner er dimensjonert for maks strømbruk.

Nødvendig utstyr

Cad-design og simuleringsverktøy. Ferdig produkt og målebånd.

Forventet resultat

Skal kunne passe overens uten at det påvirker andre komponenter. Det er forventet at det kan bli dårlig plass. Derfor må vi tenke på varmeutvikling og støy, dette er problemer som kan oppstå når mye strøm går igjennom boksen.

Testresultat

Vi har ved hjelp av AutoCAD, ORCAD og skyvelære målt avstander mellom releer og forbrukerkurs sikringene slik at det er plass og modulerbart opptil 15 brukerkomponenter. Releene har en avstand på 23mm og sikringene i forkant har en avstand på 35mm i bredden.



Test for krav: A-22-00	
Krav beskrivelse	Enheten skal være olivengrønn av farge.
ID	A-22-00
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Enheten blir farget.
Akseptkriteria	Enhet skal bli olivengrønn etter påføring av fargestoff.
Godkjent	Godkjent

Egenskaper som skal testes

Enheten skal framstå som olivengrønn av farge.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent så lenge enheten ikke blir misfarget etter påføring av olivengrønn farge.

Prosedyre for test

Enheten blir testet ved å sammenligne med fargeplett med riktig fargekode.

Nødvendig utstyr

Fargeplett med farge Ral 6003.

Forventet resultat

En olivengrønn farge på enheten tilsvarende fargekode Ral 6003.

Test Resultat

Fargen til enheten samsvarer med Ral 6003.



Test for krav: F-23-00	
Krav beskrivelse	Enheten skal ha manuell overstyring via operatørpanel på selve enheten.
ID	F-23-00
Ansvar for testing	Thor Erik Sivertsen
Verifikasjon	Enheten skal kunne overstyres manuelt via et bryterpanel eller lignende.
Akseptkriteria	Bryterne for manuell styring skal være tilgjengelig i forkant av enheten.
Godkjent	Godkjent

Egenskaper som skal testes

Selve enheten skal ha et bryterpanel for alle forbruker kursene i forkant av enheten. Disse skal kunne betjenes av en operatør, og skal holde den posisjonen de er blitt satt i til operatøren selv velger en annen stilling.

Egenskaper godkjent/ikke godkjent

Testen er godkjent når bryterne lar seg betjene og systemet registrerer endringen i stillingen.

Prosedyre for test

Testen vil bli utført ved at bryterpanelet vil bli testet opp mot programmeringen for å se om signalene fra bryterne faktisk blir registrert.

Nødvendig utstyr

Et komplett bryterpanel og en pc med programmeringen klar. En kommunikasjonskabel for kommunikasjon mellom pc og bryterpanelet.

Forventet resultat

Ved å gjennomføre testen vil vi få testet om bryterne faktisk lar seg styre manuelt og om det manuelle panelet er kompatibelt med operatør stasjonen (PC-en).

Test resultat

Enheten lar deg overstyre prioriteten av hver enkelt kurs. Operatøren kan også slå av og på kursen innenfor prioriteringsgraden til kursen.



9. Test av design krav

Test for krav: R-01-B	
Krav beskrivelse	Festene til enheten skal passe inn i forkant av enheten, for å kunne trekke den ut og inn i raket.
ID	R-01-01
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Festene passer inn i forkant av enheten.
Akseptkriteria	Festene sitter godt festet til chassis og passer til skrufestene.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: F-03-B	
Krav beskrivelse	Enheten skal inneholde 4 stk. sikringer av 5A.
ID	F-03-01
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen.
Verifikasjon	Enheten inneholder 4 sikringer av 5A.
Akseptkriteria	Enheten består av 4 stk. 5A sikringer med tilhørende dokumentasjon fra en godkjent leverandør.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: F-03-C	
Krav beskrivelse	Sikringene skal være montert i forkant av enheten slik at operatøren kan resette sikringene uten å åpne opp enheten.
ID	F-03-02
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Sikringene er montert i forkant av enheten, med bare utløsermekanismen (bryteren) stikkende ut av chassis.
Akseptkriteria	Sikringene er montert og kan resettes uten fysisk å åpne enheten.
Godkjent	Godkjent



Test for krav: F-04-B	
Krav beskrivelse	Enheten skal inneholde 8 stk. sikringer av 20A
ID	F-04-01
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Enheten inneholder 8 sikringer av 20A.
Akseptkriteria	Enheten består av 8 stk. 20A sikringer med tilhørende dokumentasjon fra en godkjent leverandør.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: F-04-C	
Krav beskrivelse	Sikringene skal være montert i forkant av enheten slik at operatøren kan resette sikringene uten å åpne opp enheten.
ID	F-04-02
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Sikringene er montert i forkant av enheten, med bare utløsermekanismen (bryteren) stikkende ut av chassis.
Akseptkriteria	Sikringene er montert og kan resettes uten fysisk å åpne opp enheten.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: F-05-B	
Krav beskrivelse	Enheten skal inneholde 4 stk. releer til å styre 5A kursene.
ID	F-05-01
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Enheten inneholder 4 releer, som er kompatibel med å styre sikringer på 5A.
Akseptkriteria	Enheten består av 4 stk. releer som styrer sikringer på 5A, med tilhørende dokumentasjon fra en godkjent leverandør.
Godkjent	Godkjent



Test for krav F-05-C	
Krav beskrivelse	Enheten skal inneholde 8 stk. releer til å styre 20A kursene.
ID	F-05-02
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Enheten inneholder 8 releer, som er kompatibel med å styre sikringer på 20A.
Akseptkriteria	Enheten består av 8 stk. releer som styrer sikringer på 20A, med tilhørende dokumentasjon fra en godkjent leverandør.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: F-05-D	
Krav beskrivelse	Releene skal skru av strømmen til definerte kurser i systemet ut fra registrert prioritet.
ID	F-05-03
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Releene skrur av strømmen til definerte kurser ut i fra prioritet.
Akseptkriteria	Releene greier å slå skru av strømmen uansett belastning.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: F-05-E	
Krav beskrivelse	Lage et kretskort som fungerer som et mellomledd mellom microcontroller og releer.
ID	F-05-04
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Kortet skal designes og testes ut.
Akseptkriteria	Kortet fungerer etter sitt formål og fungerer etter gjentatt bruk.
Godkjent	Godkjent



Test for krav: A-06-B	
Krav beskrivelse	Enheten skal ha et display med funksjoner som tillater en operatør å endre systemets prioritet.
ID	A-06-01
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Ved å trykke på skjermen kan operatøren endre systemets prioritet.
Akseptkriteria	Funksjonene på skjermen skal være brukervennlig og oversiktlig for operatøren.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: F-06-C	
Krav beskrivelse	Enheten skal ved hjelp av mikrokontroller registrere endringen av prioritet.
ID	F-05-03
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Microkontrolleren registrerer endringene av prioritet etter feedback fra display ved en eventuell endring av prioritet.
Akseptkriteria	Microkontrolleren registrerer prioritetsordenene.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: A-06-D	
Krav beskrivelse	Enheten skal ved hjelp av mikrokontroller sette den nye prioritets rekkefølge som aktiv rekkefølge.
ID	A-06-03
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Microkontrolleren setter den nye prioriteringsrekkefølgen som aktiv rekkefølge.
Akseptkriteria	Ny prioritet blir satt.
Godkjent	Godkjent



Test for krav: F-08-B	
Krav beskrivelse	Enheden skal ha tre lysdioder gul, grønn og rød, som viser operatøren tilstanden til batterinivået.
ID	F-08-01
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Rød diode skal vise laveste nivå, gul viser mellomste nivå og grønn viser høyeste nivå som er igjen i batteripakken.
Akseptkriteria	Lysdiodene lyser i forhold til batterinivået og er synlig for operatøren.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: F-08-C	
Krav beskrivelse	Enheden skal blinke med lysdioder konstant ved alle nivåer når systemet går fra aggregat til batteri.
ID	F-08-02
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Lysdiodene grønn, gul og rød blinker ved batteridrift.
Akseptkriteria	Lysdiodene blinker når systemet går fra aggregat til batteri.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: F-09-B	
Krav beskrivelse	Enheden skal ha en lydenhet som skal varsle ved nedtrapping av hvert nivå
ID	F-09-01
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Enheden lager lyd ved nedtrapping.
Akseptkriteria	Lyden skal høres godt ved nedtrapping.
Godkjent	Godkjent



Test for krav: F-10-B	
Krav beskrivelse	Enheten skal ved hjelp av displayet oppgi hvor mye strøm kapasitet som er igjen i batteripakken.
ID	F-10-01
Ansvar for testing	Thor Erik Sivertsen
Verifikasjon	Displayet viser informasjon om hvor mye som er igjen i batteripakken.
Akseptkriteria	Displayet gir et grafisk bilde av gjenværende kapasitet i batteripakken.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: F-11-B	
Krav beskrivelse	Enheten skal ved hjelp av mikrokontroller og batterikarakteristikk finne informasjon om batteriets tilstand.
ID	F-11-01
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Loggfører ved hjelp av mikrokontroller tilstanden til batteriet, samt bruker karakteristikken til batteriet for å sjekke om tilstanden er god eller dårlig.
Akseptkriteria	Mikrokontroller og batterikarakteristikk gir et godt bilde av batteriets tilstand.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: F-12-B	
Krav beskrivelse	Enheten skal måle omgivelsestemperaturen til batteripakken ved hjelp av K-type termistor.
ID	F-12-01
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Enheten skal registrere omgivelsestemperatur fra -20 til +65 grader med en termistor.
Akseptkriteria	Termistoren måler omgivelsestemperatur.
Godkjent	Godkjent



Test for krav: F-12-C	
Krav beskrivelse	Enheten skal ta med batteritilstand og omgivelsestemperaturen til batteripakken med i beregningene for batteriets kapasitet.
ID	F-12-02
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Enheten beregner batteriets kapasitet i forhold til batteritilstand og omgivelsestemperatur.
Akseptkriteria	Beregningene gir et godt bilde av batteriets kapasitet.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: F-13-B	
Krav beskrivelse	Enheten skal oppgi batterikapasiteten på en ekstern datamaskin.
ID	F-13-01
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Datamaskinen tilkobles ved hjelp av USB-port direkte på enheten for å kunne lese av batterikapasiteten.
Akseptkriteria	Operatøren som tilkobler seg enheten får et bilde av batterikapasiteten.
Godkjent	Ikke Godkjent

Test for krav: R-14-B	
Krav beskrivelse	Enheten skal ikke ha åpninger større enn 12.5mm.
ID	R-14-01
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Enheten testes ved hjelp av verktøy, for å se om åpningen på chassis ikke er større enn 12.5mm.
Akseptkriteria	Ingen uønskede gjenstander større enn 12.5mm skal kunne trenge seg inn i enheten.
Godkjent	Godkjent



Test for krav: R-14-C	
Krav beskrivelse	Enheten skal være beskyttet mot vertikale drypp ved å ikke ha åpninger i toppen.
ID	R-14-02
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Enheten påføres vertikale drypp.
Akseptkriteria	Enheten er beskyttet mot vertikale drypp, ved at toppen av chassis er tett.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: R-14-D	
Krav beskrivelse	Enheten skal være beskyttet mot kondens ved hjelp av lufting under enheten.
ID	R-14-03
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Enheten har lufting i bunn av enheten.
Akseptkriteria	Enheten er beskyttet mot kondens.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: R-15-B	
Krav beskrivelse	Alle ledende deler i enheten skal ha samme utjevningsforbindelse.
ID	R-15-01
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Jordingen til alle delene får samme utjevningsforbindelse.
Akseptkriteria	Utjevningsforbindelsene får samme jordingspotensial.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: R-15-C	
Krav beskrivelse	Det skal brukes gul/grønn kobberledning for å jorde alle ledende deler i enheten.
ID	R-15-02
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Det brukes Cu-ledning merket med gul/grønn til å jorde ledene deler i enheten.
Akseptkriteria	Ledene deler i enheten er jordnet med gul/grønn leder.
Godkjent	Godkjent



Test for krav: F-16-B	
Krav beskrivelse	Enheten skal ha en funksjon som gir signal når operatøren vil tilbake til automatisk styring etter å ha manuelt overstyret systemet.
ID	F-16-01
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Fra manuelt til automatisk styring skal enheten skifte ved hjelp av en funksjon integrert i enheten.
Akseptkriteria	Enheten skifter fra manuell til automatisk drift.
Godkjent	Ikke Godkjent.

Test for krav: A-17-B	
Krav beskrivelse	Betjeningspanelet skal inneholde alle nødvendige funksjoner for at systemet skal kunne opereres normalt.
ID	A-17-01
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Betjeningspanelet inneholder alle nødvendige funksjoner.
Akseptkriteria	Betjeningspanelet har fullt fungerende funksjoner for å kunne operere normalt under drift.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: A-17-C	
Krav beskrivelse	Betjeningspanelet skal inneholde et touch display.
ID	A-17-02
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Betjeningspanelet inneholder et touch display.
Akseptkriteria	Touch displayet fungerer etter sitt formål.
Godkjent	Godkjent



Test for krav: F-18-B	
Krav beskrivelse	Enheten skal ha en funksjon som resetter alle manuelle kurser tilbake til automatisk hver gang enheten går tom for strøm.
ID	F-18-01
Ansvar for testing	Thor Erik Sivertsen
Verifikasjon	Enheten resetter manuelle kurser til automatiske hver gang enheten går tom for strøm.
Akseptkriteria	Funksjonen som implementeres i enheten fungerer etter sitt formål.
Godkjent	Ikke Godkjent

Test for krav: R-19-B	
Krav beskrivelse	Enheten skal være modifisert slik at chassis tåler 15G sjokk.
ID	R-19-01
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Enheten påføres 15G sjokk, for å se om den opprettholder kravene.
Akseptkriteria	Enheten tåler 15G sjokk.
Godkjent	Usikker

Test for krav: R-19-C	
Krav beskrivelse	Alle komponenter inne i enheten skal festes til chassis på en måte som sikrer at de tåler 15G sjokk.
ID	R-19-02
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Komponentene inne i chassis er tilstrekkelig festet for å kunne tåle 15G sjokk.
Akseptkriteria	Komponentene tåler 15G sjokk.
Godkjent	Usikker



Test for krav: R-20-B	
Krav beskrivelse	Komponentene som skal brukes i enheten skal blant annet velges ut ifra deres egenskap til å tåle temperaturer fra -20°C - 65°C uten aktiv kjøling.
ID	R-20-01
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Komponenter inni enheten tåler temperaturer fra -20 til +65 grader
Akseptkriteria	Komponentene er godkjent for å kunne tåle omgivelsestemperatur fra -20 til +65 grader.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: A-21-B	
Krav beskrivelse	Enheden skal designes slik at det er plass til 15 enheter.
ID	A-21-02
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Det er plass til 15 enheter.
Akseptkriteria	Chassis har plass til 15 enheter.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: A-21-C	
Krav beskrivelse	Enheden skal designes slik at modulene kan tas ut.
ID	A-21-02
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Modulene kan tas ut av enheten uten å gjøre større inngrep.
Akseptkriteria	Modulene inni enheten kan lett tas ut om nødvendig.
Godkjent	Godkjent



Test for krav: A-21-D	
Krav beskrivelse	Enheten skal være operativ med minimum 5 enheter.
ID	A-21-03
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Enheten kjører med minimum 5 enheter under drift.
Akseptkriteria	Enheten er operativ med minimum 5 enheter.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: A-21-E	
Krav beskrivelse	Elektronikk skal dimensjoners i forhold til maks strømforbruk.
ID	A-21-04
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Elektronikken simuleres og testes ut.
Akseptkriteria	Elektronikken tåler maks strømforbruk.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: A-21-F	
Krav beskrivelse	Kretsbaner skal dimensjoners i forhold til maks strømforbruk.
ID	A-21-05
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Kretsbaner simuleres og testes ut.
Akseptkriteria	Kretsbaner tåler maks strømforbruk.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: A-21-G	
Krav beskrivelse	Sterkstrøm kabler skal dimensjoners i forhold til maks strømforbruk.
ID	A-21-06
Ansvar for testing	Magnus Thorkildsen
Verifikasjon	Beregninger/dokumentasjon som viser at kablene tåler maks strøm belastning.
Akseptkriteria	Kablene tåler maks strømforbruk.
Godkjent	Godkjent



Test for krav: A-22-B	
Krav beskrivelse	Enheten skal etter lakkering/maling ha en farge som tilsvarer fargekode: Ral 6003.
ID	A-22-01
Ansvar for testing	Arber Demiri
Verifikasjon	Enheten farges med fargen oliven grønn, som gir tilsvarende farge som Ral 6003.
Akseptkriteria	Fargen er oliven grønn.
Godkjent	Godkjent

Test for krav: F-23-B	
Krav beskrivelse	På betjeningspanelet til enheten skal det være et touch display slik at operatøren kan manuelt overstyre enheten.
ID	F-23-01
Ansvar for testing	Thor Erik Sivertsen
Verifikasjon	Enheten styres ved touch display slik at operatøren kan overstyre enheten manuelt.
Akseptkriteria	Enheten blir faktisk overstyrt fra touch displayet.
Godkjent	Godkjent



KONGSBERG



-Increase the longevity of your battery powered system

Sluttrapport for Inception fasen

Longevity

Oppdragsgiver:	Kongsberg Defence Systems			
Gruppemedlemmer	Navn			Initialer
	Arber Demiri			AD
	Thor Erik Sivertsen			TES
	Magnus Thorkildsen			MT
	Tore Martin Flataas			TMF
Versjon	Revisjon	Dato	Godkjent av	Antall sider
	0.1	10.02.16	TES	4
	1.0	11.02.16	TES	5
	2.0	22.05.16	MT	5

1. Sammendrag

Denne sluttrapporten er en beskrivelse av hva gruppen har lært i planleggingsprosessen, altså inception fasen. Vi har diskuterte hva som gikk bra og hva som må gjøres for å oppnå best mulig resultat. Det vi har lært i inception fasen vil vi ta med oss videre inn i neste fase av prosjektet som er elaborasjons fasen.

2. Dokumenthistorie

Revisjon	Dato	Godkjent av	Beskrivelse
0.1	10.02.16	TES	Oppretting av dokument.
1.0	11.02.16	TES	Ferdigstillelse av dokument.
2.0	22.05.16	MT	Endring av versjonsnummer.

3. Innholdsfortegnelse

1. Sammendrag	2
2. Dokumenthistorie	2
3. Innholdsfortegnelse	3
4. Administrativt arbeid	4
5. Budsjett	4
6. Krav.....	4
7. Reguleringssteknikk 2	5
8. Veien videre.....	5
9. Konklusjon	6



4. Administrativt arbeid

Det administrative arbeidet i prosjektet har vist seg å ta lengre tid enn antatt, derfor har gruppen tenkt å gjøre endringer på måten timer og aktiviteter blir ført inn på, og holdt oversikt over. Det er med på å gjøre prosjektet mer effektivt, samtidig som sporbarheten i prosjektet blir bedre. Rettskrivning må også utbedres i Excel og andre type programvarer, hvor programvaren ikke har innebygget rettskrivningsprogram.

5. Budsjett

Budsjett for timer i forhold til unified-process modellen må utarbeides og føres inn mer detaljert etter hvert som vi går mer i dybden i prosjektet. Det skal også utarbeides et mer detaljert budsjett for økonomi, for å få bedre oversikt over kostnader i prosjektet. Ved å føre inn et slikt detaljert budsjett unngår vi ubehagelige overraskelser, i form av sprengt budsjett eller lignende.

6. Krav

Den største posten, hvor endringer måtte gjøres var krav. Krav 1 og 2 måtte føres inn som rammekrav ifølge arbeidsgiverens tolking av kravene. Formuleringen av krav 11 og 12, må defineres mer spesifikt. Når det kommer til grupperingen av «alle krav», hvor vi har gjentatt alle kravene, mener arbeidsgiveren at dette kanskje blir smør på flesk. Den konstruktive kritikken skal vi ta med oss videre og bearbeide til det bedre.

Vi kommer også til å endre på ID-nummereringene på kravene, med tanke på sporbarhet ved nye design krav som skal implementeres i prosjektet.



7. Reguleringsteknikk 2

Reguleringsteknikk 2 er et 10 studiepoengs fag, som krever utrolig mye forarbeid med faget. Med forarbeid så menes innleveringer og arbeid som må gjøres før laboratoriearbeid. Vi har eksamen 5 mai, og faget skulle egentlig ha gått over et helt semester. På grunn av dette så presser faglæreren undervisningene mer sammen, og vi må bruke mer tid på faget enn det vi først hadde antatt. Dette påvirker arbeidsmengden som egentlig skal brukes i prosjektet. Derfor ser vi oss nødt til å endre fremdriftsplanen pga. et fag som står i veien for fremdriften i prosjektet.

8. Veien videre

Dokumentasjonen i prosjektet må bearbeides mye mer i neste fase hvor vi blant annet får inn system krav på detaljnivå. Da ser vi oss nøtt til å forandre ID-nummereringen på kravspesifikasjonen, slik at vi får en bedre oversikt over underkravene. Dette er med på å øke sporbarheten i systemet, hvis vi skal linke oss tilbake til hovedkravene underveis i prosjektet.

Når det kommer til konsept, så må vi begynne å tenke smått over hvile løsninger som passer til prosjektet i forhold hardware og software implementeringen. Da er det viktig med system engineerings-verktøy, hvor vi i denne fasen kommer til å lage forskjellige use-caser, context-diagrammer, pugh-matrix, funksjonsblokkdiagrammer og diverse verktøy. Det skal hjelpe oss med å designe riktig system og sørge for at vi har tenkt over hvordan det komplekse systemet henger sammen.



9. Konklusjon

I denne sluttrapporten for inception fasen har vi tatt for oss hva gruppen har lært gjennom planleggingsfasen i prosjektet.

Gruppen har lært at administrativt arbeid tar lenger tid enn forventet, og at vi er nødt for å effektivisere dette mer fremover. Både budsjett for timer og økonomi må detaljeres mer nøye. Krav og testspesifikasjonene må endres etter samtale med oppdragsgiver, hvor vi også endrer ID-nummerering for så senere implementere design krav. Gruppen må planlegge mer nøye for tid til Reguleringssteknikk 2, slik at vi får tid til både bachelor oppgaven og Reguleringssteknikk 2.

Til slutt har vi sett litt på veien videre i forhold til hvordan vi skal planlegge neste fase av prosjektet.



KONGSBERG



Increase the longevity of your battery powered system

Elaboration Plan

Longevity

Oppdragsgiver:

Kongsberg Defence Systems

Gruppemedlemmer

Navn

Initialer

Arber Demiri

AD

Thor Erik Sivertsen

TES

Magnus Thorkildsen

MT

Tore Martin Flataas

TMF

Versjon

Revisjon

Dato

Godkjent
av

Antall
sider

0.1

15.02.16

TMF

6

0.2

17.02.16

TES

8

1.0

18.02.16

TES

8

2.0

19.05.16

TES

9

1. Sammendrag

Dette elaborasjons plandokumentet beskriver hvordan prosjektgruppen har planlagt å gjennomføre denne elaborasjons fasen av prosjektet. Dokumentet beskriver hvilke verktøy og prosesser som vi tenker å bruke i fasen, og hvilken informasjon som ligger til grunn for å velge endelig konsept.

Etter å ha lest dette dokumentet bør leserne ha en viss forståelse av hvordan gruppen har planlagt å gjennomføre elaborasjons fasen og de 2 iterasjonene. Leseren bør også få et godt innblikk i hvilke verktøy som skal benyttes i løpet av fasen og til slutt hvilken informasjon som ligger til grunn for å gjennomføre første iterasjon.

2. Dokumenthistorie

Revisjon	Dato	Godkjent av	Beskrivelse
0.1	15.02.16	TMF	Oppretting av dokument.
0.2	17.02.16	TES	Revisjon 1.
1.0	18.02.16	TES	Ferdigstillelse av dokument.
2.0	19.05.16	TES	Oppdatering til endelig oppsett.

3. Innholdsfortegnelse

1. Sammendrag	2
2. Dokumenthistorie	2
3. Innholdsfortegnelse	3
4. Plan Oversikt.....	4
4.1. Fasens bakgrunn og beskrivelse	4
4.2. Fasens mål og omfang	4
5. Høynivåkrav.....	5
6. Levering	5
7. Påvirkende parter.....	6
8. Påvirkende forretningsprosesser eller systemer	6
9. Bestemte utelatelser fra omfang	6
10. Implementeringsplan.....	7
11. Tidslinje/tidsplan på høyt nivå	7
12. Planlegging av elaborasjons fasen.....	8
13. Konklusjon	9



4. Plan Oversikt

4.1. Fasens bakgrunn og beskrivelse

Fra Inception fasen tar vi med oss den overordnede planleggingen og brukerkravene gitt fra brukerne. Det samme gjelder for tid og pengebudsjettene.

Hensikten med denne Elaboration fasen er å tolke de overordnede brukerkravene, og bryte de ned til mer spesifikke design krav. Denne fasen vil også inneholde konseptutvikling, prototyp og innhenting av bakgrunns teori. Vi vil også se på en del teknologi valg som må på plass for bestilling av kritiske komponenter. Dette på grunn av lang ventetid på ulike komponenter.

Ut ifra kunnskap opparbeidet i denne fasen vil vi ha landet på et valgt konsept. Vi vil ha et bedre utgangspunkt når vi videre skal estimere tid, penge og ressurs budsjett fremover i prosjektet. Vi vil også vite mer hvordan vi skal gå frem med design og utvikling av enheten.

4.2. Fasens mål og omfang

Elaboration phase:

I slutten av denne fasen skal prosjektgruppa ha valgt ett konsept som skal brukes videre i prosjektet, dette inne bærer:

1. Gruppen skal ha et forslag til overordnet arkitektur
2. Gruppen skal ha brutt ned systemkravene til designkrav
3. Gruppen skal ha valgt utviklingsplattform som skal brukes.

Elab#1:

Gruppen skal i denne iterasjonen planlegge arkitekturen til produktet og kartlegge de forskjellige «Interfacene». Vi skal komme opp med konsepter som skal overveies og fremlegge disse for hverandre i gruppen.

Gruppen skal ha satt seg inn i følgende programmer:

- Eagle CAD software
- Solid Works CAD software
- MatLab software



Gruppen ønsker også å sette seg inn i:

- Linux/Ubuntu
- Batteri teknologi
- Batteri monitorering

Elab#2:

Gjennomgang og ny vurdering av resultatene fra Elab#1. Vi skal ta til oss den informasjonen vi har opparbeidet gjennom Elab#1, og ta med denne videre når vi til slutt tar de nødvendige konseptvalgene.

5. Høynivåkrav

Konseptet har som mål og kunne dekke alle de overordnede systemkravene. Konseptet må være godkjent av oppdragsgiver.

6. Levering

Comrod:

Comrod leverer en Comrod 2400 AC/DC

Dette er en kompakt DC strømforsyning og batterilader med nominell spenning på 28V og kan levere opptil 80A.

- Opererer under tøffe miljøforhold designet for å levere strøm til følsom elektronikk og for å utnytte svake strømkilder som bærbare generatorer.
- Den har en RS485-port som vi vil bruke til kontroll, overvåkning og oppsett hvis dette lar seg gjøre. Vi har fått vite fra oppdragsgiver at vi kanskje kan hente ut detaljert status og statistikk på strøm som går til batteriene og muligens noe info om batteri tilstanden.
- Signal utgangen gir flere signaler som alarm, releutganger, eksternt batteri, temperatur sensorer, og buss for sammenkobling av flere enheter.
- Enheten er oppgraderbar til fremtidige batteriteknologier.
- Temperatur kompensert ladning sørger for full batteri-kapasitet over hele temperatur rekkevidden.
- Comrod en kan muligens bli programmert etter kundens behov.



7. Påvirkende parter

KDS:

KDS er vår oppdragsgiver og har en stor innvirkning både når det gjelder krav og konsept. Det er KDS som stiller med budsjett og som bestemmer over komponentvalg i henhold til de dyre komponentene. All bestilling av komponenter utover fornuftige priser skal godkjennes av KDS.

HSN:

HSN sitter på mye ressurser som vi ønsker å benytte oss av. Spesielt opp mot programmering. Vi håper å kunne bruke programmeringsverktøy og enkelte designverktøy som skolen har.

COMROD:

Har bygget og lager 2400AC/DC systemet som vi må kommunisere sammen med. Dermed må vi forhøre oss hvordan vi best skal kommunisere sammen med denne enheten.

8. Påvirkende forretningsprosesser eller systemer

Comrods 2400AC/DC enhet er et system som vi muligens må forholde oss til ettersom denne enheten kommunisere sammen med batteripakken.

9. Bestemte utelatelser fra omfang

Ingen utelatelser er planlagt med enda. I denne fasen vil vi ha fokus kompetansebygging og vil derfor ikke ha en fungerende prototype etter denne fasen som kan vises frem til sluttbruker/oppdragsgiver.



10. Implementeringsplan

I denne fasen vil vi lande på konseptvalg, slik at vi kan prototype og utvikle funksjonalitetene til sluttproduktet. Dette vil bli gjort trinnvis ettersom vi kommer til å dele opp funksjonaliteten og få det mest kritiske på plass først.

11. Tidslinje/tidsplan på høyt nivå

Elaboration Fasen: 10.02.16 – 10.03.16

Elab#1: 10.02.16-29.02.16

Elab#2: 01.03.16-10.03.16



12. Planlegging av elaborasjons fasen

Innhenting av bakgrunns teori er et stort emne i denne fasen. Det kommer til å gå mye tid på finne ut hvordan brukergrensesnittet mellom hardware og software skal fungere oppimot enheten vårt. Vi har fått kontakt med Comrod via arbeidsgiveren angående dette problemet. Comrod har satt seg villig til å hjelpe oss hvis det skulle være spørsmål angående dette dilemmaet. Vi har allerede fått mye dokumentasjon som må bearbeides og studeres nøye ved denne fasen. Vi kommer også til å bruke mye tid på å sette oss inn i nye programvarer som:

- Eagle
- Linux
- MatLab (Simulink)
- Solid Works

Vi ser disse programvarene som krevende, spesielt solid Works. Solid Works er et program som undervises på vår høyskole for maskin. Vi kommer til å lære oss det mest grunnlegge i programmet for å kunne konstruere chassis på enheten vår. Gruppen har kompetanse innen AutoCAD, så vi regner med at det skal gå etter planen. Hvis ikke må vi tegne hele enheten på AutoCAD i 2D, istedenfor 3D.

Eagle er et tegneprogram brukt for å tegne elektriske kretser. Akkurat denne type programvare har ingen av oss på gruppen brukt før, men vi har erfaring fra tilsvarende tegneprogrammer som Orcad og Proteus. Programvaren skal hjelpe oss med å designe kretskortet i henhold til riktige standarder for å kunne sende til en produsent.

Linux er et operativsystem som krever mye tid og energi å sette seg inn i. Det må vi ha for å kunne å kunne operere mellom brukergrensesnittet hardware og software. Men også fordi det er et ønske fra arbeidsgiveren Integrated Defence Systems, om å bruke Linux. Linux er noe bedriften bruker i sine komplekse systemer for å løse forskjellige arbeidsoppgaver.

MatLab er et program som må brukes fremover i prosjektet for å kunne finne batterinivået og tilstanden til systemet, ved hjelp av en grafisk fremstilling. Det ligger inne et simuleringsprogram som er kalt for Simulink, og det er mulig vi må bruke dette for å koble oss opp imot hardwaren. MatLab kan også brukes i prosjektet til andre formål og er et generelt verktøy fint å bruke får å visualisere forskjellige tabeller eller grafer av det komplekse systemet.



Batteri monitorering er kritisk for vårt prosjekt. Dette er noe gruppen må sette seg mye inn i for å få et fullverdig resultat. Vi har derfor satt av en del tid til dette i denne fasen.

Dokumentasjonen i prosjektet må bearbeides mye mer i neste fase hvor vi blant annet får inn system krav på detaljnivå. Da ser vi oss nøtt til å forandre ID-nummereringen på kravspesifikasjonen, slik at vi får en bedre oversikt over underkravene. Dette er med på å øke sporbarheten i systemet, hvis vi skal finne tilbake til hvilket hovedkrav, under kravet stammer fra underveis i prosjektet.

Når det kommer til konsept, så må vi begynne å tenke over hvilke løsninger som passer til prosjektet i forhold hardware og software implementeringen. Da er det viktig med Systems Engineerings verktøy, hvor vi i denne fasen kommer til å lage forskjellige use case, context-diagrammer, pugh-matriser, funksjonsblokkdiagrammer og andre relevante verktøy. Bruken av disse verktøyene skal hjelpe oss med å designe riktig enhet og sørge for at vi har tenkt over hvordan det komplekse systemet henger sammen.

13. Konklusjon

I dette elaborasjons plandokumentet kan vi konkludere med at prosjektgruppen har tatt med seg den nødvendige informasjonen opparbeidet i inception fasen med seg videre i planleggingen av elaborasjons fasen.

Gruppemedlemmene vil bruke første iterasjon til å innhente all nødvendig bakgrunns informasjon for å komme opp med de ulike konseptvalgene som må overveies. Gruppen vil blant annet benytte seg av forskjellige systems engineering verktøy som use case, context-diagrammer, pugh-matriser, funksjonsblokk diagrammer og andre lignende verktøy. Disse vil vi bruke sammen med bakgrunns informasjonen for å hjelpe oss å lande på de ulike konseptene.

Etter at gruppen har kommet opp med de ulike konseptvalgene vil vi gå over i andre iterasjon av elaborasjonsfasen. Her vil vi ta for oss all ny informasjon opparbeidet gjennom første iterasjon, og bruke denne når vi skal velge de endelige konseptene. Slik systemet er tiltenkt vil det ferdige konseptet være bygget opp av ulike konseptvalg innenfor hver sine kategorier.

Vi vil også bruke mye tid i løpet av begge iterasjonene på å sette oss inn i de nødvendige programmene som skal brukes videre i prosjektet. De aktuelle programmene er Eagle, Linux, MatLab (Simulink) og Solid Works.



KONGSBERG



-Increase the longevity of your battery powered system

Sluttrapport - Første Iterasjon

Longevity

Oppdragsgiver:

Kongsberg Defence Systems

Gruppemedlemmer

Navn

Initialer

Arber Demiri

AD

Thor Erik Sivertsen

TES

Magnus Thorkildsen

MT

Tore Martin Flataas

TMF

Versjon

Revisjon

Dato

**Godkjent
av**

**Antall
sider**

0.1

29.02.16

MT

9

0.2

25.03.16

MT

11

1.0

29.03.16

TES

12

2.0

22.05.16

TES

12



1. Sammendrag

Denne sluttrapporten for første iterasjon beskriver hvordan prosjektgruppen har gjennomført første iterasjonen av elaborasjons fasen. Dokumentet beskriver hvilke verktøy og prosesser som er brukt, hva som har gått bra, eventuelt ikke slik som tenkt. Hvordan fremdriften til gruppen har vært og en oppsummering om hva vi tar med til neste fase. Etter å ha lest dette dokumentet bør leserne ha en forståelse av hva gruppen har jobbet med gjennom iterasjonen, hvordan gruppen vil sikre kvaliteten på produktet og prosessen, samt hvordan utviklingen videre i prosjektet vil foregå.

2. Dokumenthistorie

Revisjon	Dato	Godkjent av	Beskrivelse
0.1	29.02.16	MT	Oppretting av dokument.
0.2	25.03.16	MT	Revisjon 1.
1.0	29.03.16	TES	Ferdigstillelse av dokument.
2.0	22.05.16	TES	Oppdatert til endelig oppsett.

3. Innholdsfortegnelse

1. Sammendrag	2
2. Dokumenthistorie	2
3. Innholdsfortegnelse	3
4. Tabell Liste.....	3
5. Iterasjon 1 - Oversikt	4
5.1. Iterasjonens bakgrunn og beskrivelse	4
5.2. Iterasjonens mål og omfang	4
6. Hvordan oppgavene ble løst	5
7. Gjennomføringen av første iterasjon	7
8. Risiko analyse	9
9. Videre arbeid	11
10. Konklusjon	12

4. Tabell Liste

Tabell 1 Risiko analyse.....	9
------------------------------	---



5. Iterasjon 1 - Oversikt

5.1. Iterasjonens bakgrunn og beskrivelse

Ved hjelp av denne rapporten så skal vi vurdere prosessen og se hvorvidt målene som var satt opp tidlig i fremdriftsplanen er nådd. I denne rapporten skal det foreligge en oppsummering og oversikt som er blitt gjort og til slutt ende opp med en konklusjon der avvik og tiltak bør beskrives hvis det er tilfelle.

5.2. Iterasjonens mål og omfang

Gruppen skal i denne iterasjonen planlegge arkitekturen til produktet og kartlegge de forskjellige «interfacene». Vi skal komme opp med konsepter som skal overveies og fremlegge disse for hverandre i gruppen. På bakgrunn av dette kan vi gjøre om de overordnende kravene til mer detaljerte design krav. Vi skal også på bakgrunn av disse kravene oppdatere test krav for enheten.

Gruppen skal ha satt seg inn i følgende programmer:

- Eagle CAD software
- Solid Works CAD software
- MatLab software

Gruppen ønsker også å sette seg inn i:

- Linux/Ubuntu
- Batteri teknologi
- Batteri monitorering

6. Hvordan oppgavene ble løst

- **Metoder og standarder som er brukt:**

Det er blitt brukt norm boken Nek 400: 2014 for å tilfredsstille krav til det elektriske i enheten.

- **Bruk av litteratur og internett**

Det er blitt brukt mye litteratur og internett for å innhente den nødvendige bakgrunns informasjon vi trengte for å ta de riktige valgene.

- **Oversikt over maskinvare som er brukt:**



Microsoft®
Office Word



Microsoft®
Excel



Microsoft®
Project



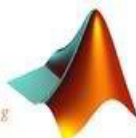
Microsoft®
Office Visio



EAGLE®
www.cadsoft.de



MATLAB®
The Language of Technical Computing



Outlook

**Kort beskrivelse av standard programvare som er brukt:**

- **Word:** Skrive og rette program som er brukt for rapport skriving og generell dokumentasjon.
- **Microsoft Projects:** Fremdriftsplanleggings program og gant diagram.
- **Excel:** Ruteblokk program for å sette opp tabeller og gjøre matematiske beregninger, brukt for å lage timeplaner.
- **Eagle:** Kretskort design.
- **Ubuntu:** Operativsystem (Linux).
- **Visio:** Grafisk tegneprogram for å visualisere informasjon og data.
- **Solid Works:** CAD 3D program for å designe chassis og komponenter.
- **MatLab:** Omfattende matematikkprogram med eget scriptspråk for blant annet simulasjon.
- **Outlook:** E-mail og brukt som planleggings verktøy for møter.

Hvordan arbeidet ble fordelt mellom personene i teamet:

- Research og konseptvalg for sikringer: TMF.
- Research og konseptvalg for kommunikasjon til operatør: MT.
- Research og konseptvalg for skjermtyper: AD.
- Research og konseptvalg for microkontroller: AD.
- Research og konseptvalg for chassis: TES.
- Oppdatering av fremdriftsplanen: MT.
- Sette seg inn i Solid Works: MT.
- Kontaktperson mot leverandører, KDA og skolen: MT.
- Research på Linux og Ubuntu: AD og TMF.
- Research Eagle: TMF.
- MatLab: AD.
- Excel ansvarlig for timer: TES.
- Møtereferent og oppfølgingsdokument ansvarlig: TES
- Visio og Word: Alle
- Systemkrav og test: TES og AD.
- Comrod: AD og MT.

Oversikt over dokumentasjon som er utarbeidet så langt i elaboration fasen:

- Elaboration Plan
- Første iterasjons rapport
- Krav/test rapport
- Elaboration rapport påbegynt.



7. Gjennomføringen av første iterasjon

Hva gikk bra:

- Utarbeiding av de ulike konseptene for enheten vår har gått bra, selv om det til tider har vært krevende å finne informasjon om de ulike delene for å tilfredsstille de tøffe miljøkravene.
- Vi har fått god oversikt over krav og designkrav, og fått definert disse med ny nummerering.
- En mer detaljert og god timeførings struktur har blitt laget slik at oppfølgings dokument blir mer oversiktlig og tar mindre tid å føre.
- Ellers har gruppen satt seg inn i de aktuelle programmene som er brukt.

Hva gikk dårlig:

- Vi fikk informasjon fra veileder at vi kanskje kunne få ut batteri informasjon fra et produkt som brukes i dag (Comrod2400), som er batteriladeren og AC/DC omformereren per dags dato. Etter å ha undersøkt dette nærmere med kontakt fra bedriftens tekniske kundeveiledere, fant vi ut at man kunne hente ut en ca. verdi på batteritiden. Problemet med Comroden er hvis først strømmen går så kutter også Comroden, noe som vil si at den har null funksjon for batteri monitoreringen når man faktisk går på batteridrift.
- Det hadde vært ønskelig å få opp et skjermbilde hvor en kunne styre enheten fra operatørstasjonen, men det er ikke mulig på grunn av tilgang og ingen er verifisert til å gjøre endringer i dagens system.
- Skjermer som tåler ekstreme miljøkrav og som lett kan programmeres er også vanskelig å finne da dette typisk går ut over både leveringstid og budsjettet vi har.
- Solid State reléer var noe KDA så for seg vi kunne bruke men på grunn av de tøffe miljøkravene så tilfredsstiller ikke «Solid State» vårt bruksområde.

Hva kunne vært gjort annerledes:

- Det har blitt brukt mye tid på å sette seg inn i hvordan Comroden fungerer gjennom bruksanvisninger og andre underlag som vi har fått tilsendt fra både Comrod og KDA. Hadde vi innhentet informasjonen om at Comroden kutter ved strømbrudd tidligere så kunne vi ha brukt mer tid på andre ting i prosjektet. Slike uforutsigbarheter er alltid lett å se i etterkant.

Hvordan har tekniske problemer blitt løst:

- For å få batteri monitorering både når strømmen er på og når det kun går på batteri så ser vi nå etter et amperemeter vi kan bruke.



- Når det kommer til valg er skjerm så har vi sett på skjermer fra SainSmart da disse er kompatibelt med Arduino mega 2560, noe som gjør at programmeringen skal gå lettere.

Hvilke begrensinger har systemet:

- Ved å bruke en LCD med touch skjerm så har man en begrensing når det kommer til minus grader. Dette gjelder de fleste LCD skjermer, se bare på billettstasjonene til NSB som ikke fungerte skikkelig i minus grader. Vi ser på ulike måter å varme opp skjermen på.

Vurdering av måloppfyllelse i forhold til prosjektplanen:

- **Planlagt:**
Ligger litt etter skjema i forhold til hva som er planlagt for fremdriftsplanen.
- **Fremdrift:**
Vi ligger litt over en uke bak planen mye av dette kommer som følge av obligatorisk oppgave i reguleringsteknikk 2 som vi har ved siden av bachelor oppgaven.
- **Timeregnskap:**
På timeregnskapet så er det relativt jevnt fordelt mellom AD, MT og TES, mens TMF ligger et stykke foran. Dette kommer av at han heller ønsker å jobbe med bachelor oppgaven enn å delta på forelesningene i reguleringsteknikk 2 mandag og tirsdag.
- **Annet som kan dokumentere prosessen:**
Vi tenkte å undersøke om vi skulle bruke Ubuntu/Linux for å være kompatibelt med operatørstasjonen, men det viste seg at vi ikke har noe tilgang til denne så da har vi valgt å ikke bruke mer på tid på å sette oss inn i det.
- **Risikoanalysen:**
For å lettere beskrive hvordan fremdriften har påvirket prosjektet, så har vi valgt å beskrive endringer som er gjort underveis som har påvirket risikoanalysen slik det i utgangspunktet ble vurdert.



Tabell 1 Risiko analyse

8. Risiko analyse				
Hendelse	S	K	R	Risikoreduserende tiltak
Kravspesifikasjonene blir ikke godt nok validert.	2	3	6	Overvåke: Sørg for god kontakt opp mot Stakeholders.
<i>Kravspesifikasjonene blir validert gjennom stakeholders, spesielt da tilbakemeldingene fra veiledere fra HSN og KDA har vært nyttige. Ved revidering av krav og designkrav som er satt så må det gås gjennom på nytt for godkjenning av alle parter.</i>				
Status: uendret.				
Kravspesifikasjonene blir ikke klart nok definert.	2	3	6	Overvåke: Gå gjennom kravspesifikasjonene flere ganger og sette opp en god testplan fra start.
<i>Dette blir som nevnt ovenfor revidert gjennom kommunikasjon med veilederne. Den generelle testplanen ser foreløpig grei ut. Endringer kan komme etterhvert som testene påbegynner.</i>				
Status: uendret.				
Manglene kommunikasjon mellom prosjektgruppa og stakeholders.	2	3	6	Kontrollere: Sette opp møter med gjeve mellomrom slik at vi får en kontinuerlig tilbakemelding.
<i>Dette opprettholdes med fast veiledningstime fra HSN hver fredag klokken 09.30-10.00. Kommunikasjon mellom KDA blir gjennom e-mail og det settes opp eksternt møte der vi føler det er behov for det.</i>				
Status: uendret.				
Manglende kunnskap om god prosjektplanlegging.	5	3	15	Kontrollere: Sette opp en plan som tar høyde for endringer og problemer underveis.
Status: nedgradert fra rød til gul.	3	3	9	
<i>Gjennom inception fasen så har vi brukt mye tid på å sette oss inn i de ulike prosjektmodellene, vi kom frem til å velge «unified process». Dette var for å kunne få kunne arbeide med ulike oppgaver men samtidig ha en fremdrit gitt av klare frister og iterasjoner. Gjennom god forprosjektering er ikke dette lenger en risiko.</i>				
Gruppen feil estimerer prosjektets størrelse.	2	2	4	Akseptere: Gruppa vet om og forholder seg i mest mulig til målene satt fra oppdragsgiver.
Status: oppgradert til gul risiko.	2	3	6	
<i>Gruppen forholder seg til kravene som er gitt fra KDA, men har også laget sine egne krav og design krav. Ettersom det er ønskelig med strenge miljøkrav så har det bydd på utfordringer for valg av komponenter. På grunn av oppjusteringen, så blir dette tatt mer høyde for slik at informering av veiledere blir viktigere.</i>				
Langvarig sykdom.	1	1	2	Akseptere.
<i>Dette har til nå ikke vært tilfelle selv om korte sykdomsperioder har inntruffet.</i>				



Status: uendret				
Gruppemedlemmene legger til for mange «bør krav» i kravspesifikasjon.	2	2	4	Akseptere: Grappa vet om og forholder seg i mest mulig til målene satt fra oppdragsgiver.
<i>Bør krav har hvert nevnt tidlig i prosessen, men har blitt revidert gjennom den første fasen.</i>				
Status: uendret				
Uenigheter innad i gruppen.	2	4	6	Akseptere: Setter opp en omfattende gruppekontakt, som beskriver problemløsning i slike tilfeller.
<i>Det hender til tider at det er uenigheter med valg av oppsett på maler og diagrammer, men dette blir diskutert der og da slik at det blir løst så fort som mulig.</i>				
Status: uendret				
Prosjektet koster mer en budsjettet rekker.	1	1	1	Akseptere.
Status: oppjustert fra grønn til gul.	2	4	8	
<i>Ut ifra de konseptene som vi har sett på ser vi at det er ulike valg som blir svært kostbare i forhold til budsjetttrammen vi har. Vi kommer inn på mer detaljert pris for hvert valg i neste iterasjon, men dette er en risiko som er mye større en først tenkt. Det er satt rammer for hva hver del skal koste. Konsekvensene av dette er at man må finne andre alternativer eller file på de overordnede kravene.</i>				
En av gruppens medlemmer kan ikke lenger jobbe «100%».	1	3	3	Akseptere.
<i>På grunn av at 2 av gruppemedlemmene har deltids jobb i helger, så blir dette tatt hensyn til.</i>				
Status: uendret				
Den faglige kapasiteten hos gruppen er for lav.	2	4	8	Kontrollere: Gruppen må sette av mye tid til innhenting av bakgrunns teori. Dette må planlegges godt slik at vi ikke sløser vekk tid. Det er også viktig å løse oppgavene ved bruk av så mye tidligere tillært kunnskap som mulig.
<i>Gruppen bruker mye tid på bakgrunns teori, delegerer og setter seg inn i de emner som er relevant for prosjektet. Dette har blitt gjort bra så langt, men det er fortsatt mye å sette seg inn i.</i>				
Status: uendret				
Manglende kompetanse innen programmering fører til masse «bugs» i programvaren.	3	3	9	Kontrollere: Gruppen innser at dette er en stor del av oppgaven og vil derfor prioritere å tilegne seg programmerings kunnskaper.
<i>Dette er tatt hensyn til ved valg av konsept, vi kommer også til å oppsøke hjelp hvis det er nødvendig. Dette punktet blir mer relevant mot slutten av prosjektet når delene er bestilt.</i>				



Status: uendret				
Formatene vi bruker er ikke kompatible med hva leverandøren bruker.	2	2	4	Aksepterer.
<i>Dette er kun relevant opp imot operatørstasjonen, men siden denne blir uendret så trenger vi ikke ta hensyn til Linux/Ubuntu.</i>				
Status: uendret				
Leverandøren klarer ikke å lage det vi bestiller til gitt tid.	2	4	8	Kontrollere: Sørge for å bestille i god tid.
<i>Dette er et område som blir mer og mer aktuelt etter hvert som tiden går. Bestilling av kretskort er kanskje det som er mest kritisk.</i>				
Status: uendret, men vurdert høyere. Ny vurdering må gjøres ved neste iterasjon.				
Leverandøren klarer ikke levere ønsket kvalitet.	2	2	4	Kontrollere: Sørge for å velge riktig leverandør før bestilling og sende med nøyaktige kravspesifikasjoner.
<i>Det er generelt vanskelig å finne leverandører til spesielle deler, men når vi finner det så er disse av ønsket kvalitet.</i>				
Status: uendret				

9. Videre arbeid

Hva skal gjøres videre til neste iterasjon?

Vi tar med oss det vi har funnet fra første iterasjon og bygger videre på det, samt at vi begynner å se mer på faktiske deler mot bestilling. Design kravene er ikke helt ferdig så dette blir videre jobbet med til neste fase.

Videre bør det også påbegynnes kretskort utlegg og det bør lages et utkast til 3D modell av konseptet vi har gått for. Generell rapport skriving for elaboration fasen og oppfølging er også noe som blir med videre til neste fase.



10. Konklusjon

I denne første iterasjonen av elaborasjons fasen har vi utarbeidet underlag for de nødvendige konseptvalgene. Vi har fått en mye bedre oversikt over krav og design krav, som nå har fått ny ID-nummerering for å få en bedre sporbarhet. Gruppen har endret på måten timeføring mot oppfølgingsnotatene foregår, slik at det nå er mer effektivt enn før. Vi har brukt mye tid i denne iterasjonen på å sette oss inn i de nødvendige programmene som vi skal bruke, men trenger å jobbe mer med disse.

Vi har også igjennom denne iterasjonen sett oss nødt til å endre på noen av de opprinnelige planene. Opprinnelig hadde vi blant annet planer om å hente ut nødvendig informasjon om batteritilstand fra strømforsynings-enheten og batteriladeren (Comrod2400) som sitter i C2 systemet i dag. Dette lot seg dessverre ikke gjennomføre ettersom denne enheten ikke er operativ når systemet går over på batteri backup. Vi fikk også vite at denne enheten ikke kunne gi all den informasjonen vi trengte å vite heller. Derfor har vi gått bort fra å kommunisere med denne enheten.

Som skjerm for enheten ville vi i utgangspunktet bruke operatørstasjonene til KDS som står i C2 systemet i dag. Det viste seg å være noe vi ikke kunne gjøre ettersom ingen i gruppen er verifisert til å gjøre endringer i dagens system, og vi har heller ingen tilgang til operatørstasjonene. Etter samtaler med oppdragsgiver har vi derfor blitt enige om å ha skjerm på selve enheten i stedet for å bruke operatørstasjonene. Vi måtte derfor sette oss mer inn i valg av skjermer til enheten, og så fort at de mest vanlige skjermene ikke tåler de ekstreme miljøkravene som er satt. Vi ser derfor etter andre skjermer som kanskje tåler disse kravene, men de vi har funnet til nå er meget kostbare og har lang leveringstid.

KDA ville også at vi skulle se på bruken av solid state reléer i enheten vår. Etter en del undersøkelse av solid state reléer har vi kommet frem til at vi ikke kan bruke disse. Dette er fordi slike reléer avgir mye varme, slik at man trenger store kjøle ribber, noe vi ikke har plass til inne i enheten vår. Miljøkravene fra oppdragsgiver sier også at vi ikke skal benytte aktiv kjøling i enheten vår, som igjen fører til at solid state reléer som avgir mye varme, kan skade andre komponenter også.



KONGSBERG



-Increase the longevity of your battery powered system

Sluttrapport - Andre Iterasjon

Longevity

Oppdragsgiver:

Kongsberg Defence Systems

Gruppemedlemmer

Navn

Initialer

Arber Demiri

AD

Thor Erik Sivertsen

TES

Magnus Thorkildsen

MT

Tore Martin Flataas

TMF

Versjon

Revisjon

Dato

**Godkjent
av**

**Antall
sider**

0.1

09.03.16

MT

9

0.2

25.03.16

MT

10

1.0

29.03.16

TES

12

2.0

22.05.16

TES

12



Høgskolen
i Sørøst-Norge



1. Sammendrag

Denne sluttrapporten for andre iterasjon, beskriver hvordan prosjektgruppen har gjennomført andre iterasjonen av elaborasjons fasen. Dokumentet beskriver hvilke verktøy og prosesser som er brukt, hva som har gått bra eventuelt ikke slik som tenkt. Hvordan har fremdriften til gruppen vært og en oppsummering om hva vi tar med til construction fasen. Etter å ha lest dette dokumentet bør leserne ha en forståelse av hva gruppen har jobbet med gjennom iterasjonen, hvordan gruppen vil sikre kvaliteten på produktet og prosessen, samt hvordan utviklingen videre i prosjektet vil foregå.

2. Dokumenthistorie

Revisjon	Dato	Godkjent av	Beskrivelse
0.1	29.02.16	MT	Oppretting av dokument.
0.2	25.03.16	MT	Revisjon 1.
1.0	29.03.16	TES	Ferdigstillelse av dokument.
2.0	22.05.16	TES	Oppdatert til endelig oppsett.

3. Innholdsfortegnelse

1. Sammendrag	2
2. Dokumenthistorie	2
3. Innholdsfortegnelse	3
4. Tabell Liste.....	3
5. Iterasjon 2 - Oversikt	4
5.1. Iterasjonens bakgrunn og beskrivelse	4
5.2. Iterasjonens mål og omfang	4
6. Hvordan oppgavene ble løst	5
7. Gjennomføringen av andre iterasjon	7
8. Risiko plan	9
9. Videre arbeid.....	11
10. Konklusjon	12

4. Tabell Liste

Tabell 1 Risiko analyse.....	9
------------------------------	---



5. Iterasjon 2 - Oversikt

5.1. Iterasjonens bakgrunn og beskrivelse

Ved hjelp av denne rapporten så skal vi vurdere prosessen og se hvorvidt målene som var satt opp tidlig i fremdriftsplanen er nådd. I denne rapporten skal det foreligge en oppsummering og oversikt som er blitt gjort, og det til slutt ende opp med en konklusjon der avvik og tiltak bør beskrives hvis det er tilfelle.

5.2. Iterasjonens mål og omfang

Gjennomgang og ny vurdering av resultatene fra første iterasjon. Vi skal ta til oss den informasjonen vi har opparbeidet, og tar med denne videre når vi til slutt tar de nødvendige konseptvalgene. Design kravene er ikke helt ferdig, så dette blir videre jobbet med i denne iterasjonen.

Videre bør det også påbegynnes kretskort utlegg, og det bør lages et utkast til 3D modell av konseptet vi har gått for. Generell rapport skriving for elaborasjons fasen og oppfølging mot veiledere og andre interessenter er fortsatt viktig gjennom denne iterasjonen.

6. Hvordan oppgavene ble løst

- **Metoder og standarder som er brukt:**

Generelle militære standarder for miljøkrav er tatt hensyn til.

- **Bruk av litteratur og internett:**

Det er blitt brukt mye litteratur og internett for å innhente den nødvendige bakgrunnsinformasjon vi trengte for å ta de riktige valgene.

- **Oversikt over maskinvare som er brukt:**



Microsoft®
Office Word



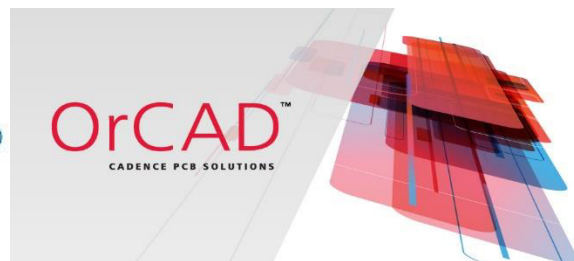
Microsoft®
Excel



Microsoft®
Project



Microsoft®
Office Visio



EAGLE®
www.cadsoft.de



MATLAB®
The Language of Technical Computing



Outlook

Kort beskrivelse av standard programvare som er brukt:

- **Word:** skrive/rette program- Brukt for rapport skriving og generell dokumentasjon.
- **Microsoft Projects:** fremdriftsplanlegnings program, gant diagram.
- **Excel:** ruteblokk program for å sette opp tabeller og gjøre matematiske operasjoner, brukt for å lage timeplaner.
- **Eagle:** Kretskort design.
- **OrCAD:** Kretskort utlegg.
- **Proteus:** Simulasjons verktøy av kretser.
- **Visio:** grafikk- og tegneprogram for å visualisere informasjon.
- **Solid Works:** CAD 3D program.
- **MatLab:** omfattende matematikkprogram med eget scriptspråk for blant annet simulasjon.
- **Outlook:** e-mail og møte planleggings verktøy.

Hvordan arbeidet ble fordelt mellom personene i teamet:

- Oppdatering av fremdriftsplanen: MT.
- Sette seg inn i Solid Works: MT.
- Kontaktperson mot leverandører, KDA og skolen: MT.
- Innhenting av produkter mot bestilling: MT og TMF.
- Eagle: TMF.
- Kretskort utlegg OrCAD: TMF.
- Simulering av kretser i Proteus: AD.
- Excel ansvarlig for timer: TES.
- Møtereferent og oppfølgingsdokument ansvarlig: TES.
- Visio, Word: Alle.
- Designkrav og test: TES og AD.

Oversikt over dokumentasjon som er utarbeidet etter andre iterasjon:

- Andre iterasjons rapport.
- Krav og test rapport.
- Avviks rapport.
- Elaborasjons rapport.



7. Gjennomføringen av andre iterasjon

Hva gikk bra:

- Komponentene som er funnet for Arduino, skjerm, sikringer og releer skal passe godt sammen.
- Det er funnet et amperemeter som kommuniserer toveis med Arduinoen.
- Det er blitt laget 3D tegningene ser ut til å bli ferdig før 2. presentasjon.
- Ellers har gruppen satt seg inn i de aktuelle programmene som er brukt.

Hva gikk dårlig:

- Det viste seg at remote control circuit breaker (RCCB) som er en kombinasjon av reléer og sikringer, var ikke mulig å skaffe på grunn av både pris per sikring og leveringsfrist. Mer beskrivelse og hvilke valg som er gjort i stedet er beskrevet i avviksrapporten for fasen.
- Typiske militære LCD skjermer som har blitt vurdert er uaktuelt på grunn av store størrelser, pris og lite kompatibelt for å programmere med mikrokontroller.
- LCD Skjermen på 4,3" som vi har sett på fra «SainSmart» må ha noen form for varme for å operere i kalde omgivelser, å finne aktuelle leverandører til dette viser å være vanskelig.
- På grunn av at skjermer krever så mange utganger, ser vi oss nødt til å bruke 2 Arduinoer, dette kan føre til mer komplisert programmering.
- For å få testet kretskort utlegg og simulert kretser, har vi tatt i bruk flere programmer for å kontrollere godt nok. Det har vært et problem med kun bruken av et program.

Hva kunne vært gjort annerledes:

- Det har blitt brukt en god del tid på å finne RCCB sikringer med mye e-mail frem og tilbake. Dette er tid som kunne blitt brukt annerledes i prosjektet da det viste seg at alle sikringene vi trenger har både en leveringstid på 10 uker og hadde kommet på rundt 19 000kr per sikring eller 200 000kr totalt.

Hvordan har tekniske problemer blitt løst:

- På grunn av at vi ikke kan bruke RCCB sikringer så har vi gått for neste konsept som er en kombinasjon av releer og sikringer.
- På grunn av for få utganger på Arduinoen så har vi valgt å bruke 2 stykk.

**Hvilke begrensinger har systemet:**

- På grunn av overgang fra konsept 1 til konsept 2 så påvirker dette «ambient» temperatur.
- Dette gjør at enheten ikke tåler det overordnede kravet satt for systemet.

Vurdering av måloppfyllelse i forhold til prosjektplanen:

- **Planlagt:**
Ligger litt etter skjema i forhold til hva som er planlagt for fremdriftsplanen men vi har tatt inn igjen mye av den tapte tiden.
- **Fremdrift:**
Vi ligger et par dager etter planen, men det har også sammenheng med at vi ønsker å få bestilt deler så fort som mulig på grunn av begrenset leveringsfrist.
- **Timeregnskap:**
På timeregnskapet så er det relativt jevnt fordelt mellom AD, MT og TES, mens TMF ligger et stykke foran på grunnlag av at prioriterer bachelor istedenfor forelesninger i reguleringsteknikk 2.
- **Annet som kan dokumentere prosessen:**
Det har blitt brukt generelt mye tid på å finne leverandører av RCCB sikringer da vi har sett på to forskjellige typer. Disse sikringene er mest brukt i cockpit for flyindustrien. Som privatperson å finne ut hvem som leverer disse typene er ekstremt tidkrevende da det finnes ingen informasjon om dette på nett med mindre du vet hvor du skal lete.
- **Risikoanalysen:**
For å lettere beskrive hvordan fremdriften har påvirket prosjektet så har vi valgt å beskrive endringer som er gjort underveis som har påvirket risikoanalysen slik det i utgangspunktet ble vurdert.



Tabell 1 Risiko analyse

8. Risiko plan				
Hendelse	S	K	R	Risikoreduserende tiltak
Kravspesifikasjonene blir ikke godt nok validert.	2	3	6	Overvåke: Sørg for god kontakt opp mot stakeholders.
<i>Kravspesifikasjonene blir validert gjennom stakeholders, spesielt da tilbakemeldingene fra veiledere fra HSN og KDA har vært nyttige. Revidering av krav og design krav går igjennom på nytt for godkjenning av alle parter.</i> Status: uendret.				
Kravspesifikasjonene blir ikke klart nok definert.	2	3	6	Overvåke: Gå gjennom kravspesifikasjonene flere ganger og sette opp en god testplan fra start.
<i>Dette blir som nevnt ovenfor revidert gjennom kommunikasjon med veilederne. Det generelle utkastet til testplanen er ferdig, venter på å få validert endringene som er gjort.</i> Status: uendret.				
Manglene kommunikasjon mellom prosjektgruppa og stakeholders.	2	3	6	Kontrollere: Sette opp møter med jevne mellomrom slik at vi får en kontinuerlig tilbakemelding.
<i>Dette opprettholdes med fast veiledningstime fra HSN hver fredag klokken 09.30-10.00. Kommunikasjon mellom KDA blir gjennom e-mail og det settes opp eksternt møte der vi føler det er behov for det.</i> Status: uendret.				
Manglende kunnskap om god prosjektplanlegging.	2	3	6	Kontrollere: Sette opp en plan som tar høyde for endringer og problemer underveis.
<i>Gjennom inception fasen så har vi brukt mye tid på å sette oss inn i de ulike prosjektmodellene, vi har kommet frem til å velge unified process. Dette for å kunne få kunne arbeide med ulike oppgaver men samtidig ha en fremdrift gitt av klare frister og iterasjoner. Gjennom god forprosjektering så er ikke dette lenger en risiko.</i> Status: uendret.				
Gruppen feil estimerer prosjektets størrelse.	2	4	8	Akseptere: Gruppa vet om og forholder seg i mest mulig til målene satt fra oppdragsgiver.
<i>Gruppen forholder seg til kravene som er gitt fra KDA, men har også laget sine egne krav og design krav. Ettersom det er ønskelig med strenge miljøkrav så har det bydd på utfordringer for valg av komponenter. Tatt mer høyde for at informering av veiledere ved store endringer.</i> Status: uendret.				
Langvarig sykdom	1	1	2	Akseptere.
<i>Dette har til nå ikke vært tilfelle, selv om korte sykdomsperioder har inntruffet.</i> Status: uendret				



Gruppemedlemmene legger til for mange «bør krav» i kravspesifikasjon.	2	2	4	Akseptere: Grappa vet om og forholder seg i mest mulig til målene satt fra oppdragsgiver.
<i>Bør krav har vært nevnt tidlig i prosessen, men har blitt revidert gjennom den første fasen.</i>				
Status: uendret				
Uenigheter innad i gruppen.	2	3	6	Akseptere: Setter opp en omfattende gruppe kontrakt som beskriver problemløsningen i slike tilfeller.
<i>Det hender til tider at det er uenigheter med valg av oppsett på maler og diagrammer, men dette blir diskutert der og da slik at det blir løst så fort som mulig.</i>				
Status: uendret				
Prosjektet koster mer en budsjettet rekker.	2	4	8	Akseptere.
<i>Ut ifra de konseptene som vi har sett på ser vi at det er ulike valg som blir svært kostbare i forhold til budsjetttrammen vi har. Det er satt rammer for hva hver del skal koste, en konsekvens av dette er at man må finne andre alternativer eller file på de overordnede kravene</i>				
Status: uendret				
En av gruppens medlemmer kan ikke lenger jobbe «100%».	1	3	3	Akseptere.
<i>På grunn av at 2 av gruppemedlemmene har deltids jobb i helger, så blir dette tatt hensyn til.</i>				
Status: uendret				
Den faglige kapasiteten hos gruppen er for lav.	2	4	8	Kontrollere: Gruppen må sette av mye tid til innhenting av bakgrunns teori. Dette må planlegges godt slik at vi ikke sløser vekk tid. Det er også viktig å løse oppgavene ved bruk av så mye tidligere tillært kunnskap som mulig.
<i>Gruppen bruker mye tid på bakgrunns teori, delegerer og setter seg i de emner som er relevant for prosjektet. Første fasen har gått bra så langt, men det er mer praktiske løsninger og programmering mellom enheter som kan by på problemer i fremtiden.</i>				
Status: uendret				
Manglende kompetanse innen programmering fører til masse «bugs» i programvaren.	3	3	9	Kontrollere: Gruppen innser at dette er en stor del av oppgaven og vil derfor prioritere å tilegne seg programmerings kunnskaper.
<i>Dette er tatt hensyn til ved valg av konsept, vi kommer også til å oppsøke hjelp hvis det er nødvendig. Dette punktet blir mer relevant mot slutten av prosjektet når delene er bestilt.</i>				
Status: uendret				



Formatene vi bruker er ikke compatible med hva leverandøren bruker.	2	2	4	Aksepterer
Status: nedjustert karakter	2	1	2	
<i>Dette er ikke like relevant lenger da vi fant ut at vi ikke har noen forbindelse med operatørstasjonen.</i>				
Leverandøren klarer ikke å lage det vi bestiller til gitt tid.	2	4	8	Kontrollere: Sørge for å bestille i god tid.
Status: oppjustert fra gul til rød	2	5	10	
<i>Dette er et område som blir mer og mer aktuelt etter hvert som tiden går. Bestilling av kretskort er fortsatt ikke gjort og er mest kritisk. Det lages en plan B hvis vi ikke klarer å bestille i tide.</i>				
Leverandøren klarer ikke levere ønsket kvaliteter.	2	2	4	Kontrollere: Sørge for å velge riktig leverandør før bestilling og sende med nøyaktige kravspesifikasjoner.
Status: oppjustert fra grønn til gul	2	4	8	
<i>Det har vist seg å være vanskelig og bestille de spesielle sikringene. Litt usikkert om kretskort leverandøren klarer å levere de ønskede kvalitetene i tide.</i>				

9. Videre arbeid

Vi går nå inn i construction fasen. Alt av deler skal bestilles så fort som mulig. Kretskort er også høyt prioritert for å få det levert i tide. En bestillingsliste til KDA blir laget med alt av dokumentasjon. Vi setter også sammen en liste over de delene vi har bestilt selv og legger da med dokumentasjon og kvitteringer på dette.

Videre må 3D tegninger bli ferdig, og det må lages en presentasjon til andre fremføring. Endringer av krav og designkrav må godkjennes. Generell rapport skriving og revidering av alle dokumenter må gjøres før de skal bli levert for interne/eksterne sensorer og veiledere.



10. Konklusjon

I denne iterasjonen av elaborasjons fasen har gruppen gjennomgått alle konseptvalgene på nytt etter å ha tatt med seg informasjonen fra første iterasjon. Vi har derfor gjort visse endringer og endt opp med litt andre konseptvalg. Endringene som er gjort og de endelige konseptene er beskrevet under:

- Det viste seg at remote control circuit breaker (RCCB) som er en kombinasjon av reléer og sikringer, ikke var mulige å skaffe på grunn av både pris per sikring og lang leveringstid. Vi måtte derfor gå for tradisjonelle sikringer i kombinasjon med reléer.
- Typiske militære LCD skjermer som har blitt vurdert er uaktuelt på grunn av for store størrelser, pris og lite kompatibelt for å programmere med mikrokontroller. Vi har derfor gått for LCD skjermen på 4,3" fra SainSmart.

Foruten om disse endringene har gruppen funnet komponenter som skal passe godt sammen. Gruppen har også satt seg inn i de aktuelle programmene for prosjektet og igjennom denne iterasjonen utarbeidet følgende dokumentasjon:

- Andre iterasjons rapport.
- Krav og test rapport.
- Avviks rapport.
- Elaborasjons rapport.



KONGSBERG



Increase the longevity of your battery powered system

Elaboration Rapport

Longevity

Oppdragsgiver:

Kongsberg Defence Systems

Gruppemedlemmer

Navn

Initialer

Arber Demiri

AD

Thor Erik Sivertsen

TES

Magnus Thorkildsen

MT

Tore Martin Flataas

TMF

Versjon

Revisjon

Dato

**Godkjent
av**

**Antall
sider**

0.1

15.02.16

TMF

20

0.2

11.03.16

TMF

39

0.3

21.03.16

TES

43

0.4

25.03.16

AD

46

1.0

28.03.16

TES

60

2.0

22.05.16

TES

60

1. Sammendrag

Denne elaborasjons rapporten beskriver hvordan prosjektgruppen har gjennomført denne fasen av prosjektet. Dokumentet beskriver hvilke verktøy og prosesser som er brukt, og hvilket valg gruppen har måtte foretatt seg for å komme frem til valgt konsept.

Etter å ha lest dette dokumentet bør leserne ha en forståelse av hva gruppen skal produsere, hvordan gruppen vil sikre kvaliteten på produktet og prosessen, samt hvordan utviklingen videre i prosjektet vil foregå.

2. Dokumenthistorie

Revisjon	Dato	Godkjent av	Beskrivelse
0.1	15.02.16	MT	Oppretting av dokument.
0.2	11.03.16	TMF	Revisjon 1.
0.3	21.03.16	TES	Revisjon opp mot innlevering av dokument.
0.4	25.03.16	AD	Lagt inn avvik og revisjon opp mot innlevering av dokument.
1.0	28.03.16	TES	Ferdigstillelse av dokument
2.0	22.05.16	TES	Oppdatert til endelig standard.

3. Innholdsfortegnelse

1.	Sammen drag.....	1
2.	Dokumenthistorie.....	1
3.	Innholdsfortegnelse.....	2
4.	Figur Liste.....	3
5.	Elaboration fasens oversikt	5
6.	Iterasjonenes mål og omfang	6
7.	Software.....	7
7.1	Rapport om software læring.....	8
8.	Konseptutvikling - Oversikt.....	9
9.	Konseptutvikling - Styrings elektronikk	10
9.1.	Konsept #1 - Raspberry PI	10
9.2	Konsept #2 - Arduino Mega 2650	13
9.3.	Konklusjon Konseptutvikling Styrings elektronikk.....	16
10.	Konseptutvikling - Kraft elektronikk	17
10.1.	Konsept #1 - Mekanisk relestyring	17
10.2.	Konsept #2 - Remote Controlled Circuit Breaker (RCCB)	19
10.3.	Konsept #3 - Solid State Relay	21
10.4.	Konklusjon Konseptutvikling - Kraft elektronikk	23
11.	Konseptutvikling – Betjeningspanel skjerm	24
11.1.	Konsept #1 - LCD Qc1602a	24
11.2.	Konsept #2 - SainSmart 4.3" 4.3 Inch TFT LCD Touch Panel	26
11.3.	Konsept #3 - VT084XA4	27
11.4.	Konklusjon Konseptutvikling – betjeningspanel skjerm	28
12.	Konseptutvikling - Kommunikasjonsenhet mot bruker.....	29
12.1.	Konsept #1 - Enhet med kommunikasjon mot IDS sin operatørstasjon	29
12.2.	Konsept #2 - Enhet med kommunikasjon mot PC	31
12.3.	Konsept #3 - Enhet med display.....	32
12.4.	Konsept #4 - Kombinasjon av display og pc/operatørstasjon.....	33
12.5.	Konklusjon Konseptutvikling - Kommunikasjonsenhet mot bruker	35

13.	Konseptutvikling - Batteri overvåkning	36
13.1.	Konsept #1 - Comrod Compact 2400 AC/DC interne systemer	37
13.2.	Konsept #2 - Individuell cellemåling	38
13.3.	Konsept #2 - Registrering av Strøm inn og strøm ut.....	39
13.4.	Konklusjon konseptutvikling – batteri overvåkning.....	40
14.	Konseptutvikling - Chassis	41
14.1.	Konsept #1 - Designe eget chassis i Solid Works	42
14.2.	Konsept #2 - Bestille tomt chassis og modifisere dette selv.....	43
14.3.	Konsept #3 - Få tomt chassis fra oppdragsgiver (KDS).....	44
14.4.	Konklusjon Konseptutvikling - Chassis	44
15.	Avvik.....	45
15.1.	Sikringer.....	45
15.2.	Compact 2400	46
15.3.	Linux	46
15.4.	Operatørstasjon	46
16.	Konklusjon	47
17.	Referanser	48
18.	Vedlegg	50

4. Figur Liste

Figur 1: Raspberry PI	10
Figur 2:Genuino Mega 2560 Rev3	13
Figur 3:Rele modul for Arduino.....	17
Figur 4: RCCB Overview	19
Figur 5: E-T-A RCCB.....	19
Figur 6: Solid State Relé.....	21
Figur 7:LCD Display Qc1602a.....	24
Figur 8: Nærbilde LCD Qc1602a	24
Figur 9: Shield.....	26
Figur 10: VT084XA4	27
Figur 11: Operatørstasjon	29
Figur 12: PC.....	31
Figur 13: MIL-Spec skjerm og LCD display.....	32

Figur 14: PC og Display	33
Figur 15: Comrod Compact 2400 AC/DC.....	37
Figur 16: Skjema for strøm flyt.....	37
Figur 17: Individuell cellemåling.....	38
Figur 18: Strøm inn, Strøm ut måling.....	39
Figur 19: Ferdig Chassis fra nett.....	43



5. Elaboration fasens oversikt

Fra inception fasen tok vi med oss den overordnede planleggingen og brukerkravene gitt fra brukerne. Kravene tok vi med oss videre for å danne et godt grunnlag for design kravene. Dette påvirket også valg av konsepter og fremtidige løsninger på hvordan enheten vår kommer til å se ut. Fasen inneholdt mye konseptutvikling, prototype og innhenting av bakgrunns teori. Vi har gjennom denne fasen benyttet oss av use-caser, context-diagrammer, pugh-matrix, funksjonsblokkdiagrammer og andre diverse verktøy. Dette har hjulpet oss med å lande på de forskjellige konseptene.



6. Iterasjonenes mål og omfang

Elaboration phase:

I slutten av denne fasen skal prosjektgruppa ha valgt et konsept som skal brukes videre i prosjektet. Dette innebærer følgende:

1. Gruppen skal ha et forslag til overordnet arkitektur.
2. Gruppen skal ha brutt ned systemkravene til designkrav.
3. Gruppen skal ha valgt utviklingsplattform som skal brukes.

Elab#1:

Gruppen har i denne iterasjonen planlagt arkitekturen til produktet og kartlagt de forskjellige «Interfacene». Vi har kommet opp med konsepter som ble overveid og fremlagt for hverandre i gruppen.

Gruppen har satt seg inn i følgende software:

- Eagle CAD software.
- Solidworks CAD software.
- MatLab software.

Gruppen har også satt seg inn i:

- Batteri teknologi.
- Batteri overvåking.

Elab#2:

I denne fasen har vi hatt en gjennomgang og vurdert resultatene fra første iterasjon. Informasjonen vi har opparbeidet gjennom denne iterasjonen har vi tatt med oss videre i beslutningene av de ulike konseptene som er valgt.



7. Software

I elaborasjons fasen har vi brukt mye tid på å sette oss inn i programvare som vi mener er nødvendig å lære seg for å gjennomføre prosjektet. Dette innebærer programmer som:

- Solid Works
- Eagle
- MatLab & Simulink

Solid Works

Solid Works er et program som det undervises på HSN (Høgskolen i Sørøst-Norge) for maskin ingeniørene. Vi har lært oss noe av det mest grunnleggende, men trenger fortsatt mer trening. Opprinnelig skulle vi bruke Solid Works til å designe eget chassis, men etter å ha lett på nettet fant vi først et ferdig chassis vi tenkte å bestille. Like etter fikk vi et chassis fra KDS som de hadde liggende. Vi kommer derfor til å lære oss det vi trenger i programmet for å kunne konstruere frontpanel og bak panel til chassiset på enheten vår, noe som ikke fulgte med. Gruppen har kompetanse innen AutoCAD, så vi regner med at dette skal gå etter planen. Hvis ikke må vi tegne delene vi trenger på AutoCAD i 2D, istedenfor i 3-D.

Eagle

Eagle er et tegneprogram brukt for å tegne elektriske kretser. Akkurat denne type programvare har ingen av oss i gruppen brukt tidlige, men vi har brukt tilsvarende tegneprogrammer som OrCAD og Proteus. Programvaren bruker vi til å hjelpe oss med design av kretskortet i henhold til riktige standarder. Vi er i tillegg avhengig av å tegne kretskortet slik at vi kan sende tegningene til en ekstern bedrift for produksjon og ferdigstilling av kretskortet tidsnok i prosjektet. Derfor har vi brukt mye tid på å sette oss inn i Eagle i det siste. Vi kommer til å fortsette noe ut i construction fasen med design av kretskort slik at vi får bestilt dette fortest mulig.

MatLab

MatLab er et program som vi kommer til å bruke fremover i prosjektet for å kunne finne batterinivået og tilstanden til systemet. Dette gjøres ved hjelp av en grafisk fremstilling. Det ligger inne et simuleringsprogram som er kalt for Simulink, det er mulig vi må bruke dette for å koble oss opp imot hardwaren. MatLab kan også brukes i prosjektet til andre formål og er et fint verktøy som kan brukes til å visualisere forskjellige tabeller eller grafer.



7.1 Rapport om software læring

I Solid Works har Tore Martin Flataas gjennomført flere «tutorials» for å komme inn i programmet og gjennomført noen enkle tegninger. Vi håper at vi kan lage en 3D tegning av chassiset vårt med mikrokontroller og elektronikk montert inni. I tillegg ønsker vi også å lage bakplate med kontakter og betjeningspanelet i forkant av enheten selv.

Vi kommer til å måtte tegne kretskort i ett CAD program. Til dette har vi valgt Eagle. Dette er det flere grunner til, blant annet finnes det masse informasjon og hjelp på internett når det kommer til bruk av Eagle. Vi kommer også til å benytte oss av produkter fra Arduino og SainSmart. Disse leverandørene benytter seg av Eagle og bruker dermed samme format på filene sine som oss, noe vi anser som en fordel. Alle i gruppa har opparbeidet seg noe kjennskap til dette programmet.

Under arbeidet i denne fasen har vi gått mer og mer bort fra Linux. Dette er fordi vi ikke ser noe behov for å sette oss inn i det da mikrokontrolleren ikke blir påvirket av operativsystemet til operatørstasjonen/pc en uansett. Vi ønsker likevel å bygge en GUI (Grafisk brukergrensesnitt) som mest sannsynlig også vil være kompatibel med Linux.

Vi har sett på forskjellige måter og lage en GUI på. Vi har blant annet sett på MatLab som vi har en del kunnskap om fra før. MatLab kan brukes sammen med Arduino gjennom såkalt MatLab Support Package. Denne lar oss programmere og styre mikrokontrollen fra MatLab. Den kan i tillegg bygge et grafisk brukergrensesnitt som vi kan bruke til å simulere styring fra konsollen/operatørstasjon som står i C2 systemet i dag.

En annen løsning vi ser på er å bygge det grafiske designet i Arduino, hvor vi koder skjermbildet og bruker et ferdig display som er kompatibelt med Arduino. Vi har allerede valgt å gå for et slikt display og har derfor bestilt dette.

8. Konseptutvikling - Oversikt

I denne fasen har gruppen jobbet mye med innhenting av bakgrunnsinformasjon for konseptutvikling. Vi har sett på hvilke løsninger som passer til prosjektet i forhold til forskjellige hardware og software løsninger. Vi har brukt systems engineering-verktøy, hvor vi i denne fasen har laget forskjellige use-caser, context-diagrammer, pugh-matrix, funksjonsblokkdiagrammer. For å komme i gang med konseptutvikling satte vi opp et «Morphological» diagram (se vedlegg 1), for å visualisere hva vi så for oss som mulige løsninger på de forskjellige funksjonelle kravene.

Emnene som vi har dekket er:

- **Styringssystemer:**

Vi har sett på forskjellige styringssystemer som fungerer som en «hjerne» i systemet vårt. Dette innebærer et system som skal forbinde kraftelektronikk, betjeningspanel, GUI og batteriovervåking.

- **Kraftelektronikk:**

Vi har sett på forskjellige fordelingssystemer som kan brukes til å styre sterkstrømmen i enheten (se vedlegg 6)

- **Betjeningspanel:**

Enheten skal ha et betjeningspanel i front som gjør det mulig for operatøren å betjene de kritiske funksjonene til systemet.

- **Graphical User Interface:**

Vi ønsker at enhetens funksjonalitet skal være tilgjengelig via en ekstern PC. Dette skal være et tillegg til betjeningspanelet, og skal benyttes for å hente ut mer detaljert info om batteristatus via grafer eller lignende.

- **Batteriovervåking:**

Enheten må kunne gi operatøren en oversikt over batteriets gjenværende kapasitet. Vi har sett på ulike måter dette kan løses på, samt hvordan vi kan overvåke batteriets tilstand (levetid).

- **Chassis**

Kriteriene for valg av chassis er analysert i henhold til kravene som omhandler dimensjon, temperatur og trykkbelastning.

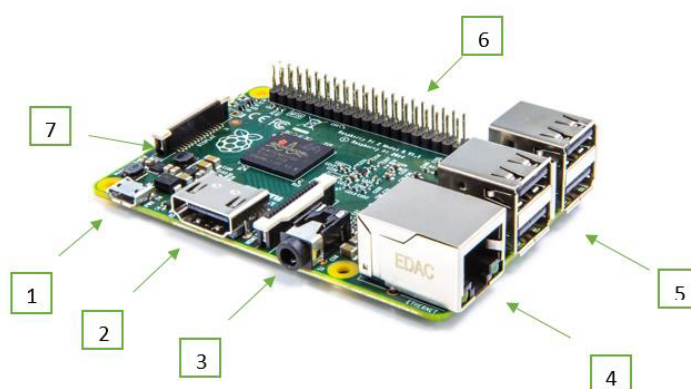
9. Konseptutvikling - Styrings elektronikk

Longevity har sett på hvilke typer styringssystemer som passer best inn i prosjektet når det kommer til kommunikasjon mellom software og hardware. Denne elektronikken er en sentral del av enheten, fordi all kommunikasjon skjer gjennom denne plattformen. Vi har sett på om elektronikken har de nødvendige egenskapene, for å kunne tilfredsstille kravene satt til dette systemet.

Den skal kunne bearbeide analoge og digitale data, samt programmeres slik at brytere, skjerm, batteri og forbrukerкурser har god kommunikasjonsflyt opp imot elektronikken. Den må kunne programmeres slik at strøm kapasiteten oppgis på selve enheten og på en pc-skjerm. Den må derfor være kompatibel med programmer som gir oss denne muligheten. Den må også kunne programmeres slik at strømmen slås av til definerte komponenter i systemet ut fra prioritet. Dette er bare noen funksjoner elektronikken må kunne programmeres til å utføre. Vi har derfor drøftet ulike konsepter og kommet frem til at vi skal gå i dybden på to konsepter, nemlig Arduino Mega 2560 og Raspberry Pi 3 modell B.

9.1. Konsept #1 - Raspberry PI

[1] Raspberry Pi er en fullt fungerende liten datamaskin som kan utføre en hel rekke funksjoner, den er også spesielt egnet til å kjøre Linux operativsystem. Når det kommer til lagring, så har man ikke muligheten til å laste opp filer direkte på enheten. Det man kan gjøre er å sette inn ett SD-kort som fungerer som en harddisk, hvor man har muligheten til å bruke forskjellige operativsystemer om nødvendig.



Figur 1: Raspberry PI

Raspberry PI bruker konstant 5V spenningsforsyning og må skrus av som en tradisjonell datamaskin med Software. Den er også mer følsom når det kommer til ekstern strømforsyning, fordi enheten ikke tåler store avvik fra 5V. Spenninger under 4.8V vil gjøre systemet ustabilt, mens spenninger over 5V kan fører til at datamaskinen blir ødelagt. Strømforsyningen kobles til en såkalt Micro-B (Figur 1: punkt 1), som man ellers bruker i alle typer Anroid-enheter. Raspberry enheten har som vist på figur 1, USB inngang (Figur 1: punkt 5) hvor man kan tilkoble WiFi-dongles, minnepinne, tastatur og mikrofon. Ethernet port (Figur 1: punkt 3) for å få raskere internett. GIPO (General Purpose input/output) pinner (Figur 1: punkt 6) er et sett med tilkoblingsmuligheter til diverse funksjoner, men den brukes i all hovedsak til å styre elektronikk. HDMI-inngang (Figur 1: punkt 2). DSI display Connector (Figur 1: punkt 7) og audio inngang (Figur 1: punkt 3).

Programmer som kan kjøres på Raspberry PI er Python som er anbefalt for nybegynnere, men man kan også kjøre C, C++, Java, Scratch og ruby for programmering.

Raspberry PI 3 er kompatibelt med MatLab, man kan lese og skrive data fra I/O pinner. Det ligger også inne data-pakker som kan kommunisere med Simulink (simuleringsprogram i MATLAB). Det gjør det mulig å snakke med enheten direkte via «intouch», det vil si at man kan tune og forandre tilstander mens systemet kjøres live fra en dataskjerm. Noe som gjør det mulig å lese data fra et dynamisk bilde, hvor man kan få opp diverse grafer og lignede.

Fordeler:

- Fungerer som en vanlig datamaskin.
- Kan brukes som en liten server.
- Det er muligheter for å kunne overklokke.
- Ingen bevegelige deler.
- Støyfri.
- Liten og kompakt.
- Små lys dioder som indikerer tilstanden til forskjellige operasjoner.
- Bruker lite strøm, bare noen par watt.

Ulemper:

- Takler ikke så godt Windows operativsystem.
- Ikke mulighet for å kunne oppgradere ram brikken.

Ute på markedet så har man fire forskjellige offisielle modeller, det er:

- Raspberry PI zero
- Raspberry PI 1 model A+
- Raspberry PI 1 model B+
- Raspberry PI 2 model B
- Raspberry PI 3 model B

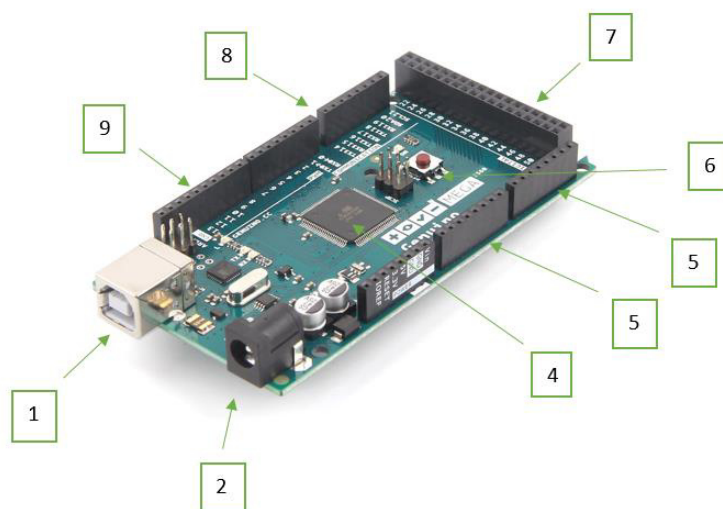


Vi har sett på den siste modellen Raspberry PI 3 model B, med følgende spesifikasjoner:

Raspberry PI 3, modell B:	
Bekrivelse	Antall
USB Ports	4
GPIO pins	40
HDMI ports	1
Ethernet port	1
A 1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8 CPU	
Camera interface (CSI)	
Display interface (DSI)	
Micro SD card slot	1
MICRO-B	1
1 GB ram	
3.5mm audio jack	1
VideoCore IV 3D graphics core	
Bluetooth Low Energy (BLE)	
Bluetooth 4.0	
802.11n Wireless LAN	
Operating voltage	5V

9.2 Konsept #2 - Arduino Mega 2650

[2] Arduino er en mikrokontroller som ikke kjører på et fullt operativsystem, men har et enkelt program som man legger inn diverse koder for å kunne styre I/O (Inputs/Outputs). Arduino kommuniserer veldig godt med en datamaskin, en annen Arduino eller andre mikrokontrollere. Hovedprinsippet med Arduino er å kunne kommunisere med sensorer og enheter. Derfor passer Arduino bra for et hardware-prosjekt. Når det kommer til ekstern strømforsyning så takler mikrokontrolleren dette fint. Den kan bli matet direkte fra en stikkontakt med AC til DC konverter eller fra en USB port, men den kan også mates fra et batteri. Den er ikke så ømfintlig på avvik fra 5V (tilkoblet pinner), og hvis det oppstår et problem i form av spenning under 5V, så vil dette ikke medføre problemer med softwaren. Det eneste som skjer at systemet stopper, men så fort man kobler tilbake spenningen vil mikrokontrolleren kjøre koden i gang igjen. Den er også kompatibel med å kjøre spenning direkte inn på power-jack og det er anbefalt en spenning mellom 7 til 12v.



Figur 2:Genuino Mega 2560 Rev3

Genuino Mega 2560 har 54 digitale innganger og utganger (Figur 2: punkt 7) hvor 14 kan bli brukt til pulsbredde modulasjon (Figur 2: punkt 9). Den har 14 analoge innganger (Figur 2: punkt 5), 4 UARTS porter (Figur 2: punkt 8), reset knapp (Figur 2: punkt 6), port for USB-kontakt (Figur 2: punkt 1), input-kontakt (Figur 2: punkt 2) og hjernen (Figur 2: punkt 4).

Fordeler

- Enkel å bruke samt programmere.
- Liten og kompakt.
- Kommuniserer godt med sensorer og aktuatorer (hardware).
- Open source.
- Støyfri.

**Ulemper**

- Ikke så lett å knytte direkte opp mot internett.
- Litt treg prosessor.

Kompatibilitet med MatLab

Vi har sett på hvilke kommunikasjonsmuligheter Arduino har i forhold til MatLab. Den er kompatibel med å lese, skrive og analysere data fra en Arduino. Når man koder Arduino med MatLab er det forskjellig ifra når man koder med Arduino compileren. Dette gjør at vi må bli mer kjent med hvordan vi skal programmere Arduino gjennom MatLab slik at vi kan lage en «GUI» vi kan bruke i prosjektet. MatLab er kjent for å være et avansert matteprogram, hvor man kan plote funksjoner og grafer som vi igjen kan bruke til å analysere og visualisere data fra en Arduino.

Simulink er et simuleringsprogram som ligger inne i MatLab. Denne kan brukes til å modellere dynamiske systemer ved hjelp av blokkdiagrammer som kan brukes til å sende og motta data fra en Arduino, og vise dataene visuelt på en skjerm. Det kan også programmeres inn i Arduino slik at den kjøres frittstående.

Fordeler ved bruk av MatLab:

- Utvikle og simulere algoritmer i Simulink og bruke automatisk kodegenerering for å kunne kjøre den på Arduino.
- Muligheten til å justere og optimalisere parametere på Arduino direkte under simulasjon.

Ulemper ved bruk av MatLab:

- Avansert brukergrensesnitt.
- Tregere respons på sensor data fra Arduino.

På Arduino sine hjemme sider, så er det i hovedsak 5 forskjellige modeller av mikrokontrollere:

- Genuino Micro
- Genuino 101
- Genuino ZERO
- Genuino Uno Rev3
- Genuino Mega 2560 Rev 3

Vi har sett på den mest avanserte modellen Genuino Mega 2560 Rev 3 med følgende spesifikasjoner vist i tabellen på neste side.



Genuino Mega 2560 Rev 3	
Bekrivelse	Antall
Digitale I/O pins	54
PWM digital I/O pins	14
Atmega256	1
Analoge input pins	16
DC-strøm per I/O pinne	40mA
Operating voltage	5V
Input voltage (recommended)	7-12V
Input voltage (limit)	6-20V
DC current per I/O pin	40mA
DC current for 3.3V pin	50mA
Flash Memory	256 KB
Flash Memory for bootloader	8KB
SRAM	8KB
EPROM	4KB
Clock speed	16MHZ

Pugh-Matrise for styringselektronikk:

Criteria	Explained	Weighting	Arduino omega 2560			Raspberry PI		
			Value	Points	Wt.points	Value	Points	Wt.points
Price	NOK	5	350	4	20	354	4	20
Volume	LxBxH	5	101.52 x 53.3 x 10mm	5	25	85 x 56 x 17mm	5	25
Weight	g	5	35	4	20	45	4	20
Input/output	Digital/analog	15	1-54	5	75	1-40	4	60
Matlab communication		10		5	50		5	50
Usability	Program	40		5	200		3	120
Ambient tempratue		10	from -40 to +125	5	50	from -40 to +85	5	50
Communication with Hardware components	Units	10		5	50		4	40
Total points		100			490			385
Sum bad	-			0			0	
Sum ok	0			2			5	
Sum good	+			6			3	



9.3. Konklusjon Konseptutvikling Styrings elektronikk

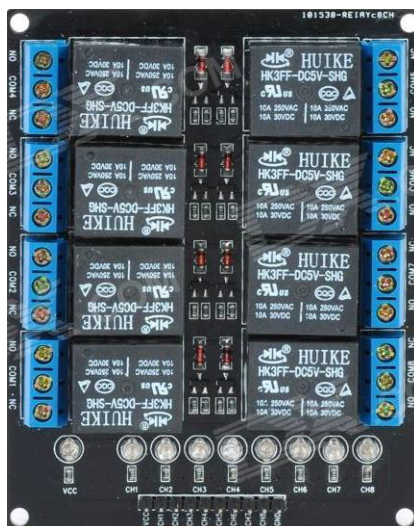
Vi har ved hjelp av pugh matrise, analyseringer og vurderinger kommet fram til en styreenhet som passer best til prosjektet vårt. Det er Arduino mega 2560. Den scorer høyt på brukervennlighet og har alle de nødvendige funksjonene som vi trenger for kunne styre andre enheter og motta nødvendige data. Selv om Raspberry PI også har mange like egenskaper, så har Arduino (mikrokontroller) flest tilkoblingsmuligheter og er bedre egnet til å kommunisere med forskjellige type sensorer og aktuatorer. Dette er meget sentralt for vårt prosjekt, når vi skal lese data fra forskjellige forbrukerкурser og finne tilstanden til batteriet som er tilkoblet enheten vår.

10. Konseptutvikling - Kraft elektronikk

For å fordele strøm til de forskjellige enhetene er vi avhengig av en form for kraftelektronikk som kan fordele og begrense strømtrekket til de forskjellige komponentene/forbrukerkursene. Her har vi greid ut om de forskjellige måtene dette kan løses på og sammenlignet disse etter beste evne.

10.1. Konsept #1 - Mekanisk relestyring

[3] Mekanisk reléstyring er den enkleste formen for sterkstrøm styring. Et mekanisk relé er den mest vanligste og mest brukte elektriske relé typen, ofte omtalt som et EMR (Elektromekaniske releer). Et EMR slår av og på strøm ved hjelp av bevegelige kontakter, magneter og spoler. Typiske applikasjoner ved hjelp av EMR er for eksempel: Motorer og varmeovner.



Figur 3: Rele modul for Arduino

[4] For applikasjoner som er avhengig av å være fullstendig av eller på, eller i applikasjoner som krever minimalt med spenningsfall er mekanisk relestyring ett godt alternativ. Det samme gjelder i kretser hvor man ikke forventer skade av lekkasjestrøm når releet er av (åpent). Mekaniske reléstyringer er også overlegne når det kommer til systemer hvor det kan forventes overspenning eller «spikes».

Når EMR blir ødelagt er det vanligvis fordi coilen som styrer kontaktene ryker. Et annet problem er at kontaktflatene i reléet kan «smelte» sammen hvis kontraktoren blir overbelastet. Dette er sjeldent et problem med mindre systemet er underdimensjonert. EMR kan benyttes med både AC og DC spenninger. En annen fordel er at kontakt motstanden minker ettersom belastningen øker, noe som gjør tilleggs kjøling ved høye belastninger overflødig. EMS krever betydelig mer styrestrøm enn for eksempel SSR (solid state relé), men de kan til gjengjeld operere ved full last over et bredt temperaturområde.



Det som kjennetegner åpen sløyfe i et elektromekanisk relé, altså når kontaktene er fra hverandre, er at kretsen er fullstendig åpen. Kretsen kan da bare lukkes (kortslutte) hvis spenningen overstiger maksgrensen for kontaktoeren. En annen fordel er at de fleste kontaktorer kommer med flere polpar som kan styre flere spenninger og kretser samtidig. Som alle mekaniske enheter, har EMR en begrenset forventet levetid, altså vil selv de best konstruerte EMR slutte å fungere. Det er likevel mange tilfeller hvor det er utstyret som kontaktoeren skal styre som ryker først.

Med kontakter som fysisk åpner og lukker, skaper EMR lysbuer når de bryter strømmen. Dette kan føre til elektromagnetisk støy for nærliggende utstyr, noe som kan by på problemer for EMI (Elektro Magnetisk Interferens) og sensitivt utstyr som er montert i umiddelbar nærhet.

[5] Fordeler og ulemper med EMR:

Fordeler med EMR:

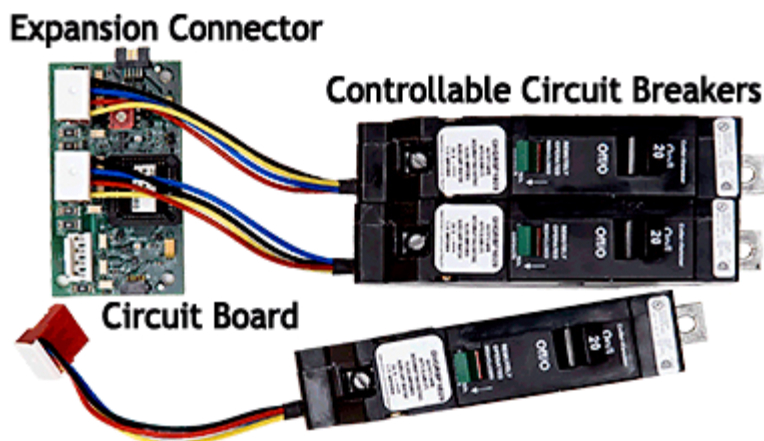
- Har som regel flere poler, slik at man har mulighet for NC/NO (normally closed/normally open).
- Noen typer kan takle krevende forhold.
- Kan styre både AC og DC.
- Koster lite.
- Lavt spenningsfall (krever ikke kjøle ribber).
- Takler godt spennings transienter (spikes).
- Ingen strøm lekkasje når kretsen er åpen.

Ulemper med EMR:

- Kontaktene blir slitt ved mye «rele klikking» og høye strømmen.
- Støyer mer i forhold til for eksempel SSR.
- Egner seg dårlig til å switche ut høye startstrømmen.

10.2. Konsept #2 - Remote Controlled Circuit Breaker (RCCB)

[6] Fjernstyrte sikringer finnes i mange ulike utforminger og spennings spektre. Fordelen med en slik løsning er at man ikke bare kan slå av og på en forbruker, men at man også får implementert inn en god sikring som sikrer kretsen mot overbelastning.



Figur 4: RCCB Overview

Her har man også mulighet til å få tilbakemelding om tilstanden til sikringen, det vil si om den er åpen eller lukket. Denne informasjonen kan sendes tilbake til mikrokontrolleren som gir en status om sikringen har slått ut eller ikke. Et generelt problem med slike automatsikringer er at disse sikringen ofte ikke tåler stor temperaturdivergens.

[7] Vi har derfor måtte lete opp sikringer som tåler de tøffe miljøkravene som er satt. Et eksempel er E-T-A Remote Control Circuit Breaker 4930 (RCCB) som samsvarer med den militære standarden: MIL-PRF-83383.



Figur 5: E-T-A RCCB



Vi har i tabellen under tatt ut noen nøkkeltall om denne sikringen:

[8] Nøkkeltall om E-T-A Remote Control Circuit Breaker 4930	
Ambient temperature	-54 til +71 °C
Vibration (sinusoidal)	10 g (55-2000 Hz), ± 0.76 mm (10-55 Hz)) to MIL-STD 202, method 204, condition C
Shock	25 g (11 ms, half sinusoidal) to MIL-STD 202, method 213, condition J ISO 7137 (RTCA/DO-160 C, part 7)

10.3. Konsept #3 - Solid State Relay

[9] Solid-State relé eller SSR oppnår samme resultat som elektromekanisk relé, men uten bevegelige deler. Dette gjøres med silisium styrte likerettere. En fordel med at SSR ikke har noen bevegelige deler er at disse blir mer robuste mot støt og vibrasjoner. SSR bruksområder er kontormaskiner, medisinsk utstyr, skjermbelysning, heis kontroll, automater, test og måleutstyr, og så videre.



Figur 6: Solid State Relé

Når SSR blir implementert skikkelig, vil disse fungere i svært lang tid og vanligvis fungere lenge etter at utstyret det styrer har blitt byttet eller slitt ut. De opererer stille og produserer lite elektrisk støy. SSR vil fungere over et bredt spekter av inngangsspenninger og forbruker lite strøm. De skaper heller ingen lysbue når strømmen blir brutt, noe som gjør dem egnede for farlige miljøer (Ex områder). De fleste AC typene bruker såkalt "zero-voltage crossover", som minimerer overspenningsstrømmer.

SSR bør i utgangspunktet ikke bli sett på som et vanlig relé i det hele tatt, men heller som en elektronisk krets. Vanligvis bruker reléet en inngang i form av en optokobler, mens utgangen er en triac, SCR, eller FET. Et negativt aspekt ved SSR er at halvledere aldri er helt av eller på. Når reléet er på finnes det betydelig motstand i kretsen, noe som kan føre til betydelige varmeutvikling ved strømgjennomgang. Derfor er man avhengig av å montere på kjøle-ribber som ofte veier mange ganger reléets egenvekt. De er også følsomme for omgivelsesvarme og må underbelastes hvis de brukes i varme miljøer, eller med mindre optimale kjøle ribber.



Ved noen applikasjoner kan SSR gi et spenningsfall i på-tilstand som kan føre til problemer for utstyr som er følsomt for spenningsfall. Et annet problem er at selv om releet er i av-tilstand, så er ikke kretsen fullstendig brutt. Dette kan ved høye spenninger gi krepstrømmer som kan være skadelige.

Under normale driftsforhold er det sjeldent SSR feiler, men når feil oppstår vil det som regel oppstå en kortslutning. Ulempen er at brukeren ikke oppdager at releet har kortsluttet. De fleste releer krever en minimums belastning for å fungere, og kan bare styre AC eller DC spenninger, ikke begge deler.

Mens noen reléer er laget med flere poler, har de fleste SSR inngangene sine parallelt montert i én enhet. Hva skjer da dersom en av sidene feiler? Det kan gå helt fint for noen kretser, men det kan være katastrofalt i andre situasjoner.

Solid state reléer er klart best der hovedkravet er evnen til å utføre titalls millioner av sykluser. De er også førstevalget hvis stillhet er viktig, lysbuer eller elektrisk støy må unngås for enhver pris.

[5] Fordeler og ulemper med SSR

Fordeler med SSR:

- Lang levetid hvis implementert riktig.
- Ingen kontakter som slites med bruk.
- Ingen lysbuer.
- Gode egenskaper mot sjokk og vibrasjon.
- Gode egenskaper når det kommer til regulering og bruk opp mot mikrokontroller, digitale kretser og datamaskiner.
- Veldig rask veksling mellom av og på tilstand.
- Høye miljøkrav opp mot varme, støv, smuss og fuktighet.

Ulemper med SSR:

- Vanligvis bare en pol.
- Avhengig av store kjøle ribber.
- Kan bare kjøre AC eller DC, ikke begge deler
- Når reléet er av, er ikke kretsen fullstendig brutt.



10.4. Konklusjon Konseptutvikling - Kraft elektronikk

Prosjektgruppen har overveid etter beste evne de forskjellige metodene for distribusjon av kraft til de forskjellige komponentene, og funnet ut at E-T-A Remote Control Circuit Breaker sikringer er den metoden som stiller seg best egnet til vårt system. Dessverre så ser vi oss nødt til å gå vekk fra denne løsningen på grunn av at prisnivået per sikring er skyhøye ca. 19 000kr per sikring, og leveringstiden er altfor lang til å få komponentene tidsnok. Vi har derfor sett oss nødt til å gå for den nest beste løsningen som er å bruke mekaniske reléer sammen med tradisjonelle sikringer.

Siden vi skal gå for mekaniske reléer er vi uansett nødt til å ha egne sikringer for å sikre systemet mot overbelastning.

Vi har allikevel tenkt til å dokumentere et system som inkluderer RCCB sikringer i tillegg til den konseptmodellen vi lager med mekaniske reléer.

Dette er fordi E-T-A Remote Control Circuit Breaker sikringer samsvarer med alle våre miljøkrav, og i tillegg tilfredsstiller kravene om sikker utkobling ved overbelastning. Disse sikringene kan anses som en kombinasjon av kontaktor og sikring. Det gir dermed en optimal brukervennlighet i forhold til at bruker får en tilbakemelding når sikringene slår ut. Operatøren kan også tilbakestille sikringene fra en operatørstasjon i tillegg til på selve enheten. En siste ting som gjør denne løsningen optimal er at enheten vår blir svært modulær med denne løsningen. Dette er fordi andre aktuelle løsninger krever langt mer modifikasjon av kretskort og komponenter.

11. Konseptutvikling – Betjeningspanel skjerm

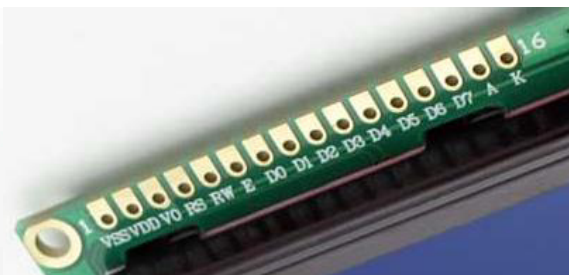
Vi har sett på forskjellige skjermer som vi mener passer best til enheten vår. Skjermen skal kunne monteres i forkant av enheten. Skjermen skal inneholde funksjoner som lar operatøren endre prioritet på kurser, styre kurser og oppgi tilstanden til batteriet. Oppgi tilstanden til batteriet vil si et visuelt bilde av hvor mye strømkapasitet som er igjen i batteripakken oppgitt i prosent. Det er også ønskelig å få med andre funksjoner på skjermbildet. Det kan være alt fra temperaturoppstand inne i og utenfor enheten, til hvilke kurser som er i drift. Vi har også sett på mulighetene som ligger til grunn for bruk av «touch» skjerm. Det er også lagt til grunn for at alle skjermene er compatible med Arduino Mega 2560, ettersom det er denne mikrokontrolleren som skal brukes i enheten.

11.1. Konsept #1 - LCD Qc1602a

[10] Displayet er lite og passer inn i enheten som er 3U høy. Den er heller ikke så komplisert sammenlignet med andre displayer. Den har ingen begrensinger når det kommer til å vise forskjellige tegn og symboler. Det er et 16x2 display, det vil si den kan vise 16 tegn på to linjer. Hvert tegn vises i en 5x7 megapiksel matrise. Fargen på displayet er blå og tegnene blir uthevet med en sterkere lysfarge.



Figur 7: LCD Display Qc1602a



Figur 8: Nærbilde LCD Qc1602a

Fordeler:

- Liten og kompakt.
- Robust.
- Bruker få innganger og utganger.

Ulemper:

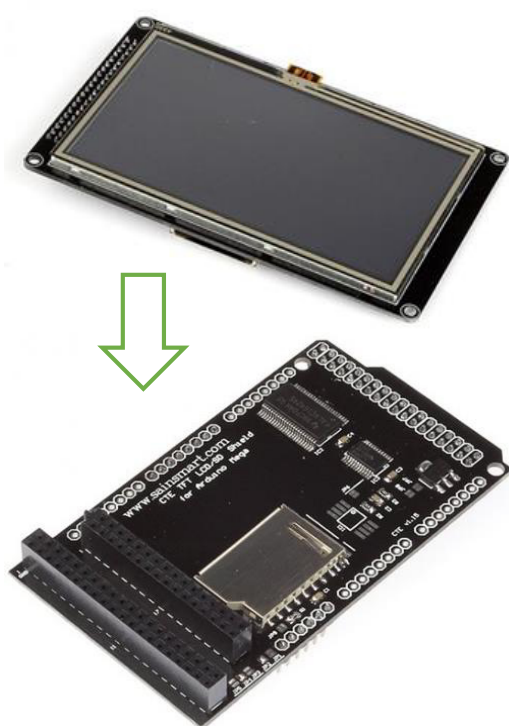
- Dårlig oppløsning.
- Begrenset i forhold til fargegjengivelse.
- Visuelle bilder kan ikke vises.
- Begrenset i forhold til hva som kan vises på skjermen.



Pin layout for LCD Qc1602a:			
Name	Level	Description	Pin-number
VVS	0V	Ground	1
VVD	+5V	5V	2
VD		Contrast adjust	3
RS	H/L	H: data L: command	4
R/W	H/L	H: read L: write	5
E	H.H-L	Enable signal	6
DB0-DB7	H/L	Data bus	7-14
LEDA	+5V	Power supply for LED Backlight	15
LEDK	0V		16

11.2. Konsept #2 - SainSmart 4.3" 4.3 Inch TFT LCD Touch Panel

[11] Dette displayet er 4.3" stort og kommer med «touch» funksjon. Den er også kompatibel med Arduino Mega 2560 og er liten nok til å kunne monteres foran på enheten. Displayet kan om nødvendig kobles direkte, men dette er en mer komplisert løsning, derfor finnes en såkalt «shield» som monteres under skjermen og over Arduinoen. Selve skjermen gir oss muligheten til å vise mer enn bare batteriprosent. Vi har muligheten til å få opp en rekke funksjoner som kan være med å gi oss et bedre helhetsbilde av tilstanden til enheten og batteriet. Det ligger også biblioteker som gir oss muligheten til å kommunisere opp mot elektronikken.



Figur 9: Shield

På figur 9, ser vi selve skjermen og «shieldet» som monteres under skjermen. Displayet med «shield» monteres deretter på Arduino kretskortet. Siden displayet bruker mange utganger og innganger, ser vi oss nødt til å modifisere Arduino kretskortet på CAD Soft Eagle. En annen mulighet er å utvide med to Arduino-kretskort.

Fordeler:

- Kan vise mye data på skjermen.
- Bra oppløsning.
- Touch.

Ulemper:

- Bruker mange inn og utganger.

Spesifikasjon: SainSmart 4.3" 4.3 Inch TFT LCD Touch Panel

4.3" TFT LCD Module, Resolution 480X272, SSD1963 Controller

LCD Type: TFT Transmissive Normal White super wide viewing angle

On board DC-DC Boost regulator TPS61040 to provide power supply to LCD back-light

Resist film to protect the LCD screen

LCD Panel: HannStar HSD050IDW1

Interface: 8/16bit parallel bus interface

With SD Cage and Flash IC footprint reserved

LCD-specified initialization code is provided, so that you can save time to optimize power control register and gamma curves for best display performance. We have test the provided code, it gives the best display performance

Module dimension: 133mmx85mmx23mm (including pin header extrusion)

Active Area: 95.06mmx52.86mm

Pixel pitch: 0.135mmx0.135mm

Standard 2x20 2.54mm pin header for connection to MCU/development board

PCB Color: Black

11.3. Konsept #3 - VT084XA4

[12] VarTech's 8.4". Denne skjermen er en spesielt robust skjerm, og er av den typen som følger en militær standard. Den tilfredsstiller temperaturkravet til KDA, med en skala fra -40 til +65 grader celsius. Den har en imponerende IP grad på 67, som kan forhindre at vannsprut og støv trenger inn i enheten. Skjermen har også touch funksjonalitet i tillegg til knapper på selve skjermen. Problemet med denne skjermen er at den ikke er kompatibel med Arduino Mega 2560, og derfor ser vi oss nødt til å finne en annen løsning på kommunikasjonen mellom enhetene.

Fordeler:

- Veldig robust mot vann og støv.
- Bra oppløsning.
- Touch.

Ulemper:

- Er komplisert å konfigurere.
- Ikke kompatibel med Arduino Mega 2650.
- Størrelsen passer ikke inn i en 3U enhet.



Figur 10: VT084XA4



Spesifikasjon: VT084XA4	
Panel Size	8.4" (21cm)
Type	Active Matrix Color Thin Film Transistor (TFT)
Native Panel Resolution	SVGA
Pixel Format	800 (H) x 600 (V)
Back Lights	1 LED Rail rated 70,000 Hrs.
Colors Supported	16,777,216 (8-bit input)
Video Input	Analog 0.7v p-p, TTL
Input Voltage	9 to 36VDC (12VDC typ.) – Amperage Draw 2.1A @ 12VDC for 25W
Power consumption	25 Watts (32 Watts with heater)

Pugh-Matrise for skjermvalg:

Criteria	Explained	Weighting	DLCD Qc1602a			4.3 Inch TFT LCD			FVT084XA4		
			Value	Points	Wt.points	Value	Points	Wt.points	Value	Points	Wt.points
Price	NOK	5	30	5	25	263.70	5	25	Undefined	1	5
Mounting		5		4	20		4	20		2	10
Usability		15		5	75		4	60		4	20
Inputs / outputs	Pins	20	16	4	100	40	3	60	Undefined	1	15
Size	LxW	10	64.5mmx13.8mm	3	30	133mmx85mm	5	50	198mmx254mm	1	10
Display information		25		2	50		5	125		5	125
Operating temperatur	Degrees celsius	20	-30°C to +70°C	4	80	Undefined	1	20	-40°C to +70°C	5	100
Total points		100			380			360			285
Sum bad	-			1			0			2	
Sum ok	0			4			4			3	
Sum good	+			2			3			2	

11.4. Konklusjon Konseptutvikling – betjeningspanel skjerm

Vi har analysert tre forskjellige type skjermer og konkludert med at displayet SainSmart 4.3" er skjermen vi kommer til å bruke. Ut fra pugh-matrisen så viser det seg at LCD Qc1602a skjermen også scorer høyt i forhold til poengsum, men den egner seg ikke til å vise mye data.

Derfor har vi valgt å gå for SainSmart 4.3", den har mye av den samme funksjonalitetene som LCD Qc1602a, men til fordel så kan den programmeres til å vise mer data på en større skjerm. Den er i tillegg mer brukervennlig fordi den har «touch» teknologi som lar brukeren enklere styre enheten fra skjermen.

Den siste skjermen tåler ekstreme ytre påvirkninger, men på grunn av størrelsen på skjermen passer den ikke inn i enheten vår. Den er i tillegg ikke kompatibel med mikrokontrolleren Arduino Mega 2560, så vi ser ikke noen god grunn til å velge dette displayet.

12. Konseptutvikling - Kommunikasjonsenhet mot bruker

For å informere om status og gi brukeren en mulighet til å styre enheten, har vi tatt for oss 4 forskjellige konsepter. Her har vi har greid ut om de forskjellige konseptene, fordelene, ulempene og begrunnelse for valget.

De 4 konseptene er:

- Enhet med kommunikasjon mot operatørstasjon som i dag sitter i C2 systemet.
- Enhet med kommunikasjon mot PC.
- Enhet med display.
- Kombinasjon av display med en PC som simulerer måldata.

12.1. Konsept #1 - Enhet med kommunikasjon mot IDS sin operatørstasjon

Enheden må kunne ha en toveiskommunikasjon mot IDS sin operatørstasjon som i dag sitter i C2 systemet.



Figur 11: Operatørstasjon

For operatøren vil det helt klart være en fordel å kunne styre enheten vi skal lage fra konsollen som allerede er der i dag. Disse operatørstasjonene er allerede kvalifisert for de krav som er stilt fra KDA slik at det eneste man trenger å gjøre med eksisterende hardware er å legge inn softwaren som skal styre og overvåke enheten vår.

Ulempen med dette alternativet er for vår del at det vil kreve en del programmering inne i selve operatørstasjonen. Dette er vi verken sertifisert til eller har ressurser for å gjennomføre.

En annen ulempe med dette valget er at vi ikke har noen tilgang til disse konsollene. Vi kan derfor ikke få simulert eller testet systemene sammen godt nok.



Fordeler med operatørstasjonen:

- Står der fra før.
- Trenger ingen eksterne enheter.
- Tilfredsstiller krav mot temperatur og trykk.
- Koster lite da det meste kan brukes fra eksisterende enhet.
- Brukeren får all informasjon samlet på et sted og kan betjene enheten uten å forlate operatørstasjonen.

Ulemper med operatørstasjonen:

- Vi er ikke sertifisert til å programmere operatørstasjonen.
- Mye jobb med å få toveiskommunikasjonen til å bli slik vi ønsker.
- Enheten er ikke flyttbar ved tilkobling opp imot operatørstasjonen.
- Ingen reserveløsning hvis skjermene ikke fungerer slik de skal.
- Oppgraderinger er tidkrevende og avansert.

12.2. Konsept #2 - Enhet med kommunikasjon mot PC

En annen mulighet vi har sett på er å simulere dagens eksisterende operatørstasjon med en ekstern pc der man kan få ut både status og måleresultater. Det er da også mulighet for å styre kurser fra pc-en og endre prioriteringen til de forskjellige kursene.



Figur 12: PC

Fordeler med PC:

- Lett tilgjengelig, bærbar enhet.
- Oversiktlig og lett brukersnitt.
- Kan tilfredsstille krav om temperatur og trykk.
- Brukeren får all informasjon et sted og kan operere herfra.
- Lett å oppdatere gjennom programmering i Arduino.
- Lett å koble opp.

Ulemper med PC:

- Trenger tiltak for sikkerhet.
- Levetiden er ikke like høy som en fast enhet.
- Den tar opp litt plass der det er lite rom i utgangspunktet.
- Ingen reserve mulighet for overstyring hvis pc-en er nede.

12.3. Konsept #3 - Enhet med display



Figur 13: MIL-Spec skjerm og LCD display



En tredje mulighet er å bruke LCD display montert på enheten. Det finnes utallige mulige LCD display og størrelser på markedet. Vi må dele opp i 2 typer for å best beskrive hvordan de fungerer.

Det ene valget er «SainSmart» LCD display som er lett kompatibelt med Arduino Mega 2560, her finnes det også forskjellige størrelser. Her kan man også velge om displayet skal være med touch eller ikke. Ulempen med disse er at de antageligvis er følsomme ovenfor lave temperaturer. Disse kan eventuelt varmes opp ved å montere oppvarmingsfolie på selve displayet, karbonfolie bak displayet eller en kombinasjon av begge deler.

Det andre valget av LCD display er de som er laget etter militær standard. Disse er solide, tåler mye trykk og temperatur, men de er dyrere og større. Hvordan interface til disse skjermene opp mot Arduinoen er noe vi eventuelt må se mer på.

Begge displayene må kunne monteres direkte på enheten. Dette gjør at enheten er flyttbar og at brukeren får det meste av informasjonen her. Når det kommer til å overstyre enheten så har man flere valg her også som kan være touch, tastatur eller bruk av knapper.

Fordeler med display:

- Tar lite plass.
- Er flyttbar.
- Relativ liten pris (avhengig av type).
- Lett konfigurerbar opp imot Arduino (SainSmart).

Ulemper med display:

- Vanskelig å få ut oversiktlig data med et lite display.
- Krevende interface ved bruk av militær spesifikasjon opp mot Arduino.
- Krever eksternt utstyr, knapper, touch eller key-board for å overstyre prioriteten.
- Følsom for omgivelsestemperatur. (SainSmart).
- Ingen reserve mulighet for overstyring hvis displayet ikke fungerer.

12.4. Konsept #4 - Kombinasjon av display og pc/operatørstasjon

Et fjerde alternativ er å kombinere displayet med pc-en. På grunn av at vi ikke kan konfigurere operatørstasjonen så kan det være ønskelig å bruke en PC som en monitor der man får opp mer detaljert data om batteriet.



Figur 14: PC og Display

Fordeler med kombinasjon:

- Begge er lett flyttbare.
- Reserve løsning er tilgjengelig hvis en kutter ut.
- God oversikt og brukervennlighet.

Ulemper med kombinasjon:

- Displayet er fortsatt utsatt for temperaturer.
- Koster mer enn bare et display.
- Tar lengre tid å konfigurere/programmere.



Pugh-Matrise for kommunikasjons enhet mot bruker:

Criteria	Explained	Weighting	nhet med kommunikasjon mot IDS sin operatørstasjon			Enhet med Kommunikasjon mot PC:			Enhet med Display:			kombinasjon av display og "PC"		
			Value	Points	Wt.points	Value	Points	Wt.points	Value	Points	Wt.points	Value	Points	Wt.points
Price	NOK	15	undefined	1	15	aprox.20.000kr	4	60	500	5	75	aprox. 20500kr	4	60
Volume	mm*mm	10	0	5	50	320*15	3	30	40*20	5	50	40*20 & 320*15	3	30
user features		10	-	5	50		4	40		3	30		5	50
life span	years	10	20+	5	50	5-10	3	30	10+	4	40	10+	4	40
Safety/backup	%	10		4	40		3	30		2	20		5	50
Recycling	%	5		5	25		2	10		4	20		2	10
ambient temperatur	°C	20	-40-65°C	5	100	-40-65°C	3	60	aprox.-20°-40C	3	60	aprox.-20°-40C	3	60
easy access		10	no	2	20	yes	4	40	yes	4	40	yes	5	50
upgradeable		10	yes but is time effort	3	30	yes	5	50	yes	4	40	yes	5	50
Total points		100			380			350			375			400
Sum bad	-			2			1			1			1	
Sum ok	0			2			7			6			4	
Sum good	+			5			1			2			4	

12.5. Konklusjon Konseptutvikling - Kommunikasjonsenhet mot bruker

Vi har undersøkt de ulike konseptene og alle konseptene har sine fordeler og ulemper. Ting vi har lagt vekt på er hva vi har tilgang til og KDA sine synspunkter rundt konseptene våre. De ulike konseptene er blitt gradert etter poeng score i en pugh-matrise som også er med på å bestemme hva slags konsept vi har gått for.

- **Konsept 1: Enhet med kommunikasjon mot IDS sin operatørstasjon.**
Når det kommer til operatørstasjonen i seg selv så hadde det vært ønskelig å kunne fått opp status og informasjon på denne. Problemet er at vi ikke har tilgang eller ressurser til å gjennomføre dette per dags dato, derfor utgår dette valget. Det kan likevel være aktuelt for KDA å senere kombinere enheten mot operatørstasjonen men det er ikke vesentlig for vår prototype.
 - **Poeng score:** 380
- **Konsept 2: Enhet med kommunikasjon mot PC.**
Det å kunne styre og overvåke status ved hjelp av en PC gir brukeren en god og ryddig oversikt med et enkelt brukersnitt. Problemet med denne løsningen er at en PC må tåle omgivelses temperaturer. I tillegg er det satt som krav at det også må være med et betjeningspanel på selve enheten.
 - **Poeng score:** 350
- **Konsept 3: Enhet med display.**
Display er noe som kan sitte direkte på enheten og tar liten plass, det gjør at enheten er flyttbar og at man får informasjon direkte på enheten. Det finnes mange typer displayer og problemet her er å finne en type som takler omgivelsestemperatur, ikke tar mye plass og som passer budsjettet vårt. Dette er den enkleste enheten, men krever som alle andre valg noe programmering for å fungere sammen med enheten.
 - **Poeng score:** 375
- **Konsept 4: Kombinasjon av display og kommunikasjon pc/operatørstasjon.**
En kombinasjon av display og PC der PC-en er ment som representant for operatørstasjonen. Ved å kombinere disse har operatøren alltid en backup løsning for å betjene enheten. Samtidig har brukeren best mulighet til å hente ut dataene han trenger fra enheten. Vi får uansett en utfordring når det kommer til temperatur, men dette kan løses med en «Transparent Heater». Man har også mange ulike måter å bruke LCD på, så dette er punkter som må undersøkes videre. Dette er konseptet vi har valgt å bygge videre på.
 - **Poeng score:** 400

13. Konseptutvikling - Batteri overvåkning

Det er viktig for oss å kunne gi operatøren av systemet ett godt bilde av gjenværende batterikapasitet. Dette gjør at operatøren har best mulige forutsetninger til å ta gode beslutninger opp mot bruken av C2 systemet i nødstrøms sammenheng (systemet i batteridrift).

For å kunne oppgi gjenværende batterikapasitet og batteriets tilstand, trengs det en form for batteriovervåkning. Her har vi redegjort for hva vi tolker som aktuelle måter vi kan løse dette på:

La oss først se på hva vi ønsker å monitorere:

- **Spenning:**

Total spenning, spenninger i enkeltceller, minimum og maksimum celledspenning.

- **Temperatur:**

Gjennomsnittstemperatur i batteripakken, eller temperaturer på enkeltceller.

- **Batteriets gjenværende kapasitet eller «State Of Charge» (SOC):**

For å indikere ladenivået på batteriet.

- **Batteriets tilstand eller «State Of Health» (SOH):**

En varierende definert måling av den generelle tilstanden til batteriet.

- **Strøm:**

Strøm inn og/eller ut av batteriet.

13.1. Konsept #1 - Comrod Compact 2400 AC/DC interne systemer

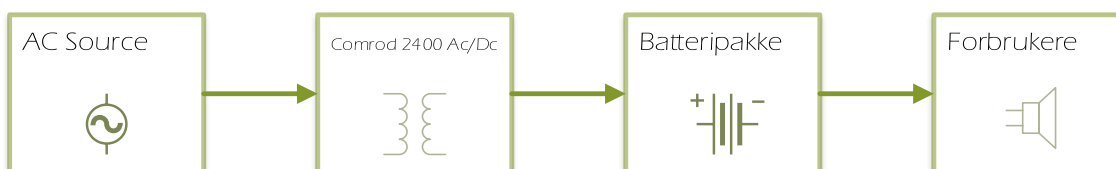
[13]COMPACT 2400 AC / DC er en kompakt DC strømforsyning og batterilader med nominell effekt på 28V / 80A. Den er mekanisk og elektrisk robust og i stand til å operere under tøffe miljøforhold med store variasjoner i inngangsspenningen. Den er designet for å levere strøm til følsom elektronikk, med eller uten batteri backup.



Figur 15: Comrod Compact 2400 AC/DC

Compact 2400 AC/DC er C2 systemets batteri lader og strømforsyning. Denne omgjør 230V AC til 28V DC spenning, lader og forsyner C2 systemets forbrukere. I tilknytning til ladefunksjonen finnes det en del elementer vi kan bruke i vårt system.

Slik systemet er i dag flyter strøm som vist under, altså gjennom batteripakken.



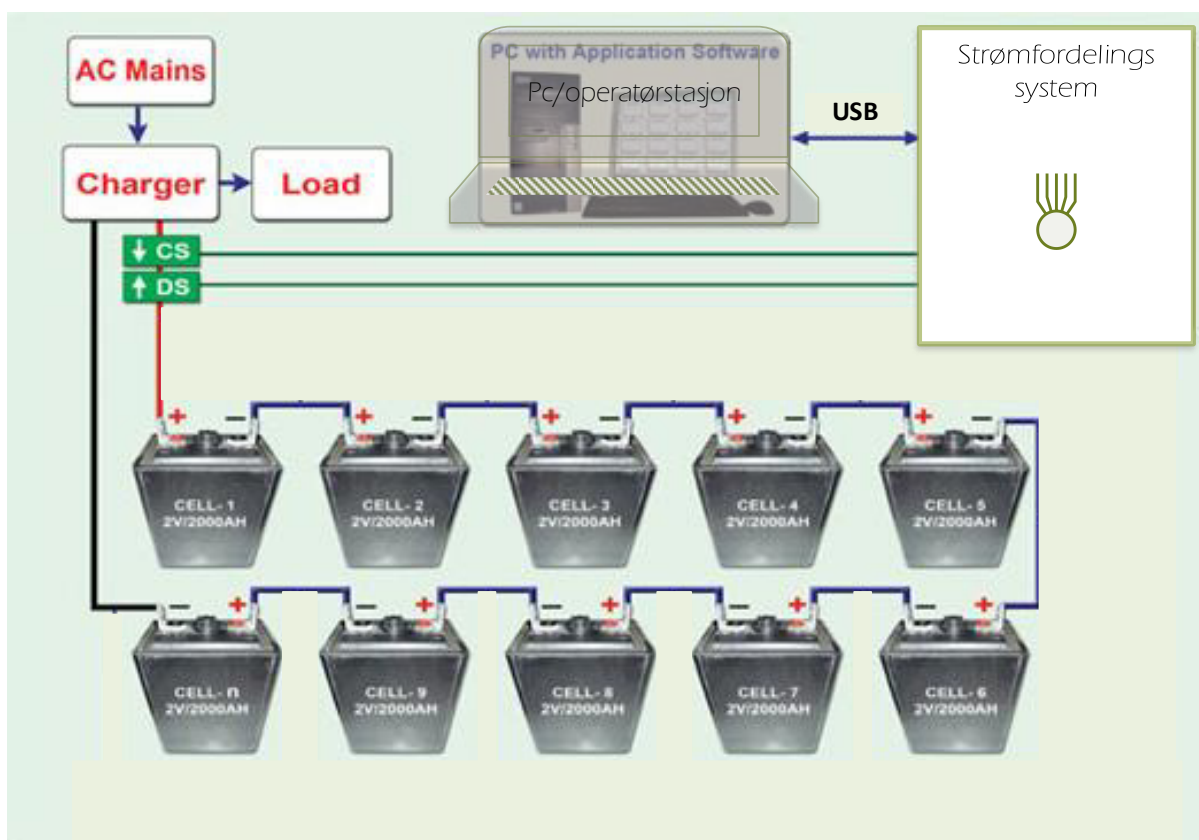
Figur 16: Skjema for strøm flyt

For at Compacten skal gi så optimal ladning til batteriene som mulig, er det vanligvis satt inn en termistor (NTC) for å kunne kompensere ladespenningen i forhold til omgivelses temperatur rundt batteripakken.

En annen ting med Compacten er at den kan oppgi ladespenningen over batteriene og hvor mye strøm som blir trukket. Det er dog ett problem med strømtrekket ettersom man ikke kan vite hvor mye som går til batteriene og hvor mye som går ut til forbrukerne.

13.3. Konsept #2 - Registrering av Strøm inn og strøm ut

På figur (18) under, ser vi et system som gir svært gode målinger av batterikapasiteten ved å monitorere hvor mye strøm som går inn og ut av batteripakken. Dette gir en nokså god oversikt over hele batteripakkens tilstand og status. Ulempen med denne løsningen kontra individuell celle/batteriovervåkning er at man bare får statusen av hele batteripakken som en enhet og ikke celle vis. Om en får en indikasjon på at batteripakken begynner å bli dårlig, må man inn og sjekke hvert eneste batteri. Med celle vis overvåkning ser man hvilket batteri som er dårlig.



Figur 18: Strøm inn, Strøm ut måling



13.4. Konklusjon konseptutvikling – batteri overvåkning

Når det gjelder batteriovervåkning har vi sett på forskjellige teknologier vi kan bruke på våre batterier. Vi hadde i utgangspunktet sett for oss «fuel gauging» som en mulig løsning for å gi oss den mest nøyaktige batteriovervåkningen som mulig. Disse kretsene er mer aktuelle der det benyttes Li-ion batteri teknologi og ikke der det brukes bly batterier.

For vårt system er det benyttet såkalte AMG blybatterier hvor vi har valgt en annen type teknologi. Vi fant det mer hensiktsmessig å heller vurdere en form for logging av strømmen inn og ut av batteriene, som en kombinasjon med overvåking av spenningen over batteribanken eller over hvert enkelt batteri.

I samtaler med oppdragsgiver har det også kommet frem at batteribanken kun består av to 105Ah battericeller som er utstyrt med en equalizer som kan justere feilfordeling med 1A.



14. Konseptutvikling - Chassis

Denne delen omhandler valg av chassis. Vi har sett på 3 muligheter for valg av chassis til 19" rack. Dette chassiset skal inneholde alle komponentene og de skal kunne monteres fast inne i chassiset. De 3 valgene vi har sett på er følgende:

1. **Design chassis selv i Solid Works.**
2. **Bestille tomt chassis og modifisere dette selv.**
3. **Få tomt chassis fra oppdragsgiver (KDS).**

Kriterier for Pugh-Matrisen:

- **Price:** Tar for seg kostnadene for innkjøp av selve chassiset eller prisen for å få konstruert chassiset av en ekstern produsent. Prisen er oppgitt i NOK
- **Delivery time:** Tar for seg leveringstiden for å få enheten. Dette punktet utelater selve utviklingen av chassiset, og måles i antall uker og blir rundet opp til nærmeste hele for å være på sikre siden. Dette punktet blir kalkulert med en negativ faktor på -1.
- **Development:** Tar for seg selve utviklingen av et eget chassis. Måles i antall uker og blir også rundt opp i hele uker. Dette punktet blir kalkulert med en negativ faktor på -1.
- **Modifications:** Tar for seg hvor mye modifikasjoner som må gjøres på chassiset som er levert før det kan tas i bruk. Måles fra 0-10 hvor 0 er mye modifikasjoner og 10 er lite.
- **Mounting:** Tar for seg hvor lett chassiset kan monteres og passer inn i et standard 19" rack uten modifisering. Iberegnet er også sikkerheten for at dette passer allerede fra leveranse. Måles fra 0-10 hvor 0 er liten sikkerhet for at det passer og modifikasjoner må gjøres og 10 er at det er bare å skru rett inn i et 19" Rack.
- **Materials:** Tar for seg muligheten for å velge et chassis i andre material typer eller endre tykkelsen på materialene. Måles i 0-10 hvor 0 er ingen mulighet for endringer og på 10 er alt valgfritt.
- **Availability:** Tar for seg hvor tilgjengelig chassiset er i dagens marked, og om det kan skaffes. Måles fra 0-10 hvor 0 er ikke tilgjengelig i det hele tatt og 10 er bare å bestille med en gang.



14.1. Konsept #1 - Designe eget chassis i Solid Works

Vi har sett på muligheten for å designe eget chassis for at vi lettere kan tilpasse selve chassiset før det blir produsert. Dette tenker vi i så fall å gjøre i Solid Works ettersom skolen allerede har PC er med Solid Works, eventuelt skaffe Solid Works til våre private pc-er. Hvis vi må bestille lisens for Solid Works så er prisen per student på 1271kr.

Fordeler:

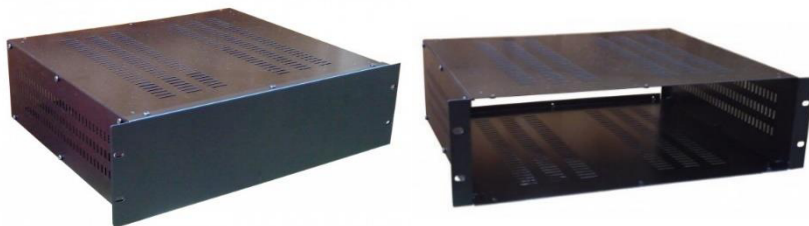
- Vi kan selv designe chassiset slik at vi får med hvor alle komponentene skal sitte på chassiset og designe inn monteringsfester for kretskort eller andre komponenter inne i chassiset.
- Kan selv bestemme materialer ut ifra styrke og tykkelse
- Veldig konfigurerbart design frem mot bestilling.

Ulemper:

- Kostbart å få produsert eget chassis.
- Vanskelig å få produsenter til å lage kun få eller et eksemplar.
- Lang ventetid på produksjon og leveranse.
- Med for stor toleranse kan det føre til at chassiset ikke passer skikkelig i et 19" rack.

14.2. Konsept #2 - Bestille tomt chassis og modifisere dette selv.

Vi har også funnet tomme chassis på internett som kan bestilles. Prisen på disse er 1233kr per stykk inklusive frakt. Her vil vi få et tomt skall som må modifiseres for alle innganger, utganger og bygge opp støtter på innsiden for kretskort og lignende.



Figur 19: Ferdig Chassis fra nett

Fordeler:

- Ikke veldig lang leveringstid.
- Kan lett modifiseres av oss i gruppen.
- Ikke veldig høy pris.
- Vet den passer i et standard 19" rack.

Ulemper:

- Må modifiseres i etterkant av leveranse.
- Kan ikke velge hvilket material den skal være bygget i.
- Kan ikke velge tykkelse på chassis.



14.3. Konsept #3 - Få tomt chassis fra oppdragsgiver (KDS).

Siste mulighet vi har sett på er å få et tomt chassis fra oppdragsgiver om de har et de ikke bruker til overs. Vi har sendt forespørsel om de har et chassis vi kan få låne til prosjektet. Dette chassiset må også tilpasses på lik linje med det chassiset som kan bestilles slik at vi får montert komponenter for innganger/utganger.

Fordeler:

- Små kostnader for oppdragsgiver.
- Kan lett modifieres av gruppen.
- Veldig rask leveringstid.
- Vet den passer i 19" rack.

Ulemper:

- Ikke sikkert at KDS har et tomt chassis.
- Må modifieres i etterkant av leveranse.
- Kan ikke velge hvilket material den skal være bygget i.
- Kan ikke velge tykkelse på chassis.

Pugh-Matrise for valg av chassis:

Criteria	Explained	Weighting	Design eget chassis			Bestille fra nett			Få fra oppdragsgiver		
			Value	Points	Wt.points	Value	Points	Wt.points	Value	Points	Wt.points
Price	NOK	15	Undefined	1	15	1233	4	60	Undefined	5	75
Delivery time	In Weeks	20	7	2	40	5	3	60	0	5	100
Development	In Weeks	15	2	2	30	0	5	75	0	5	75
Modifications	0-10	10	9	5	50	5	3	30	5	3	30
Mounting	0-10	10	4	2	20	10	5	50	10	5	50
Materials	0-10	5	9	5	25	0	1	5	0	1	5
Availability	0-10	25	4	2	50	10	5	125	2	1	25
Total points		100			230			405			360
Sum bad	-			5			1			2	
Sum ok	0			0			3			1	
Sum good	+			2			3			4	

14.4. Konklusjon Konseptutvikling - Chassis

Vi har fått et chassis av oppdragsgiver som vi kan få låne til prosjektet. Eneste grunnen for at chassis fra oppdragsgiver ikke kommer best ut i pugh-matrisen, er at vi der har tatt høyde for at oppdragsgiver muligens ikke hadde noe chassis vi kunne låne.



15. Avvik

15.1. Sikringer

Longevity har siden starten av eleborasjonsfasen planlagt å bruke sikringer med innebygget styring for å kunne sette tilstanden høy eller lav, samt en feedback for tilstanden. Dette produktet er kalt for remote controlled circuit breaker og hadde i utgangspunktet passet fint inn i prosjektet, med tanke på brukergrensesnittet på enheten.

Det var tiltenkt å kunne plassere sikringene inne i enheten, men siden sikringen har så spesielle egenskaper og i tillegg skal tåle tøffe miljøkrav ble prisen fort veldig dyr. Vi fant blant annet en sikring av typen E-T-A 4930 (RCCB) med tilfredsstillende spesifikasjoner. Grossisten i Norge som kunne importere denne sikringen var Elis Elektro AS og kom med følgende tilbud:

Produkt	El.nr	Pris
E-T-A 4930-01-5A	Mil.no. M83383/02-01	Kr 18.919,- / stk
E-T-A 4930-01-20A	Mil.no. M83383/05-05	Kr 17.868,- / stk

Vi så fort at dette ble for dyrt for budsjettet på 50 000kr, og ser oss derfor nødt til å endre på brukervennligheten til enheten.

Det ble også funnet en annen type RCCB sikring som også innfridde alle kravene fra en leverandør i USA ved navn: Marine Air

Produkt	El.nr	Pris
Labinal power systems RCCB 5A	SM600BA5A1	Kr 12.345,- / stk
labinal power - single phase RCCB 20A	SM600BA20A1	Kr 12.345,- / stk

Dette er priser uten frakt og toll (se vedlegg), noe som også er en uakseptabel pris for prosjektet vårt. Hvis vi hadde fått tak i lignende produkt, ville vi unngått sikringer i forkant av enheten.

For å kunne få samme funksjonalitet som opprinnelig tiltenkt, ser vi oss nødt til å bruke vanlige sikringer og releer. Denne løsningen er også god, men ulempen er operatøren må fysisk bort til enheten å skru på hver enkelt sikring som eventuelt utløser.

15.2. Compact 2400

Compact 2400 er en enhet som leverer strøm til enheten vår. Vi fikk tilsendt en rekke dokumentasjon fra arbeidsgiveren og Comrod (produsent av Compact). Det var meningen at vi kanskje kunne hente ut nødvendig data fra Compact, som kunne vært nyttig å bruke i systemet vårt. Vi så for oss i starten av prosjektet at vi kunne hente ut informasjon om batteritilstanden via en RS-485 plugg. Det viste seg at slik informasjon ikke kunne hentes ut fra enheten, etter en gjennomgang av dokumentasjon og samtale med Comrod. Når AC spenningen blir borte så stopper Compact, og vi får ikke hentet ut noen informasjon om batteritilstanden. Det som eventuelt var mulig under ladning av batteriet, var å estimere hvor oppladet batteriet var fra tidligere målinger.

15.3. Linux

Linux var tiltenkt å bruke i enheten vår, for å kunne jobbe på samme plattform som IDS. Arbeidsgiveren bruker Linux operativsystem for kommunikasjon mellom enheter, men vi så at dette ble unødvendig i forhold til brukergrensesnittet mot vår enhet. Vi har begrenset oppgaven til å kunne kommunisere med en ekstern datamaskin, som ikke nødvendigvis skal være direkte kompatibel med operatørstasjonene i C2-systemet.

15.4. Operatørstasjon

Gruppen hadde planlagt å bruke operatørstasjonen til KDA som skjermbilde for enheten, hvor operatøren kunne sette prioriteringsrekkefølge, overstyre kurser og få nødvendig informasjon om tilstanden til systemet. Dette lar seg ikke gjøre ettersom gruppen ikke har tilgang til operatørstasjonen. Det er også fordi oppdragsgiveren hadde et ønske om å ha alt på enheten. Vi har derfor planlagt å ha et display på enheten hvor alle de nødvendige funksjonene kan styres. I tillegg til dette har vi tenkt å bruke en ekstern datamaskin hvor vi kobler oss inn på enheten. Dette gjøres for å kunne få opp mer detaljert informasjon i form av grafer om systemets dynamikk, fordi displayet som skal brukes i forkant av enheten ikke oppgir slik data.



16. Konklusjon

Elaboration fasen har hatt hovedfokus på konsept utvikling, teknologivalg og utvikling av en stabil arkitektur for prosjektet. Parallelt med dette har gruppen måtte sette seg inn i en betydelig mengde bakgrunnsinformasjon, opparbeide seg kunnskap om diverse software og samtidig administrere og dokumentere hele prosjektet på en tilfredsstillende måte.

For å få til dette har vi vært avhengig av god planlegging og ressursbruk. Vi har derfor hele tiden hatt fokus på det vi anser som «nøkkelkrav» fra oppdragsgiver og videre tolket om disse kravene til det vi ser på som den viktigste funksjonaliteten. Dermed har vi sett på de ulike konseptene som kan dekke denne funksjonaliteten. Dette har vært ett tidkrevende men viktig og givende arbeid. Til sist har vi dermed gjort teknologiske vurderinger av hvordan vi rent praktisk kan få gjennomført og bygget en prototype som kan utøve funksjonaliteten.

Et resultat av dette er at vurderingene vi gjorde i starten har blitt revurdert på flere områder. Den viktigste endringen i denne fasen er endringen i valg av konsept fra fjernstyrte sikringer til en kombinasjon av sikringer og releer. Bakgrunnen for denne endringen er i all hovedsak pris. Vi har likevel tro på at dette er den løsningen som passer bruker og oppdragsgiver best. Dette fordi teknologien er nøyte utprøvd, er svært modulær og gir klart best funksjonalitet til systemet.

En batteriovervåkning basert på verdier fra Comrod AC/DC 2400 var initial tanken i denne fasen. Det viste seg dog at vi hadde feiltolket Comrodens funksjonalitet, og så oss nødt til å finne andre metoder for å få til en tilfredsstillende batteriovervåkning. Flere teknologier ble vurdert men her har vi som tidligere beskrevet, landet på en løsning som benytter seg av et amperemeter og batteriets spennings verdier til å beregne gjenværende batterikapasitet.

Gjennom fasen har vi fått bruk for flere systems engineerings verktøy. Vi har forsøkt å bruke disse verktøyene så proaktivt som mulig slik at vi på tidligst mulig tidspunkt har fått øye på problemer eller mulige utfordringer i horisonten.

Viktigheten av gode skjemaer i Microsoft Visio eller håndtegninger på A3 ark eller større har vist seg å fungere svært godt i forhold til å illustrere forskjellige «interfaces» mann ellers ikke ville ha tenkt på under arbeidet.



17. Referanser

- [1 Unknown, «Wikipedia,» [Internett]. Available:
] https://no.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi. [Funnet 01 03 2016].
- [2 «Arduino,» [Internett]. Available:
] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>. [Funnet 25 02 2016].
- [3 «Wikipedia,» [Internett]. Available: <https://no.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>. [Funnet
] 14 02 2016].
- [4 «National Instruments - How to Choose the Right Relay,» National Instruments, 10 11
] 2015. [Internett]. Available: <http://www.ni.com/white-paper/2774/en/>. [Funnet 21 02
2016].
- [5 S. Douglas, «Electromechanical vs. Solid-State Relays,» Heilind, 19 10 2012. [Internett].
] Available: <http://blog.heilind.com/2012/10/electromechanical-vs-solid-state-relays-decisions-decisions/>. [Funnet 16 02 2016].
- [6 «Electronic circuit breakers,» Phoenix Contact, 2016. [Internett]. Available:
] https://www.phoenixcontact.com/online/portal/us?1dmy&urile=wcm:path:/usen/web/main/products/subcategory_pages/electronic_device_circuit_breakers_p-17-01-05/921456f4-b52a-4bd8-bf30-b383f7a5e9f3. [Funnet 10 02 2016].
- [7 «High Performance Circuit Breakers | 4930 | E-T-A,» E-T-A, 2016. [Internett]. Available:
] http://www.e-t-a.com/products/circuit_protection_devices/high_performance_circuit_breakers/p/4930/. [Funnet 25 02 2016].
- [8 «Remote Control Circuit Breaker 4930 (RCCB),» [Internett]. Available: [http://www.e-t-a.com/fileadmin/user_upload/Ordnerstruktur/pdf-Data/Products/Elektromechanik/4_pdf_Leistungsschutz/4_pdf_englisch/D_4930_ENG.p](http://www.e-t-a.com/fileadmin/user_upload/Ordnerstruktur/pdf-Data/Products/Elektromechanik/4_pdf_Leistungsschutz/4_pdf_englisch/D_4930_ENG.pdf)
df. [Funnet 15 02 2016].
- [9 T. R. Mahaffey, «Electromechanical Relays Versus Solid-State: Each Has Its Place,»
] Electronic design, 16 09 2012. [Internett]. Available:
<http://electronicdesign.com/components/electromechanical-relays-versus-solid-state-each-has-its-place>. [Funnet 25 02 2016].
- [1 XIAMEN AMOTEC DISPLAY CO.,LTD, «Spesifications of LCD Moudule,» 29 10 2008.
0] [Internett]. Available: <https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/ADM1602K-NSA-FBS-3.3v.pdf>. [Funnet 16 02 2016].



- [1 Sainsmart, «SainSmart 4.3" TFT LCD Touch Screen+ TFT LCD Shield for Arduino Mega2560 R3,» [Internett]. Available: <http://www.sainsmart.com/sainsmart-4-3-tft-lcd-touch-screen-tft-lcd-shield-for-arduino-mega2560-r3.html>. [Funnet 25 02 2016].
- [1 Vartech, «VarTech's 8.4" All-Weather, All-Terrain, Harsh-Duty LCD Display System,»
2] [Internett]. Available:
<http://www.vartechsystems.com/products/model/aw/VT084XA4.asp>. [Funnet 26 02 2016].
- [1 Comrod, «ComPact 2400 AC/DC,» Comrod, [Internett]. Available:
3] <http://www.comrod.com/getfile.php/Datasheets/T%20Power/Compact2400acdc.pdf>.
[Funnet 05 02 2016].
- [1 E. Lervik, «Mal for sluttrapport,» NTNU, 14 jan 2011. [Internett]. Available:
4] <https://www.ntnu.no/iie/fag/maler-standarder/rapportmaler/sluttrapport.html>. [Funnet 15 02 2016].
- [1 T. Ritchey, «General Morphological Analysis,» Swedish Morphological Society, 2002.
5] [Internett]. Available: <http://www.swemorph.com/ma.html>. [Funnet 12 02 2016].
- [1 Kongsberg gruppen,
6] «<http://www.kongsberg.com/en/kds/products/groundbasedairdefencesystems/nasams/>,» [Internett]. Available:
<http://www.kongsberg.com/en/kds/products/groundbasedairdefencesystems/nasams/>.
[Funnet 16 02 2016].
- [1 A. Taylor, «schroff 19" 3u-case,» 1 03 2012. [Internett]. Available:
7] <https://grabcad.com/library/schroff-19-3u-case>. [Funnet 2012 03 18].
- [1 Pentair, «PCB Accessories / Retainers - Schroff,» Pentair, 2016. [Internett]. Available:
8] <http://www.pentairprotect.com/en/schroff/Product-Printed-Circuit-Board-Hardware-PCB-Wedge-Card-Loks>. [Funnet 13 02 2016].




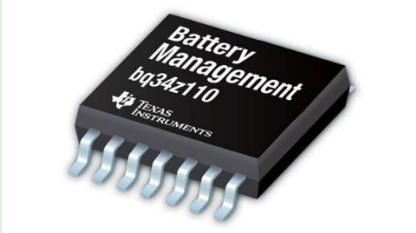

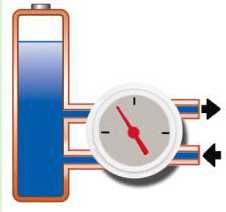
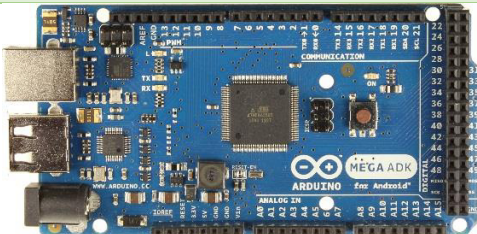
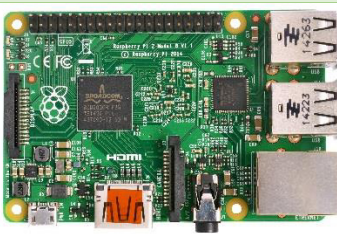




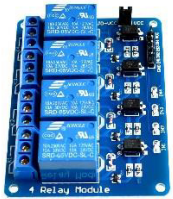




18. Vedlegg

Innholdsfortegnelse vedlegg

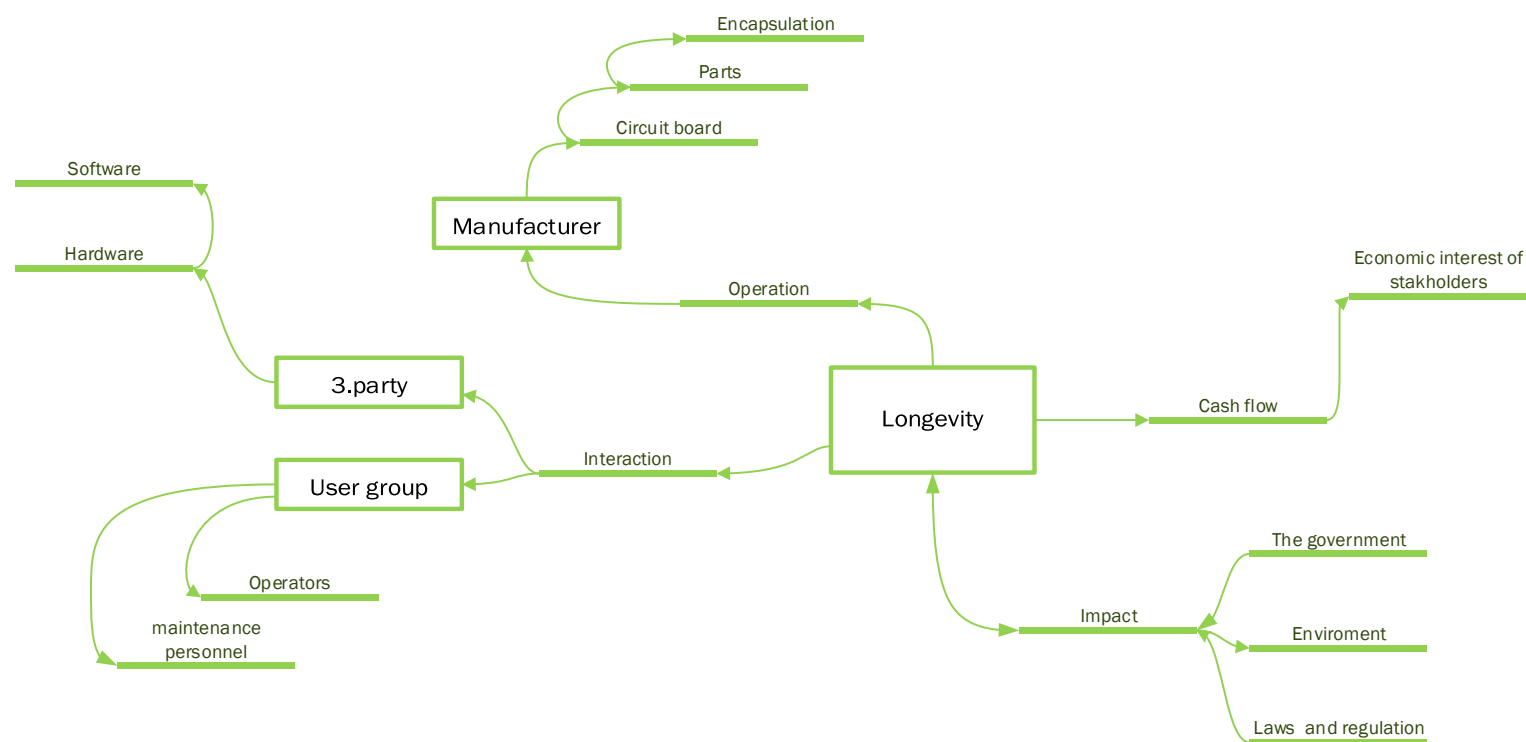
1. Morphological diagram	51
2. Context diagram	53
3. Use case for oppstart og batteri-monitorering.....	54
4. Use case for nedtrapping av nivåer.....	55
5. Functions of the unit	56
6. Forenklet flytskjema av sterkstrøm og styrestrøm gjennom enheten	57
7. Flowchart of software in microcontroller	58
8. System architecture	59

Morphological diagram

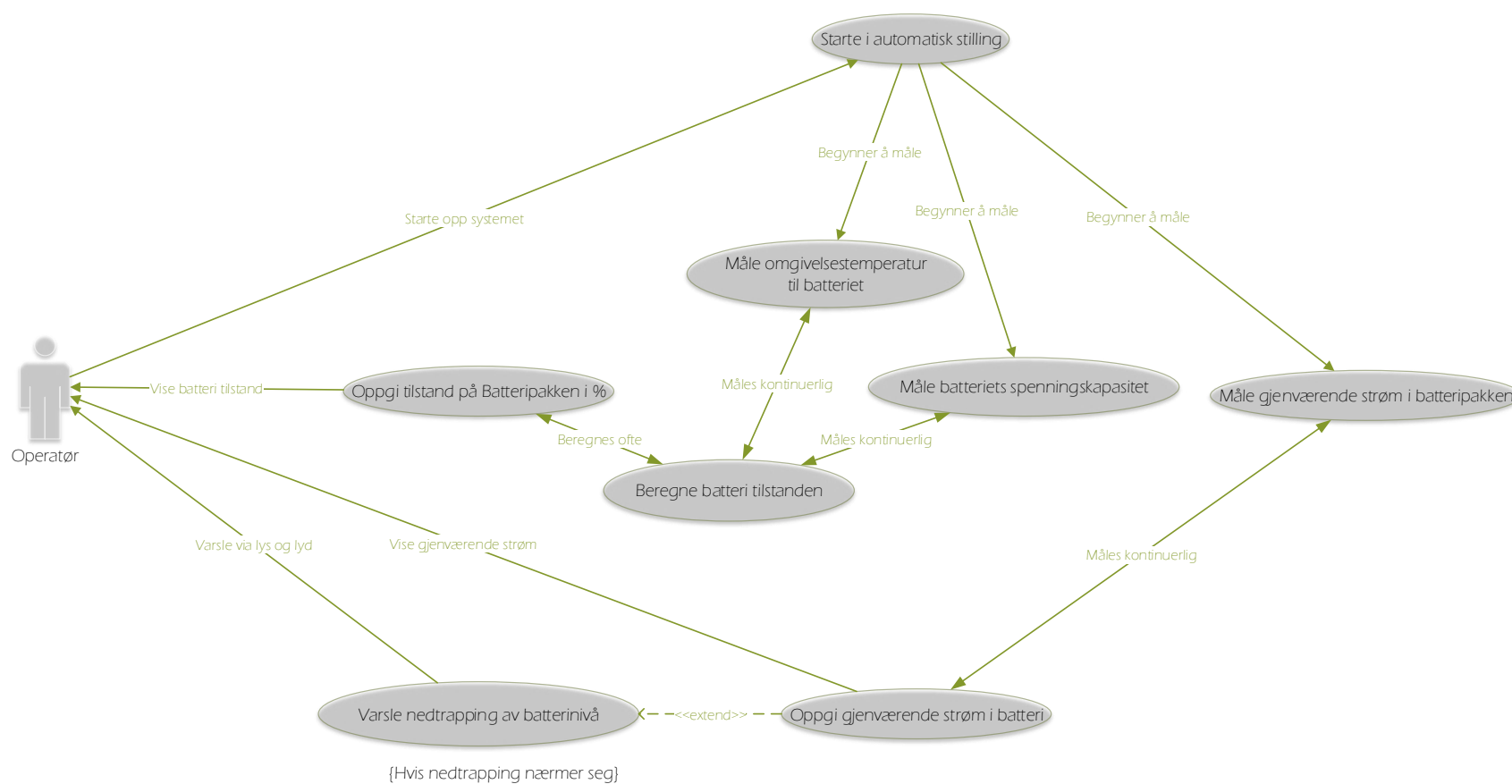
Funksjon	Viktighet			
Chassis	9			
		Hylleware shelf chassis	Hylleware rugget chassis	Lage chassis selv
Batteri overvåking	9			
		Lage «Fuel gauge» krets selv	Bruke eksisterende batteriovervåkning	Registrering av Strøm inn og ut av batteriet
Styringselektronikk	9			
		Arduino basert mikrokontroller	Raspberry Pi basert styreenhet	Pc Kontrollenhet

Kraft elektronikk		 <p>Solid state relee basert kraftelektronikk</p>	 <p>Elektro mekaniske relee basert kraftelektronikk</p>	 <p>Remote controlled circut breaker basert kraftelektronikk</p>
Enhetens brukergrensesnitt		 <p>LCD og bryter brukergrensesnitt</p>	 <p>LCD touch brukergrensesnitt</p>	 <p>Mil spec LCD touch brukergrensesnitt</p>

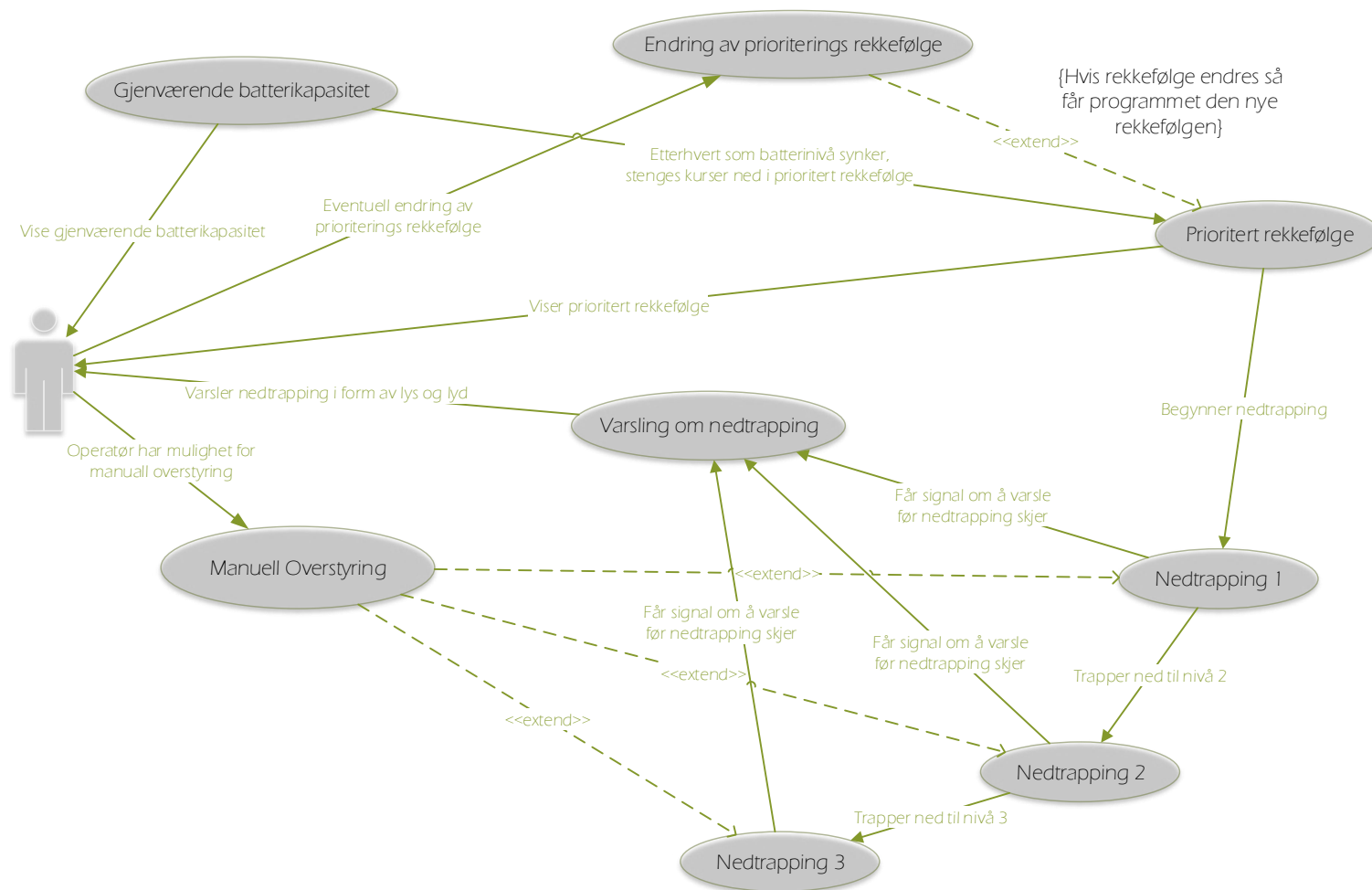
Context diagram

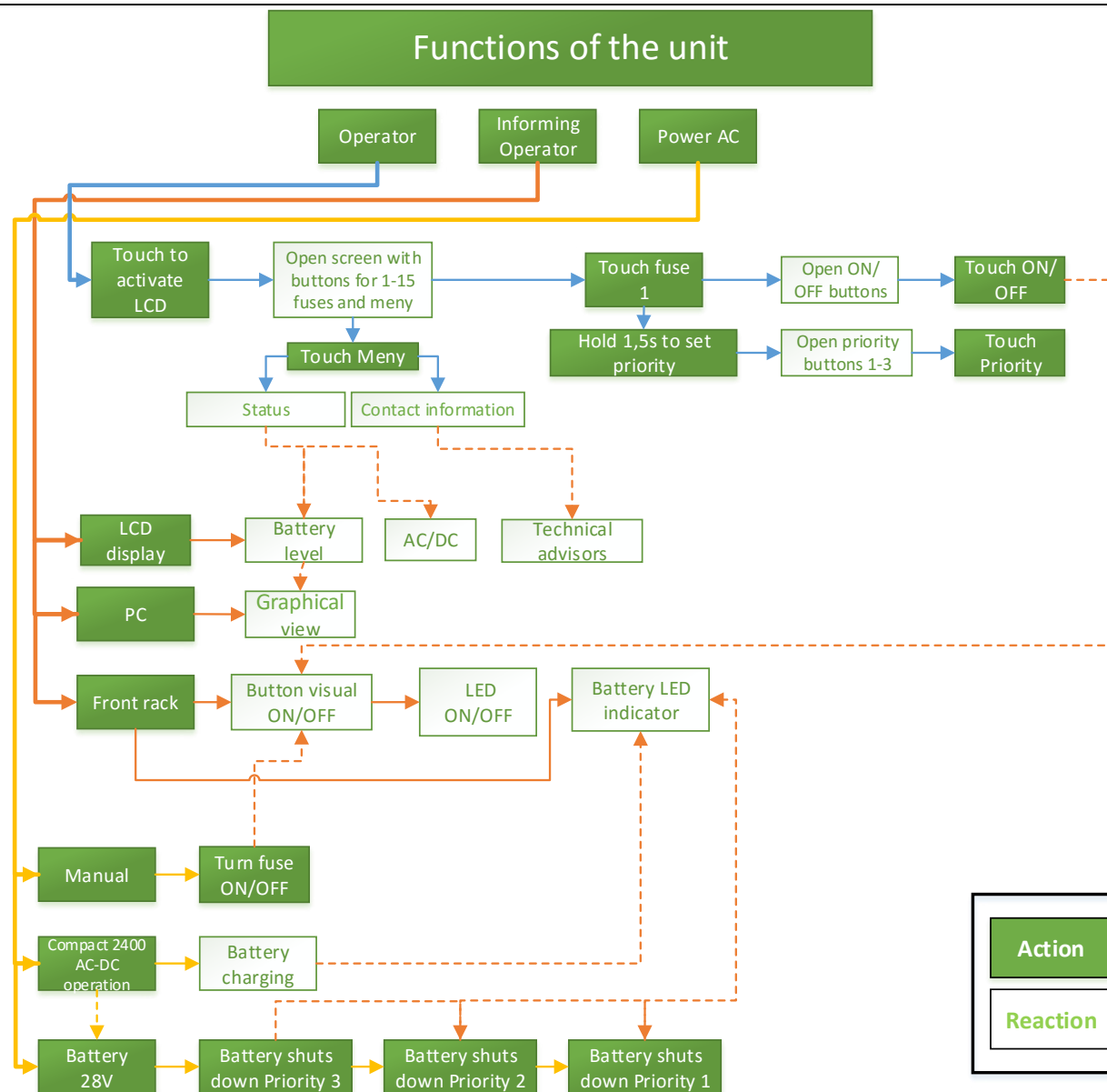


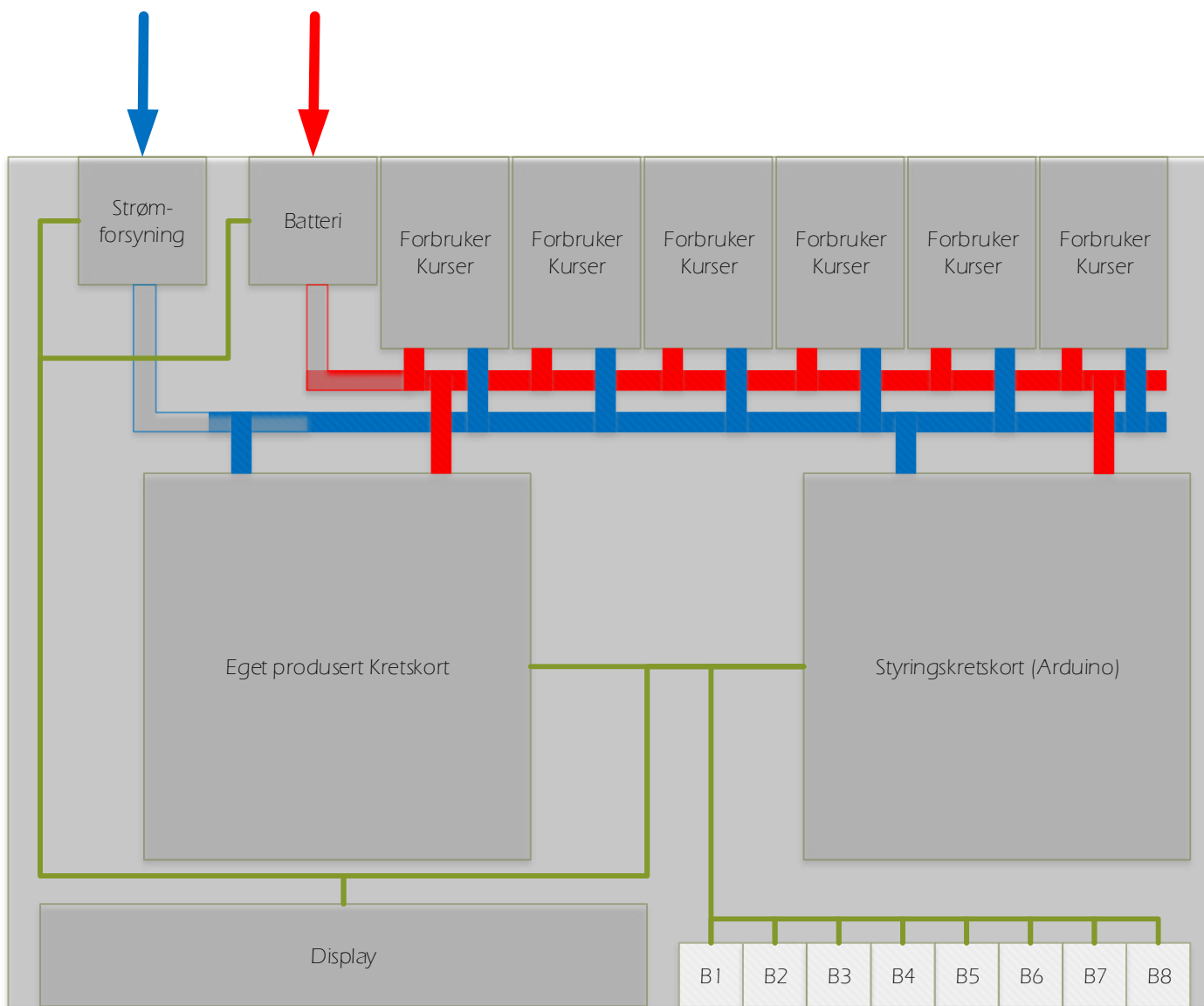
Use case for oppstart og batteri-monitorering

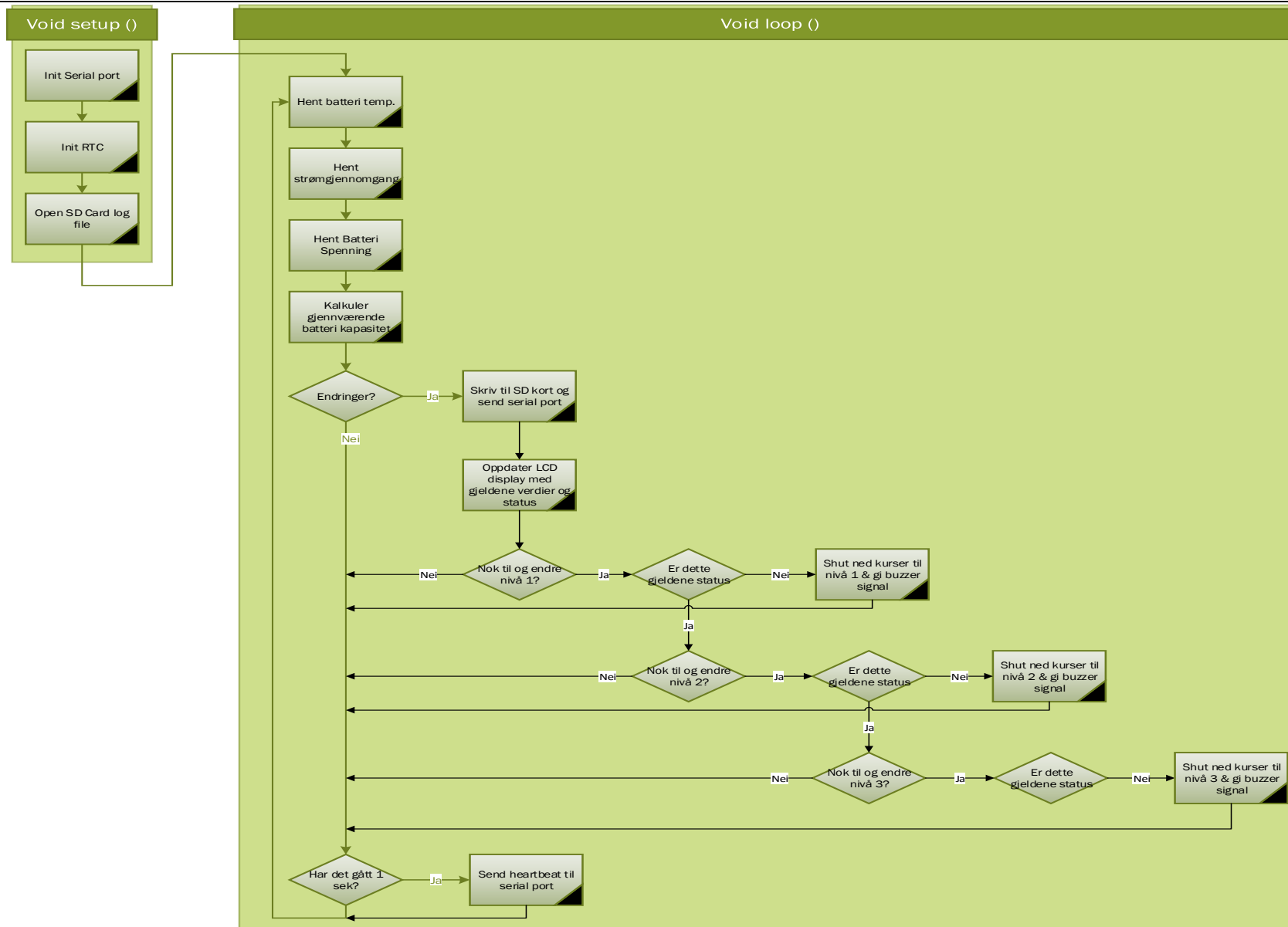


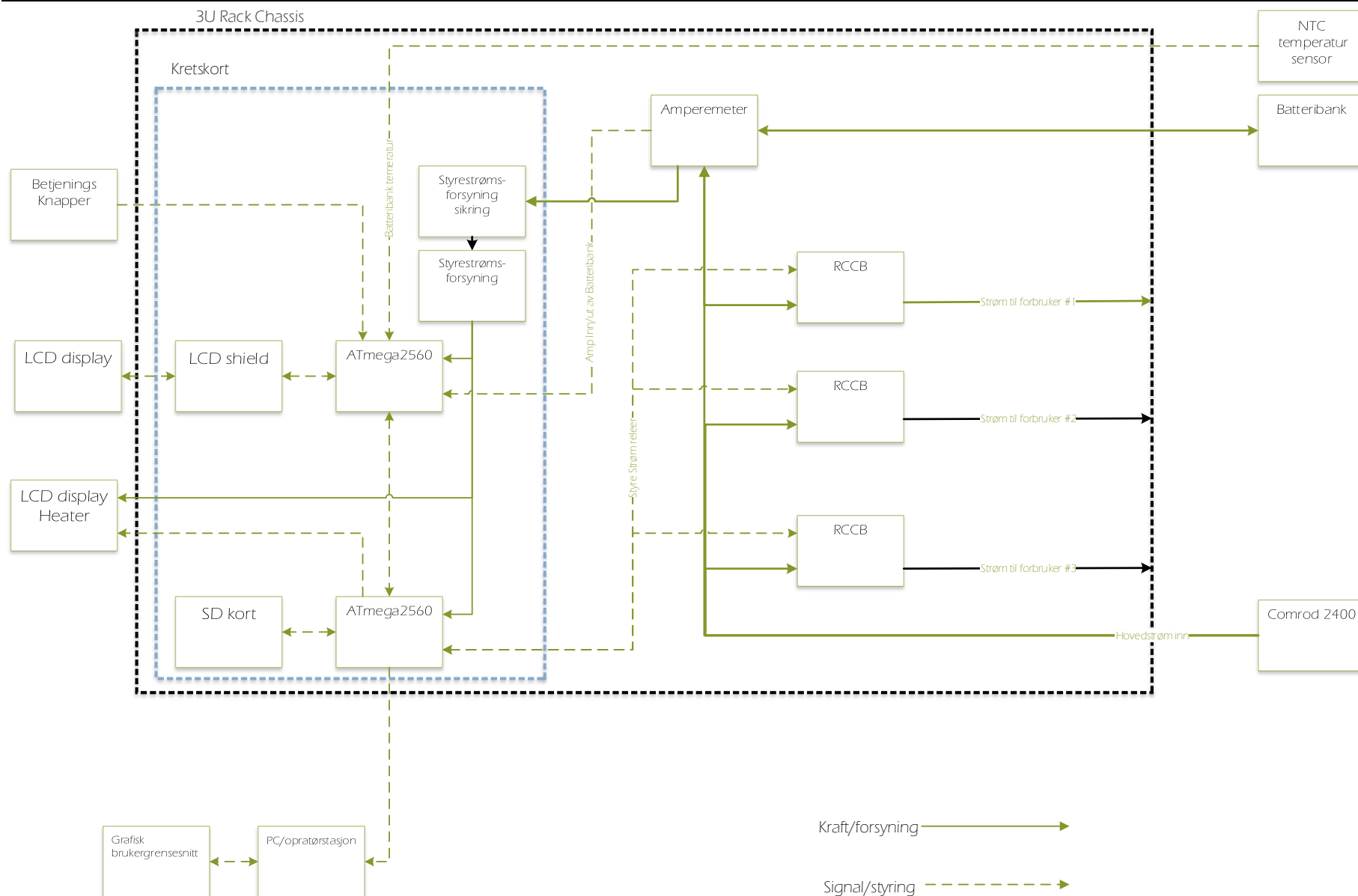
Use case for nedtrapping av nivåer















KONGSBERG



Increase the longevity of your battery powered system

Construction Plan

Longevity

Oppdragsgiver:	Kongsberg Defence Systems			
Gruppemedlemmer	Navn	Initialer		
	Arber Demiri	AD		
	Thor Erik Sivertsen	TES		
	Magnus Thorkildsen	MT		
	Tore Martin Flataas	TMF		
Versjon	Revisjon	Dato	Godkjent av	Antall sider
	0.1	11.03.16	MT	6
	0.2	14.03.16	TES	9
	1.0	15.03.16	TES	9

1. Sammendrag

Dette konstruksjons plandokument beskriver hvordan prosjektgruppen har planlagt å gjennomføre denne konstruksjon fasen av prosjektet. Dokumentet beskriver hvilke verktøy og prosesser som vi tenker å bruke i fasen, og hvilken informasjon som ligger til grunn for å valg som er gjort.

Etter å ha lest dette dokumentet bør leserne ha en viss forståelse av hvordan gruppen har planlagt å gjennomføre konstruksjon fasen og de 2 iterasjonene. Leseren bør også få et godt innblikk i hvilke verktøy som skal benyttes i løpet av fasen og til slutt hvilken informasjon som ligger til grunn for å gjennomføre første iterasjon.

2. Dokumenthistorie

Revisjon	Dato	Godkjent av	Beskrivelse
0.1	11.03.16	MT	Oppretting av dokument.
0.2	14.03.16	TES	Fortsettelse av dokument.
1.0	15.03.16	TES	Ferdigstillelse av dokument.

3. Innholdsfortegnelse

1. Sammendrag	2
2. Dokumenthistorie	2
3. Innholdsfortegnelse	3
4. Plan Oversikt.....	4
4.1. Fasens bakgrunn og beskrivelse	4
4.2. Fasens mål og omfang	5
5. Kretskort design og konstruksjon.....	6
6. Påvirkende parter	7
7. Bestemte utelatelser fra omfang	7
8. Implementeringsplan	7
9. Tidslinje/tidsplan på høyt nivå	8
10. Planlegging av Konstruksjons fasen	8
11. Konklusjon	9



4. Plan Oversikt

4.1. Fasens bakgrunn og beskrivelse

Fra elaborasjons-fasen tar vi med oss de ulike konseptvalgene som er lagt til grunn for det endelige konseptet vi skal bygge videre mot, og forhåpentlig ende opp med en fungerende prototype av enheten.

Hensikten med denne konstruksjons-fasen er å overføre de konseptene vi har valgt over til et fysisk produkt som kan integreres gjennom programmering i C++, og gjennom ulike tester som har blitt definert i testspesifikasjonene. Det vil bli lagt stor innsats i å ferdigstille kretskortutlegget og få bestilt gjenstående komponenter. Midt mellom iterasjonene vil både eksamen og andre fremføring i prosjektet forekomme, noe som naturligvis kommer til å føre til at mye tid går til revisjon av dokumenter opp imot ferdigstilling av 2 fase.

Ut ifra kunnskap opparbeidet i elaborasjons-fasen vil vi ha bestilt mesteparten av de nødvendige delene. Vi skal starte denne første iterasjonen med å designe videre på kretskortet slik at vi tidlig i neste iterasjon kan bestille kretskort. Det vil også gå som nevnt mye tid til innlevering 2 og presentasjon 2, samt eksamen i reguleringsteknikk 2 som gjør at vi naturligvis må begrense arbeidsmengden vi må få gjort i første iterasjon. I andre iterasjon av konstruksjons-fasen må vi ferdigstille og bestille kretskortet for kraft elektronikken. Vi må designe ferdig front panel og bak panel, slik at dette kan lages. Så må vi begynne å implementere alle de ulike delene til enheten vår.

Etter denne fasen så bør vi ha en god oversikt over hva som gjenstår å gjøre frem mot siste presentasjon og innlevering. Dette innebærer at vi har sett på de ulike problemer som har oppstått underveis i denne fasen og laget en plan for å løse disse opp imot siste fase og ferdigstilling av enheten og dokumentasjon.



4.2. Fasens mål og omfang

Construction phase:

I slutten av denne fasen skal gruppen ha en bygget og testet en prototype som samsvarer med kravene gitt fra brukeren.

- Gruppen skal lage valgt konseptskisse i Solid Works.
- Gruppen skal ha bestilt alt av nødvendige komponenter.
- Gruppen skal ha dimensjonert og ferdigstilt kretskort utlegg.
- Gruppen skal ha dimensjonert de ulike kablene/ledningene som skal benyttes.
- Gruppen skal ha en revisjon av alle dokumenter opp imot andre innlevering.
- Gruppen skal begynne å gjennomføre tester etter testspesifikasjonen.
- Gruppen skal lage og fremføre andre presentasjon i området mellom første og andre iterasjon i fasen.

Const#1:

Gruppen skal i denne iterasjonen bygge videre på de konseptvalgene som er utført fra forrige fase. Dette innebærer å bestille nødvendige komponenter, ferdigstille kretskort utlegg og bestille disse samt lage ferdige skisse av mekaniske deler i Solid Works. I tillegg forsetter arbeidet med software utviklingen til enheten. Det vil også bli lagt mye tid til revisjon av alle dokumenter opp imot andre presentasjon.

Gruppen skal fortsette med følgende programmer:

- Eagle CAD software.
- Solid Works CAD software.
- Prezi.
- Power Point.
- Excel.
- Word.

Const#2:

Fra iterasjon 1 i konstruksjons-fasen tar prosjektgruppen med seg utfordringen og kunnskapen opparbeidet i første iterasjon og bruker dette til å videreutvikle og utbedre eventuelle feil og mangler. Const#2 vil også inneholde flere av testene som ikke er testet/ikke bestått i Const#1.



5. Kretskort design og konstruksjon

System architecture fra elaboration fasen (se vedlegg 8, s59 i Elaboration Rapport) er basert på alle funksjonene enheten må kunne utføre som igjen gjenspeiler kravspesifikasjonen til produktet. Komponentene i arkitekturskissen er en mulig løsning på denne funksjonaliteten.

I konstruksjons-fasen er arkitekturskissen videreutviklet for få økt detaljnivået. En viktig del av dette blir å detaljplanlegge prosjekteringen i forhold til tid og budsjettmessige forhold. I elaborasjons-fasen er det tatt viktige budsjettmessige vurderinger med tanke på RCCB en og prosjektgruppen må mest sannsynligvis ta slike valg i Construction fasen også. I denne fasen blir tidsbruken spesielt kritisk da prototype av ett slik system er svært ressurskrevende. Prosjektgruppen må derfor foreta vurderinger opp imot hva første prototype bør inneholde for å best mulig kunne gi et inntrykk av hvordan ett sluttprodukt vil se ut.

I første prototype vil det trolig bli besluttet å lage 3 kretskort. Dette er strømforsyningskort til styringselektronikken, relékort og styringselektronikk med integrasjon mot mikrokontrolleren Arduino 2560 mega.

Strømforsyningskortet har som oppgave å forsyne alle delene av systemet som er avhengig av 5V DC. Strømforsyningskortet blir selv forsynt med 28V DC.

Relékortet har som oppgave å styre og distribuere 28V DC til de forskjellige brukerkursene. I tillegg skal kretsen på dette kortet fortelle om reléene blir forsynt med 28V DC på inngangen slik at brukeren kan få en varsling om sikringene har gått eller ei.

Styringselektronikk-kortet er et kort som linker relékortet sammen med mikrokontrolleren, og har tilkoblinger for temperaturføler, amperemeter og voltmeter. Kortet er bygget slik at det kan festes direkte til et allerede eksisterende Arduino 2560 Mega kort. Dette gjør at vi har et modulært system som lett kan videreutvikles uten og selv måtte lage et kort som inneholder «boot loader» og selve Atmel ATmega2560 chipen.

I tillegg til dette kommer nok et Arduino 2560 kort direktekoblet til ett 4.3" TFT LCD Touch panel som blant annet skal være systemets HMI. (Human–Machine Interaction)

Til sammen får vi da 5 kretskort moduler som kommuniserer med hver andre. Se vedlegg 8, s59 i Elaboration Rapport for fullstendig oversikt.



6. Påvirkende parter

KDS:

KDS er vår oppdragsgiver og har en stor innvirkning både når det gjelder krav og konsept. Det er KDS som stiller med budsjett og som bestemmer over komponentvalg i henhold til de dyre komponentene. All bestilling av komponenter utover fornuftige priser skal godkjennes av KDS.

HSN:

HSN sitter på mye ressurser som vi ønsker å benytte oss av. Spesielt opp mot programmering. Vi håper å kunne bruke programmeringsverktøy og enkelte designverktøy som skolen har.

7. Bestemte utelatelser fra omfang

På grunn av pris og leveringstid på de aktuelle sikringene som gruppen hadde funnet, så var vi nødt for å gå for den nest beste løsningen. Dette er å bruke en kombinasjon av sikringer og reléer for å få samme funksjon som tidligere. Samtidig så var vi ikke i stand til å finne komponenter innenfor budsjett rammene som takler omgivelsestemperaturen satt fra oppdragsgiver på -40 til 65°C, derfor har vi søkt om å få endre litt på dette kravet til -20 til 65°C.

8. Implementeringsplan

Planen for implementering fremover er å få på plass kretskortet for kraftelektronikken slik at vi kan begynne å montere komponenter på dette og samtidig begynne modifikasjoner på chassis. Vi kommer også til å designe front og bak panel til enheten, som må modifiseres slik at vi får på plass komponentene som skal sitte i chassiset.



9. Tidslinje/tidsplan på høyt nivå

Construction Fasen: 11.03.16 – 08.05.16

Const#1: 11.03.16-06.04.16

Const#2: 07.04.16-08.05.16

10. Planlegging av Konstruksjons fasen

Ferdigstillelse av kretskort design, programmering og design av front og bak panel til chassis vil være det som er i hovedfokus under denne fasen. Vi kommer til å begynne å sette sammen alle komponenter og deler underveis som de blir klare. Så fort kretskort er på plass kommer vi til å lodde på alle komponenter og få testet funksjonene.

Vi skal også begynne å se på programmeringen til enheten. Første steg er å få displayet opp å gå med riktig oppsett på menyene. Videre programmering blir å få de 2 Arduinoene til å jobbe sammen, hvor den ene er slave til den andre.

Samtidig så er vi nødt for å få bestilt front og bak panel til enheten. Rundt dette tenker vi å handle inn metall plater. Vi har tegninger på dette i Solid Works/AutoCAD, som vi tenker å printe ut slik at vi kan lage de nødvendige hullene til komponentene.

I denne fasen kommer vi til å bruke følgende programvare:

- Eagle
- Solid Works
- Arduino Software

Eagle er tegneprogrammet vi bruker for å tegne de elektriske kretsene. Dette programmet hjelper oss med å designe kretskortene som vi skal bestille i henhold til riktige standarder, slik at kretskortene kan bestilles.

Solid Works bruker vi til å designe delene til chassiset. Dette gjelder da front og bak panel til enheten som skal lages ut av metall plater. Disse skal skjæres til og modifiseres til å holde de aktuelle komponentene. Til slutt vil vi lakkere disse i samme farge som selve chassiset.



Arduino Software bruker vi til å programmere selve Arduino en og LCD skjermen. Arduino mikrokontrolleren er hjernen til selve enheten vår og må derfor fungere skikkelig for å få til riktig funksjon på enheten.

Dokumentasjonen i denne fasen vil stort sett bestå av tekniske dokumenter opp mot de ulike komponentene. Dette vil være blant annet dokumentasjon av front og bak panel og utforming av dette, utforming av kretskort, batterimonitorering, programmering, strøm skjema, datablader og lignende. Foruten om disse, vil vi ha 2 iterasjonsrapporter, hvor vi har 1 rapport fra hver iterasjon. Til slutt vil vi ha en slutt rapport for konstruksjonsfasen, som skal ta for seg hva som er gjort i denne fasen, og hva som gjenstår å gjøre i overgangsfasen. Overgangsfasen er den siste fasen i prosjektet hvor vi skal levere inn slutt dokumentasjonen og holde den siste fremføringen.

11. Konklusjon

I dette konstruksjons plandokumentet kan vi konkludere med at prosjektgruppen har landet på valgt konsept og bygger videre på dette. Gruppen har valgt å fokusere mye på innlevering 2 og presentasjon 2 i første iterasjon av konstruksjons-fasen. Videre i andre iterasjon vil vi fokusere mer på å ferdigstille programmering, kretskort, og bygging av komplett chassis med tilhørende deler/komponenter. I andre iterasjon kommer det også mye dokumentasjon som må ferdigstilles. Dette gjelder da spesielt dokumentasjon til komponenter og beregning av kabler og ledninger.



KONGSBERG



-Increase the longevity of your battery powered system

Sluttrapport - Første Iterasjon

Longevity

Oppdragsgiver:

Kongsberg Defence Systems

Gruppemedlemmer

Navn

Initialer

Arber Demiri

AD

Thor Erik Sivertsen

TES

Magnus Thorkildsen

MT

Tore Martin Flataas

TMF

Versjon

Revisjon

Dato

**Godkjent
av**

**Antall
sider**

0.1

08.04.16

MT

9

0.2

15.04.16

MT

9

1.0

17.04.16

TES

12



Høgskolen
i Sørøst-Norge

1. Sammendrag

Denne sluttrapporten for første iterasjon, beskriver hvordan prosjektgruppen har gjennomført første iterasjon av konstruksjons-fasen. Dokumentet beskriver hvilke verktøy og prosesser som er brukt, hva som har gått bra og eventuelt ikke slik som tenkt. Hvordan fremdriften til gruppen har vært og en oppsummering om hva vi tar med til neste iterasjon i konstruksjons-fasen. Etter å ha lest dette dokumentet bør leserne ha en forståelse av hva gruppen har jobbet med gjennom iterasjonen, hvordan gruppen vil sikre kvaliteten på produktet og prosessen, samt hvordan utviklingen videre i prosjektet vil foregå.

2. Dokumenthistorie

Revisjon	Dato	Godkjent av	Beskrivelse
0.1	08.04.16	MT	Oppretting av dokument.
0.2	15.04.16	MT	Revisjon av dokument.
1.0	17.04.16	TES	Ferdigstillelse av dokument.

3. Innholdsfortegnelse

1. Sammendrag	2
2. Dokumenthistorie	2
3. Innholdsfortegnelse	3
4. Tabell Liste.....	3
5. Iterasjon 1 - Oversikt	4
5.1. Iterasjonens bakgrunn og beskrivelse	4
5.2. Iterasjonens mål og omfang	4
6. Hvordan oppgavene ble løst	5
7. Gjennomføringen av første iterasjon	7
8. Risiko plan	9
9. Videre arbeid	11
10. Konklusjon	12

4. Tabell Liste

Tabell 1 Risiko analyse.....	9
------------------------------	---



5. Iterasjon 1 - Oversikt

5.1. Iterasjonens bakgrunn og beskrivelse

Ved hjelp av denne rapporten så skal vi vurdere prosessen i løpet av den første iterasjonen i konstruksjons-fasen, og se hvorvidt målene som var satt opp i fremdriftsplanen er nådd. I denne rapporten skal det foreligge en oppsummering og oversikt som er blitt gjort, og til slutt ende opp med en konklusjon der avvik og tiltak bør beskrives hvis det er tilfelle.

5.2. Iterasjonens mål og omfang

I denne iterasjonen vi vi ha en gjennomgang og ny vurdering av resultatene fra forrige fase. Vi skal ta til oss den informasjonen vi har opparbeidet, og tar med denne videre når vi skal overføre konseptvalgene over til design og fysisk testing og implementering av de ulike komponentene.

Videre jobbes det med kretskort utlegg, bestilling av utstyr bør bli avsluttet. Generell rapport skriving for konstruksjon fasen og oppfølging mot veiledere og andre interessenter er fortsatt viktig gjennom denne iterasjonen.

6. Hvordan oppgavene ble løst

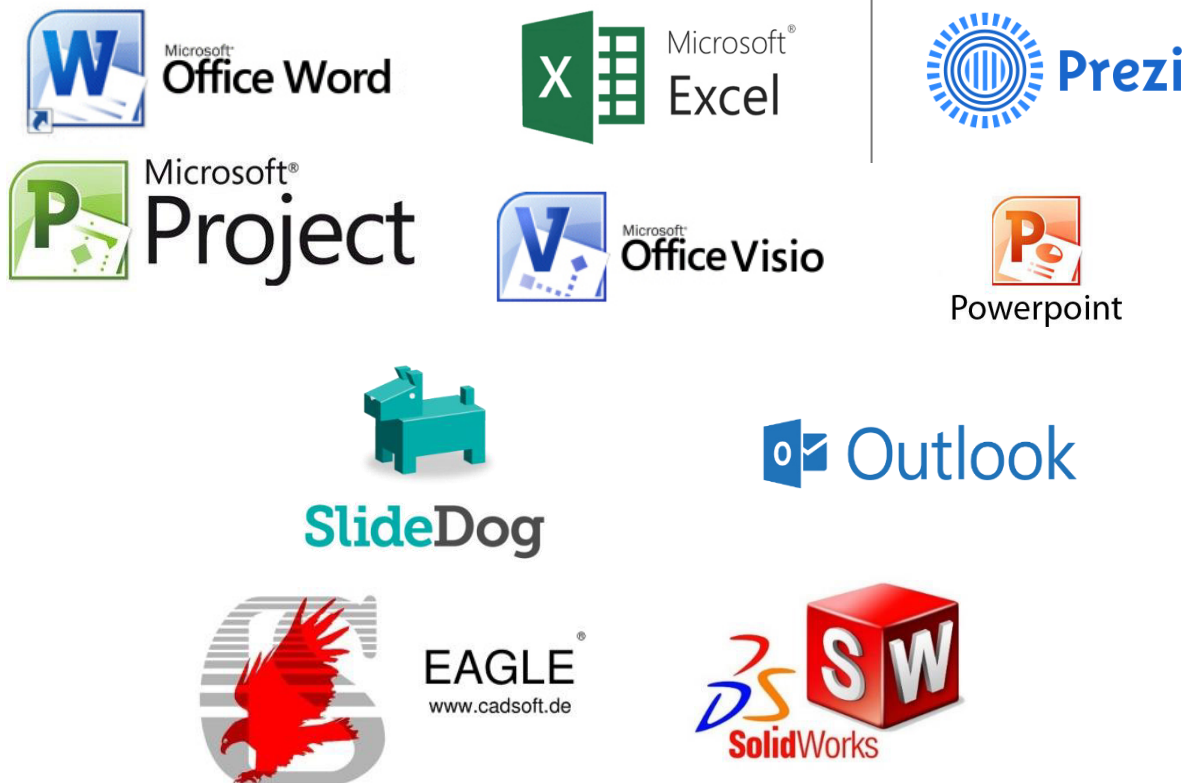
▪ Metoder og standarder som er brukt:

Vi har benyttet oss mye av ulike programvare for å løse de oppgavene som er satt i denne iterasjonen. Vi har benyttet oss av generelle militære standarder for miljøkrav og tatt hensyn til dette underveis.

▪ Bruk av litteratur og internett:

Det er blitt brukt mye litteratur og internett for å innhente den nødvendige bakgrunnsinformasjon vi trengte for å ta de riktige valgene. Dette gjelder da spesielt rundt design av kretskort med beregninger av komponenter og ikke minst rundt selve programmeringen.

▪ Oversikt over maskinvare som er brukt:



**Kort beskrivelse av standard programvare som er brukt:**

- **Word:** Skrive/rette program- brukt for rapport skrijving og generell dokumentasjon.
- **Microsoft Projects:** Fremdrifts planlegnings program, gant diagram.
- **Excel:** Ruteblokk program for å sette opp tabeller og gjøre matematiske operasjoner, brukt for å lage timeplaner.
- **Eagle:** Kretskort design.
- **Visio:** Grafikk- og tegneprogram for å visualisere informasjon.
- **Solid Works:** CAD 3D program.
- **Outlook:** E-mail og møte planleggings verktøy.
- **Prezi:** Prezi er et presentasjonsverktøy.
- **PowerPoint:** PowerPoint er et presentasjonsverktøy.
- **Slide Dog:** Slide Dog er et kraftig verktøy som lar deg lage imponerende presentasjoner ved å kombinere ulike fil- og medietyper.

Hvordan arbeidet ble fordelt mellom personene i teamet:

- Oppdatering av fremdriftsplanen: MT.
- Solid Works konsept skisse mot presentasjon 2: MT.
- Kontaktperson mot leverandører, KDA og skolen: MT.
- Innhenting av produkter mot bestilling: MT, TMF og AD.
- Eagle: TMF.
- Test av kraftelektronikk: AD.
- Excel ansvarlig for timer: TES.
- Møtereferent og oppfølgingsdokument ansvarlig: TES.
- Visio, Word: Alle.
- Revidering av designkrav og test: TES og AD.
- Lage Prezi og PowerPoint oppsett: MT
- Generell revidering av alle dokumenter før andre innlevering: Alle.

Oversikt over dokumentasjon som er utarbeidet etter første iterasjon:

- Konstruksjon plandokument for begge iterasjoner
- Sluttrapport for første iterasjon i konstruksjon fasen.
- Revisjon av alle dokumenter opp imot andre innlevering.
- Utkast av både Solid Works og kretskort design.



7. Gjennomføringen av første iterasjon

Hva gikk bra:

- Delene vi har bestilt har vært på lager og leveringstiden har vært relativ kort med en pris som har vært overkommelig.
- Det er blitt en del revidering i alle dokumenter for å sørge for at oppsett og maler er like, samt gå over på nytt for eventuelle endringer
- 3D tegningene fra konseptvalgene ble ferdig før 2. presentasjon.
- Ekstern/intern sensor og veiledere var tilfreds med presentasjonen.

Hva gikk dårlig:

- Vi har ikke fått bestilt alt av kretskort design i denne fasen så det vil bli fullført i starten av neste iterasjon.
- Vi fikk ikke pique skjortene i tide i forbindelse med presentasjonen.

Hva kunne vært gjort annerledes:

- Det har blitt brukt en god del tid revisjon av alle dokumenter opp imot andre innlevering noe som har gjort at vi ikke har fått ferdig kretskort utlegget i perioden som var tiltenkt. Vi mener denne prioriteringen var viktig for å få en så god, oversiktlig og ryddig dokumentasjon som mulig.

Hvordan har tekniske problemer blitt løst:

- Vi har valgt å kombinere Prezi og PowerPoint slik vi gjorde ved forrige presentasjon, men denne gangen visste vi mer om utfordringene rundt dette og kompenserte for dette i utformingen av presentasjonen.
- På grunn av for få utganger på Arduinoen så har vi valgt å bruke 2 stykk mikrokontrollere.

Hvilke begrensinger har systemet:

- Systemet tåler ikke en omgivelses temperatur på -40°C, men tåler så lite som -20°C. Vi har derfor sett oss nødt til å endre på kravene som omhandler dette, noe vi gjør i samarbeid med oppdragsgiver. Vi skal få tilsendt et krav endrings dokument som vil bli ført til neste fase.

**Vurdering av måloppfyllelse i forhold til prosjektplanen:**

- **Planlagt:**
Ligger litt etter skjema i forhold til kretskort utlegget men vi håper å få dekket inn den tapte tiden ved å bruke en leverandør med rask levering.
- **Fremdrift:**
Vi ligger et par dager etter planen, men det har også sammenheng med at vi ønsker å få bestilt deler så fort som mulig på grunn av begrenset leveringsfrist.
- **Timeregnskap:**
På timeregnskapet så er det relativt jevnt timeforbruk fordelt mellom gruppemedlemmene i denne iterasjonen, TMF har en del flere timer som kommer fra forrige faser.
- **Risikoanalysen:**
For å lettere beskrive hvordan fremdriften har påvirket prosjektet så har vi valgt å beskrive endringer som er gjort underveis som har påvirket risikoanalysen slik det i utgangspunktet ble vurdert.



Tabell 1 Risiko analyse

8. Risiko plan				
Hendelse	S	K	R	Risikoreduserende tiltak
Kravspesifikasjonene blir ikke godt nok validert.	2	3	6	Overvåke: Sørge for god kontakt opp mot stakeholders.
<i>Kravspesifikasjonene blir validert gjennom stakeholders, spesielt da tilbakemeldingene fra veiledere fra HSN og KDA har vært nyttige. Revidering av krav og design krav går igjennom på nytt for godkjenning av alle parter. Endring av krav i forbindelse med omgivelses temperatur vil bli gjort til neste iterasjon.</i>				
Status: uendret.				
Kravspesifikasjonene blir ikke klart nok definert.	2	3	6	Overvåke: Gå gjennom kravspesifikasjonene flere ganger og sette opp en god testplan fra start.
<i>Dette blir som nevnt ovenfor revidert gjennom kommunikasjon med veilederne. Vi har fått noen tilbakemeldinger på oppsettet på sporbarheten, da KDA ønsker vi bruker bokstaver i stedet for tall for å beskrive designkrav. Dette vil vi ta tak i til neste iterasjon.</i>				
Status: uendret.				
Manglene kommunikasjon mellom prosjektgruppa og stakeholders.	2	3	6	Kontrollere: Sette opp møter med jevne mellomrom slik at vi får en kontinuerlig tilbakemelding.
<i>Dette opprettholdes med fast veiledningstime fra HSN hver fredag klokken 09.30-10.00. Kommunikasjon mellom KDA blir gjennom e-mail og det settes opp eksternt møte der vi føler det er behov for det.</i>				
Status: uendret.				
Manglende kunnskap om god prosjektplanlegging.	2	3	6	Kontrollere: Sette opp en plan som tar høyde for endringer og problemer underveis.
<i>Ved å velge Unified Process så kan vi arbeide med ulike oppgaver men samtidig ha en fremdrift gitt av klare frister og iterasjoner.</i>				
Status: uendret.				
Gruppen feil estimerer prosjektets størrelse.	2	4	8	Kontrollere: Grupper vet om og forholder seg i mest mulig til målene satt fra oppdragsgiver.
<i>Gruppen forholder seg til kravene som er gitt fra KDA, men har også laget sine egne krav og design krav. Gruppen har en omfattende jobb med «interface» komponenter og systemer sammen. Gruppen må hele tiden påse at den gjenstående tiden blir brukt best mulig for å komme til mål slik som tenkt.</i>				
Status: uendret.				
Langvarig sykdom	1	1	2	Akseptere.
<i>Dette har til nå ikke vært tilfelle, selv om korte sykdomsperioder har inntruffet.</i>				
Status: uendret				



Gruppemedlemmene legger til for mange «bør krav» i kravspesifikasjon.	2	2	4	Akseptere: Grappa vet om og forholder seg i mest mulig til målene satt fra oppdragsgiver.
<i>Bør krav har vært nevnt tidlig i prosessen, men har blitt revidert gjennom den første fasen.</i>				
Status: uendret				
Uenigheter innad i gruppen.	2	3	6	Akseptere: Setter opp en omfattende gruppe kontrakt som beskriver problemløsningen i slike tilfeller.
Status:	2	2	4	
Nedjustert fra gul til grønn				
<i>Det hender til tider at det er uenigheter med valg av oppsett på maler og diagrammer, men dette blir diskutert der og da slik at det blir løst så fort som mulig.</i>				
Prosjektet koster mer enn budsjettet rekker.	2	4	8	Kontrollere: sørge for at alle deler som skal bestilles er innenfor gitte rammer.
Status: Nedjustert karakter	2	3	6	
<i>Ut ifra de konseptene som vi har sett på ser vi at det er ulike valg som blir svært kostbare i forhold til budsjettrammen vi har. Det er satt rammer for hva hver del skal koste, en konsekvens av dette er at man må finne andre alternativer eller file på de overordnede kravene.</i>				
En av gruppens medlemmer kan ikke lenger jobbe «100%».	1	3	3	Akseptere.
<i>På grunn av at 2 av gruppemedlemmene har deltids jobb i helger, så blir dette tatt hensyn til.</i>				
Status: uendret				
Den faglige kapasiteten hos gruppen er for lav.	2	4	8	Kontrollere: Gruppen delegerer arbeid slik at vi får utnyttet alle styrker innad i gruppen. Ved problemer blir dette løst ved kontakt av lærere, veiledere eller andre parter.
<i>Gruppen bruker mye tid på bakgrunns teori, delegerer og setter seg i de emner som er relevant for prosjektet. Ved å gå inn i konstruksjon fasen så skal vi kontrollere om den teoretiske kunnskapen har vært god nok knyttet opp imot å bygge og teste enheten.</i>				
Status: uendret				
Manglende kompetanse innen programmering fører til masse «bugs» i programvaren.	3	3	9	Kontrollere: Gruppen innser at dette er en stor del av oppgaven og vil derfor prioritere å tilegne seg programmerings kunnskaper.
<i>Dette er tatt hensyn til ved valg av konsept, vi kommer også til å oppsøke hjelp hvis det er nødvendig. Dette punktet blir mer relevant i neste iterasjon hvor vi starter med programmeringen.</i>				
Status: uendret				



Formatene vi bruker er ikke compatible med hva leverandøren bruker.	2	1	2	Aksepterer
<i>Dette er ikke like relevant lenger da vi fant ut at vi ikke har noen forbindelse med operatørstasjonen.</i>				
Status: uendret				
Leverandøren klarer ikke å lage det vi bestiller til gitt tid.	2	5	10	Kontrollere: Sørge for å bestille i god tid.
Status: Nedjustert fra rød til gul	2	4	8	
<i>Dette er et område som blir mer og mer aktuelt etter hvert som tiden går. Bestilling av kretskort er fortsatt ikke gjort og er mest kritisk. Vi har funnet en leverandør som kan levere raskt som vi kommer til å benytte oss av.</i>				
Leverandøren klarer ikke levere ønsket kvaliteter.	2	4	8	Kontrollere: Sørge for å velge riktig leverandør før bestilling og sende med nøyaktige kravspesifikasjoner.
<i>Litt usikkert om kretskort leverandøren klarer å levere de ønskede kvalitetene i tide.</i>				

9. Videre arbeid

Vi har nå lagt bak oss første iterasjon i konstruksjon fasen der vi har hatt andre presentasjon for sensorer og veiledere. Vi kommer til å ta til oss de tilbakemeldingene vi har fått videre til neste iterasjon. De fleste deler er bestilt med unntak av kretskort men dette blir gjort fort i starten av andre iterasjon.

Videre må vi begynne med å programmere Arduino en og sette opp LCD touch displayet. Vi kommer også til å begynne med å lage front og bakplate til enheten. Ellers generell rapport skriving og revidering av aktuelle dokumenter for interne/eksterne sensorer og veiledere.



10. Konklusjon

I denne iterasjonen av konstruksjons-fasen så har gruppen gjennomgått alle dokumenter og revidert disse til ønsket oppsett opp imot andre innlevering. Vi har fått bestilt de fleste delene til enheten. Det som gjenstår er kretskortene, aktuell leverandør er funnet med rask leveringstid.

- Vi har valgt å lodde på de fleste komponentene selv på kretskortet. Dette fordi vi da har en større mulighet for å teste og feile, enn hvis vi alt er ferdig bestilt. Ved å bruke denne metoden så kan vi også ha mulighet for eventuelle endringer hvis noe skulle vise seg å ikke fungere slikt som tenkt.
- Vi har fått LCD touch skjermen fra Sain Smart. Vi skal få alt av dokumentasjon i forbindelse med denne på mail fra Sain Smart, og når dette er mottatt vil vi begynne å programmere denne.

Gruppen har også satt seg inn i de aktuelle programmene for prosjektet, og igjennom denne iterasjonen utarbeidet følgende dokumentasjon:

- Første iterasjons rapport for konstruksjon fasen.
- Konstruksjon plandokument.
- Konstruksjon hovedrapport.
- Generell revidering av alle dokumenter opp imot innlevering.



KONGSBERG



Increase the longevity of your battery powered system

Sluttrapport - Andre Iterasjon

Longevity

Oppdragsgiver:

Kongsberg Defence Systems

Gruppemedlemmer

Navn

Initialer

Arber Demiri

AD

Thor Erik Sivertsen

TES

Magnus Thorkildsen

MT

Tore Martin Flataas

TMF

Versjon

Revisjon

Dato

**Godkjent
av**

**Antall
sider**

0.1

09.05.16

MT

9

0.2

10.05.16

TES

9

1.0

12.05.16

TES

14

1. Sammendrag

Denne sluttrapporten for andre iterasjon, beskriver hvordan prosjektgruppen har gjennomført andre iterasjon av konstruksjons-fasen. Dokumentet beskriver hvilke verktøy og prosesser som er brukt, hva som har gått bra eventuelt ikke slik som tenkt. Hvordan har fremdriften til gruppen vært og en oppsummering om hva vi tar med til neste fase som er transisjons-fasen. Etter å ha lest dette dokumentet bør leserne ha en forståelse av hva gruppen har jobbet med gjennom iterasjonen, hvordan gruppen vil sikre kvaliteten på produktet og prosessen, samt hvordan siste fase i prosjektet vil foregå.

2. Dokumenthistorie

Revisjon	Dato	Godkjent av	Beskrivelse
0.1	09.05.16	MT	Oppretting av dokument.
0.2	10.05.16	TES	Revisjon av dokument.
1.0	12.05.16	TES	Ferdigstillelse av dokument.

3. Innholdsfortegnelse

1. Sammendrag	2
2. Dokumenthistorie	2
3. Innholdsfortegnelse	3
4. Tabell Liste.....	3
5. Iterasjon 2 - Oversikt	4
5.1. Iterasjonens bakgrunn og beskrivelse	4
5.2. Iterasjonens mål og omfang	4
6. Hvordan oppgavene ble løst	5
7. Gjennomføringen av andre iterasjon	8
8. Risiko plan	11
9. Videre arbeid	13
10. Konklusjon	14

4. Tabell Liste

Tabell 1 Risiko analyse.....	11
------------------------------	----



5. Iterasjon 2 - Oversikt

5.1. Iterasjonens bakgrunn og beskrivelse

Ved hjelp av denne rapporten så skal vi vurdere prosessen i den siste konstruksjons-fasen og se hvorvidt målene som var satt opp i fremdriftsplanen er nådd. I denne rapporten skal det foreligge en oppsummering og oversikt over det som er blitt gjort, og til slutt ende opp med en konklusjon der avvik og tiltak bør beskrives hvis det er tilfelle.

5.2. Iterasjonens mål og omfang

Gjennomgang og ny vurdering av resultatene fra forrige iterasjon. Vi skal ta til oss den informasjonen vi har opparbeidet slik at vi får ferdigstilt kretskortet for kraft elektronikken. Vi skal designe ferdig og utforme front panel og bak panel, ut ifra dette skal den komplette byggingen av innmaten til chassis begynnes på slik at vi kan fysisk teste og implementere ulike produkter.

Videre jobbes det med testing og ferdigstilling av enheten. Generell rapport skriving for konstruksjon fasen og oppfølging mot veiledere og andre interessenter er fortsatt viktig gjennom denne iterasjonen.

Etter denne fasen så bør vi ha en god oversikt over hva som gjenstår å gjøre frem mot siste presentasjon og innlevering. Dette innebærer at vi har sett på de ulike problemer som har oppstått underveis i denne fasen, laget en plan for å løse disse opp imot siste fase og ferdigstilt enheten og meste parten av dokumentasjonen.

6. Hvordan oppgavene ble løst

▪ Metoder og standarder som er brukt:

Vi har benyttet oss mye av ulike programvare for å løse de oppgavene satt i denne iterasjonen. Vi har benyttet oss av generelle militære standarder for miljøkrav og tatt hensyn til dette underveis.

▪ Bruk av litteratur og internett:

Det er blitt brukt mye litteratur og internett for å innhente den nødvendige bakgrunnsinformasjonen vi trengte for å ta de riktige valgene. Dette gjelder da spesielt design av kretskort med beregninger av komponenter og ikke minst rundt selve programmeringen. Vi har også brukt litteratur for å kunne dokumentere kraftelektronikken både innvendig og utvendig i enheten.

▪ Oversikt over maskinvare som er brukt:



Microsoft®
Office Word



Microsoft®
Excel



Microsoft®
Project



Microsoft®
Office Visio

Outlook



EAGLE®
www.cadsoft.de



fritzing

Febdok

dimensjonering og dokumentasjon for installasjoner
etter gjeldende normer og forskrifter



Kort beskrivelse av standard programvare som er brukt:

- **Word:** Skrive/rette program brukt for rapport skriving og generell dokumentasjon.
- **Microsoft Projects:** Fremdrifts planlegnings program, gant diagram.
- **Excel:** Ruteblokk program for å sette opp tabeller og gjøre matematiske operasjoner, brukt for å lage timeplaner.
- **Eagle:** Kretskort design.
- **Visio:** Grafikk- og tegneprogram for å visualisere informasjon.
- **Outlook:** E-mail og møte planleggings verktøy.
- **AutoCAD:** 2D-tegneprogram som gir deg mulighet til nøyaktig og effektivt å skape, dokumentere og beskrive detaljer i enheten.
- **Fritzing:** Fritzing er en åpen kilde/maskinvare som gjør elektronikk design og utforming tilgjengelig som et kreativt materiale når det kommer til å dokumentere plassering opp imot Arduino.
- **Febdok:** Febdok er et dataprogram for dimensjonering og dokumentasjon for installasjoner i henhold til FEL og NEK 400. Febdok benyttes i dag på boliginstallasjoner, offshore, sykehus, industri og næringsbygg.
- **Arduino:** Arduino er en åpen kildekode elektronikk plattform basert på C++ som maskinvare og programvare.

Hvordan arbeidet ble fordelt mellom personene i teamet:

- Oppdatering av fremdriftsplanen: MT.
- Dimensjonere kabler gjennom Febdok: MT.
- Kontaktperson mot leverandører, KDA og skolen: MT.
- Innhenting av produkter mot bestilling: MT, TMF og AD.
- Eagle: TMF.
- Test av kraftelektronikk: AD.
- Excel ansvarlig for timer: TES.
- Møtereferent og oppfølgingsdokument ansvarlig: TES.
- Visio, Word: Alle.
- Revidering av designkrav og test: TES og MT.
- Lage en oversikt over kraftelektronikk gjennom å bruk Fritzing: MT
- Tegne og dokumentere for/bakplate i AutoCAD for å kunne borre ut: TES
- Bygging av enhet: MT og TES
- Generell rapport skriving om konstruksjon fasen Alle.
- Testing og feilsøking på kretskort. TMF og AD.



Oversikt over dokumentasjon som er utarbeidet etter andre iterasjon:

- Konstruksjon hovedrapport.
- Sluttrapport for andre iterasjon i konstruksjon fasen.
- Revisjon test/krav spesifikasjonene.
- Kretskort design.
- For/bak plate plasseringer.
- Kabel dimensjonering.



7. Gjennomføringen av andre iterasjon

Hva gikk bra:

- Delene vi har bestilt har vært på lager og leveringstiden har vært relativ kort med en pris som har vært overkommelig.
- Boringen ut til alle komponenter i for/bak plate har blitt presist og fint.
- Vi har fått kjøpt det meste elektro materiell gjennom en elektro grossist til en tidligere arbeidsgiver. Det hadde vært vanskelig å få til en gunstig pris og levering uten denne kontakten.
- Byggingen av enheten har gått bra og den kan forvente å tåle 15G sjokk i alle retninger som er et av kravene fra KDA.
- Loddningen av kretskort gikk i orden ettersom det var spørsmål om vi klarte å lodde på overflate monterte resistorer som var ekstremt små.
- Vi har fått pique-skjortene i forbindelse med tredje presentasjon.
- Vi har kunnet stille med eget verktøy/verksted for å utføre tekniske operasjoner.

Hva gikk dårlig:

- Vi har hatt litt problemer med LCD skjermen, da det viser seg at «Shieldet» som er laget til den samme enheten og fra samme leverandør ikke fungerer så optimalt som vi først trodde.
Vi har måtte feil søke litt på rele kretskortet når vi fikk dette for å være sikker på at det gjør som tiltenkt. De første testene kom tilbake positivt, relé kortet fungerte som tiltenkt i småskala testing, men ved fullskala testing fikk vi noe støy på inngangen til Arduinoen.

Hva kunne vært gjort annerledes:

- Vi har i hovedsak delt det opp slik at en person i gruppen har fått ansvaret for alt av software opp imot skjermen. Dette er en veldig omfattende jobb når det også viser seg at det ikke følger med et ferdig laget bibliotek til LCD skjermen slik vi fikk inntrykk av. Det har medført at det har blitt veldig mye jobb/problemløsning på software ansvarlig, en løsning her hadde vært å kunne være to personer på oppgaven men på bakgrunn at vi er bare 4 personer så har vi ingen tilgjengelige gruppemedlemmer å ta av. Derfor ser vi helst at vi skulle ha vært 1 eller 2 personer ekstra på gruppen.

**Hvordan har tekniske problemer blitt løst:**

- I første omgang løste relé kretskort problematikken seg ved å implementere nye software løsninger, men valgte etterhvert å bestille et nytt kretskort for å få det så optimalt som mulig.
- Vi har bestilt ny skjerm/shield til Arduinoen vår for å se om de små feilene som kommer opp blir borte.
- Vi har valgt å bruke to USB enheter i front istedenfor en. Dette er for å kunne programmere begge Arduinoene om ønskelig. Dette er bestilt og forventes å komme til neste fase.
- Vi har måtte sikre både kablen fra Comrod en og batteriet med en 80A sikring. Vi har valgt å plassere disse i front platen slik at man kan slå av systemet hvis det er ønskelig. Dette har vi måttet gjøre på grunn av store kortslutnings strømmer fra batteriet, for å vise funksjonaliteten til enheten og for å kunne ha en hovedstrøms bryter for hele enheten.
- Vi har valgt å bruke gummiknotter som «dempere» inne i chassis for at elektronikken ikke skal bli skadet og at man er sikre på å unngå kortslutninger mellom kretskortet og andre ledende deler.

Hvilke begrensinger har systemet:

- Vi har dokumentert gjennom forskjellige kabelprogram tverrsnittet på kablene ut ifra Comrod og batteriene. Vi vurderte i utgangspunktet å bruke AWG 8, noe som er en amerikansk kabeltversnitt på ca. 8.33mm^2 . Gjennom grossist så får vi ikke bestilt slike tykkelser, og måtte i stedet velge mellom 6mm^2 eller 10mm^2 . Vi har dokumentert ved å gå ned fra 3 meter til 2 meter så kan vi gå for 6mm^2 i stedet for 10mm^2 . Vi har da begrenset kabel lengden til enheten gjennom samtaler med oppdragsgiver. Skulle det bli aktuelt senere i en fullskala å øke lengden så må tverrsnittet og rekkeklemmene økes der etter.

**Vurdering av måloppfyllelse i forhold til prosjektplanen:****▪ Planlagt:**

Vi ligger litt etter skjema, dette er på grunn av at vi har bestilt nye kretskort, og skjerm som hindrer oss å kjøre fullskala tester. Vi håper å få dekket inn den tapte tiden ved å bruke en leverandør med rask levering. Det er naturlig at ferdigstillelse og testing vil forekomme i neste fase.

▪ Fremdrift:

Vi ligger et par dager etter planen men vi har kommet langt på vei og har fått til det mest kritiske for enheten. Det som ikke er helt i mål per dags dato er noen av gruppens krav til systemet.

▪ Timeregnskap:

På timeregnskapet så er det relativt jevnt timeforbruk fordelt mellom gruppemedlemmene i denne iterasjonen, TMF har en del flere timer som kommer fra tidligere faser.

▪ Risikoanalysen:

For å lettere beskrive hvordan fremdriften har påvirket prosjektet, så har vi valgt å beskrive endringer som er gjort underveis. Dette gjelder da spesielt endringer som har påvirket risikoanalysen slik det i utgangspunktet ble vurdert.



Tabell 1 Risiko analyse

8. Risiko plan				
Hendelse	S	K	R	Risikoreduserende tiltak
Kravspesifikasjonene blir ikke godt nok validert.	2	3	6	Overvåke: Sørge for god kontakt opp mot stakeholders.
<i>Kravspesifikasjonene blir validert gjennom stakeholders, spesielt da tilbakemeldingene fra veiledere fra HSN og KDA har vært nyttige. Revidering av krav og design krav går igjennom på nytt for godkjenning av alle parter. Endret fra tall til bokstaver på krav/test spesifikasjonene etter gjennomgang med ekstern veileder.</i> Status: uendret.				
Kravspesifikasjonene blir ikke klart nok definert.	2	3	6	Overvåke: Gå gjennom kravspesifikasjonene flere ganger og sette opp en god testplan fra start.
<i>Dette blir som nevnt ovenfor revidert gjennom kommunikasjon med veilederne. Vi har fått noen tilbakemeldinger på oppsettet på sporbarheten, vi har revidert fra tall til bokstaver på krav/test spesifikasjonene etter gjennomgang med ekstern veileder.</i> Status: uendret.				
Manglene kommunikasjon mellom prosjektgruppa og stakeholders.	2	3	6	Kontrollere: Sette opp møter med jevne mellomrom slik at vi får en kontinuerlig tilbakemelding.
<i>Dette opprettholdes med fast veiledningstime fra HSN hver fredag klokken 09.30-10.00. Kommunikasjon mellom KDA blir gjennom e-mail og det settes opp eksternt møte der vi føler det er behov for det.</i> Status: uendret.				
Manglende kunnskap om god prosjektplanlegging.	2	3	6	Kontrollere: Sette opp en plan som tar høyde for endringer og problemer underveis.
<i>Ved å velge Unified Process så kan vi arbeide med ulike oppgaver men samtidig ha en fremdrift gitt av klare frister og iterasjoner.</i> Status: uendret.				
Gruppen feil estimerer prosjektets størrelse.	2	4	8	Kontrollere: Gruppa vet om og forholder seg i mest mulig til målene satt fra oppdragsgiver.
<i>Gruppen forholder seg til kravene som er gitt fra KDA, men har også laget sine egne krav og design krav. Gruppen har en omfattende jobb med «interface» komponenter og systemer sammen. Gruppen må hele tiden påse at den gjenstående tiden blir brukt best mulig for å komme til mål slik som tenkt.</i> Status: uendret.				
Langvarig sykdom	1	1	2	Akseptere.
<i>Dette har til nå ikke vært tilfelle, selv om korte sykdomsperioder har inntruffet.</i> Status: uendret				



Gruppemedlemmene legger til for mange «bør krav» i kravspesifikasjon.	2	2	4	Akseptere: Gruppa vet om og forholder seg i mest mulig til målene satt fra oppdragsgiver.
Status: Nedjustert karakter fra 4 til 2	2	1	2	Dette har blitt håndtert på et tidligere stadium.
<i>Bør krav har vært nevnt tidlig i prosessen, men har blitt revidert gjennom den første fasen.</i>				
Uenigheter innad i gruppen.	2	2	4	Akseptere: Setter opp en omfattende gruppe kontrakt som beskriver problemløsningen i slike tilfeller.
<i>Det hender til tider at det er uenigheter med valg av oppsett på maler og diagrammer, men dette blir diskutert der og da slik at det blir løst så fort som mulig.</i>				
Prosjektet koster mer enn budsjettet rekker.	2	3	6	Kontrollere: sørge for at alle deler som skal bestilles er innenfor gitte rammer.
Status: Nedjustert fra gul til grønn	2	2	4	Akseptere.
<i>Det er satt rammer for hva hver del skal koste, en konsekvens av dette er at man må finne andre alternativer eller file på de overordnede kravene. Vi har kommet så langt i prosjektet at de fleste store utgiftene er unnagjort. Vi har per dags dato ikke brukt halve budsjettet. Det er ingen ting som tilsier at vi kommer til å gå over budsjettet som er satt av.</i>				
En av gruppens medlemmer kan ikke lenger jobbe «100%».	1	3	3	Akseptere.
<i>På grunn av at 2 av gruppemedlemmene har deltids jobb i helger, så blir dette tatt hensyn til.</i>				
Status: uendret				
Den faglige kapasiteten hos gruppen er for lav.	2	4	8	Kontrollere: Gruppen delegerer arbeid slik at vi får utnyttet alle styrker innad i gruppen. Ved problemer blir dette løst ved kontakt av lærere, veiledere eller andre parter.
Status: nedjustert karakter	2	3	6	
<i>Gruppen bruker mye tid på bakgrunns teori, delegerer og setter seg i de emner som er relevant for prosjektet. Ved å gå inn i konstruksjon fasen så har vi kontrollert om den teoretiske kunnskapen har vært god nok knyttet opp imot å bygge og teste enheten. Dette har vist seg at det har godt bra så langt. Det største problemet er software, men her har vi fått tips fra veiledere fra skolen.</i>				
Manglende kompetanse innen programmering fører til masse «bugs» i programvaren.	3	3	9	Kontrollere: Gruppen innser at dette er en stor del av oppgaven og vil derfor prioritere å tilegne seg programmerings kunnskaper.



Dette er tatt hensyn til ved valg av konsept, vi kommer også til å oppsøke hjelp hvis det er nødvendig.

Status: uendret

Formatene vi bruker er ikke compatible med hva leverandøren bruker.	2	1	2	Aksepterer
---	---	---	---	------------

Dette er ikke like relevant lenger da vi fant ut at vi ikke har noen forbindelse med operatørstasjonen.

Status: uendret

Leverandøren klarer ikke å lage det vi bestiller til gitt tid.	2	5	10	Kontrollere: Sørge for å bestille i god tid.
--	---	---	----	--

Status: Nedjustert fra rød til gul

2	4	8
---	---	---

Dette er et område som blir mer og mer aktuelt etter hvert som tiden går. Vi har etterbestilt ny skjerm og nytt kretskort. Vi har funnet leverandører som kan levere raskt som vi kommer til å benytte oss av.

Leverandøren klarer ikke levere ønsket kvaliteter.	2	4	8	Kontrollere: Sørge for å velge riktig leverandør før bestilling og sende med nøyaktige kravspesifikasjoner.
--	---	---	---	---

Status: uendret

9. Videre arbeid

Vi har nå lagt bak oss konstruksjons-fasen, her har vi startet å fysisk bygge enheten og begynt med små skala testing. Vi har også kommet langt på vei når det kommer til LCD displayet. Vi kommer til å arbeide videre med dette i starten av neste fase for å bli helt ferdig. Venter på at resterende deler skal komme, noe som er estimert i starten av neste fase.

Videre må vi fortsette med fullskala testing av alle krav/designkrav. Vi har også en god del igjen på programmeringsbiten men det viktigste er gjort.

I neste fase så er det naturlig å gli over mer i dokumentasjons fase der vi ser over hele prosjektet, reviderer der det trengs og planlegger hvordan siste fremføring skal bli.



10. Konklusjon

Gjennom andre iterasjon av konstruksjons-fasen så har vi fått kretskortet som var bestilt, vi har fått testet dette i små skala tester for å være sikker på at alle kretsene og loddingene som er gjort er korrekt utført. Første testene kom tilbake positivt, rele kortet fungerte som tiltenkt i småskala testing, men ved fullskala testing fikk vi noe støy på inngangen til Arduinoen. I første omgang løste rele kretskort problematikken ved å implementere nye software løsninger men valgte etterhvert å bestille et nytt kretskort for å få det så optimalt som mulig.

Vi har begynt med å programmere i denne iterasjonen her, det har vist seg at det ikke har medfulgt noe bibliotek til LCD displayet slik som vi fikk inntrykk av at det skulle. Vi har derfor måtte finne noe tilsvarende og har bygd på dette ut ifra de egenskaper som vi ønsker at vår enhet skal ha. De viktigste funksjonene er løst men den gjenstår noe programmering opp imot kravene som vi har laget selv.

Vi har begynt å bygge selve enheten, der vi også har dimensjonert kabel tverrsnitt og plasseringen til de ulike komponentene i chassis. Gjennom tidligere arbeidsgiver som elektriker har vi klart å få til alt av elektromateriell til en fornuftig pris.

Veien videre består av implementering av ulike komponenter og ferdigstilling av enheten. Det skal kjøres fullskala tester som må dokumenteres. Foruten om dette så må den gjenværende fasen dokumenteres, revideres og all dokumentasjon må ferdigstilles til siste innlevering. Etter siste innlevering gjenstår kun den siste presentasjonen og utstilling av prosjektet. Vi kommer til å bruke all tid etter siste innlevering på å gjøre siste finpuss på enheten, forberede og øve på siste fremføring.



KONGSBERG



Increase the longevity of your battery powered system

Construction Rapport

Longevity

Oppdragsgiver:	Kongsberg Defence Systems			
Gruppemedlemmer	Navn	Initialer		
	Arber Demiri	AD		
	Thor Erik Sivertsen	TES		
	Magnus Thorkildsen	MT		
	Tore Martin Flataas	TMF		
Versjon	Revisjon	Dato	Godkjent av	Antall sider
	0.1	01.04.16	MT	41
	0.2	07.04.16	TMF	73
	0.3	02.05.16	TES	95
	1.0	19.05.16	TES	108

1 Sammendrag

Denne konstruksjons-rapporten beskriver hvordan prosjektgruppen har gjennomført denne fasen av prosjektet. Dokumentet beskriver hvilke verktøy og prosesser som er brukt, og hvordan prototypen er blitt bygget.

Etter å ha lest dette dokumentet bør leserne ha en forståelse av hva gruppen har produsert, hvordan gruppen har sikret kvaliteten på produktet og prosessen, samt hvordan utviklingen i prosjektet har vært.

2 Dokumenthistorie

Revisjon	Dato	Godkjent av	Beskrivelse
0.1	01.04.16	MT	Oppretting av dokument.
0.2	07.04.16	TMF	Revisjon 1.
0.3	02.05.16	TES	Revisjon opp mot innlevering av dokument.
1.0	19.05.16	TES	Ferdigstillelse av dokument

3 Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag.....	2
2	Dokumenthistorie.....	2
3	Innholdsfortegnelse.....	3
4	Figur Liste.....	4
5	Konstruksjons fasens oversikt	7
6	Fasens mål og omfang	8
7	Konsept skisse i Solid Works.....	9
8	Sterkstrøm	12
8.1	Kabel beregning	15
8.2	Beskyttelse mot ledende deler og kapsling til chassis.....	18
8.3	Sterkstrøm Konklusjon.....	19
9	Krets design og konstruksjon.....	22
9.1	Innledning	22
9.2	Hovedstrøm	24
9.3	Visuell kabel oversikt for kretselektronikk.....	28
9.4	Relstyrings krets.....	29
9.5	Optokoblere og galvaniske skiller	33
9.6	Strømforsyning – med spenningsregulator LD1085	34
9.7	Thermoelement krets	35
9.8	Amperemeter.....	38
9.9	Konklusjon.....	40
10	PCB design	41
10.1	Innledning.....	41
10.2	Relékort:	41
10.3	Strømforsyningskrets	47
10.4	Relay board communication shield.....	52
10.5	Arduino 2560 Mega R3.....	53
10.6	Ferdig stilling av kretskort	54
10.7	Konklusjon PCB design	55
11	Batteriovervåkning	56

11.1	Innledning.....	56
11.2	Batterikapasitet, batterispenning og strømgjennomgang.....	56
11.3	Konklusjon - Batteriovervåkning	59
12	Elektromagnetisk kompatibilitet	59
12.1	Innledning.....	59
12.2	Kartlegging av omfang.....	60
12.3	Ytre faktorer	60
12.4	Indre faktorer	60
12.5	Modulbasert styringselektronikk	63
12.6	Konklusjon	65
13	Software.....	66
13.1	Innledning til software	66
13.2	Kalibrering av skjermen.....	66
13.3	Programmering av skjerm	67
13.4	Strukturen av det dynamiske bildet	71
13.5	UTFT og Utouch funksjoner brukt i programmet for skjerm programmering...	72
13.6	kommunikasjon	80
13.7	Konklusjon software.....	85
14	Bygging av enheten	86
14.1	Innledning.....	86
14.2	Front panel	86
14.3	Bak panel	90
14.4	Utforming og lakkering av panelene	96
14.5	Modifisering av chassis og kabling	100
14.6	Konklusjon	102
15	Konklusjon	102
16	Referanser	103
17	Vedlegg	108
17.1	Innholdsfortegnelse vedlegg.....	108

4 Figur Liste

Figur 1: Konsept skisse: Front	9
--------------------------------------	---

Figur 2: Konsept skisse: Front fra høyre side	10
Figur 3: Konsept skisse: Front fra venste side	11
Figur 4: Konsept skisse: Underside	11
Figur 5: Konsept skisse: Bakside	12
Figur 6: Systemoversikt over dimensjonering av hovedstrømmen	13
Figur 7: Comrod Compact 2400 AC/DC	13
Figur 8: Odyssey 31-PC2150 100Ah	13
Figur 9: Lineax 5*6mm ²	14
Figur 10: DC - Kalkulator	17
Figur 11: Automat sikring 80A	17
Figur 12: Gummiknotter	18
Figur 13: Plastkappe for jordskinne	18
Figur 14: Jordskinne	18
Figur 15: Kabelkanal	18
Figur 16: Rekkeklemmer	19
Figur 17: Lask skinne for rekkeklemmer	19
Figur 18: Kursfortegnelse fra Febdok	21
Figur 19: Arkitektur skisse	23
Figur 20. Hovedstrømskjema prototype	24
Figur 21: Hovedstrømskjema kurs 1-16 prototype	25
Figur 22: Intern koblingsskjema RCCB 4390	26
Figur 23: Hovedstrøms skjema med bruk av RCCB	27
Figur 24: Koblingsskjema fra Fritzing	28
Figur 25: Styring av sikringer fra mikrokontrolleren.	29
Figur 26: Skjema over tilbakemeldingskretsen	30
Figur 27: Connector tilkoblinger mellom Relékort og mikrokontroller	32
Figur 28. Illustrasjonsbilde optokoblere	33
Figur 29: Strømforsyning	34
Figur 30: Termistor styringskrets	35
Figur 31: K-type Thermistor	36
Figur 32: K-type Thermistor kretssjema	36
Figur 33: Karakteristisk funksjon for flere typer thermoelement.	37
Figur 34: Kretssjema med amperemeter	38
Figur 35: ACS758 current sensor IC	39
Figur 36. ACS758 montert på kretskort	39
Figur 37: Utklipp fra relékort	42
Figur 38: Kretskort illustrasjon	43
Figur 39: Utdrag av beregning av kretskort baner	44
Figur 40: Utklipp relékort 2	45
Figur 41: Kretskort eksempler	46
Figur 42: Eksempel på hvordan man sliper bort soldermask	46
Figur 43: Kretskort mettet med lodde tinn	47
Figur 44. Strømforsyningskort	49
Figur 45: Arduino Mega 2560 kretskort	52

Figur 46: Arduino Mega R3.....	53
Figur 47. Utklipp fra Relékortet.....	54
Figur 48: Styringselektronikk assembly.....	54
Figur 49: State of Charge kurver	57
Figur 50: Krets med og uten friløpsdiode.....	61
Figur 51: Kraftforsyningen.....	62
Figur 52: Hvordan minske støy.....	64
Figur 53: Operatør bilde on/off.....	67
Figur 54. Operatør bilde oppstart	67
Figur 55. Operatørbilde prioritering.....	68
Figur 56: Operatørbilde drift 1	68
Figur 57: Operatørbilde drift 2	69
Figur 58: Operatørbilde drift 3	69
Figur 59: RGB color picker	75
Figur 60: Operatørbilde touch.....	76
Figur 61: I2C- kommunikasjon.....	81
Figur 62: Kommunikasjons krets	81
Figur 63. Byte array til float.....	82
Figur 64: Amperemeter avlesning.....	83
Figur 65: Wire.beginTransmission.....	84
Figur 66: AutoCAD Tegning: Kurssikringer	87
Figur 67: AutoCAD Tegning: 4.3" skjerm	87
Figur 68: AutoCAD Tegning: USB kontakt	88
Figur 69: AutoCAD Tegning: Front Panel.....	90
Figur 70: Bulgin kontakt 900 Series.....	91
Figur 71: Bulgin kontakt Standard.....	91
Figur 72: Bulgin plugg 900 Series	92
Figur 73: Bulgin plugg Standard	92
Figur 74: AutoCAD Tegning: Bak panel med Bulgin Kontakter	92
Figur 75: Utdrag fra bestillingsordre	93
Figur 76: AutoCAD Tegning: Bak panel med Amphenol kontakter	94
Figur 77: AutoCAD Tegning: Endelig plassering med PG nipler	95
Figur 78: Front og Bak plate før tilpasning.....	96
Figur 79: Markering av bak plate del 1.....	97
Figur 80: Markering av bak plate del 2.....	97
Figur 81: Bak plate: Boring av hull.....	97
Figur 82: Front plate: Før utskjæring av hull for LCD skjerm	98
Figur 83: Front plate: Etter utskjæring av hull for LCD Skjerm	98
Figur 84: Front Plate: Før lakkering.....	99
Figur 85: Front Plate: Etter lakkering	99
Figur 86: Ferdig front panel.....	100
Figur 87: Rele kort jordskinne	101



5 Konstruksjons fasens oversikt

Elaboration fasen hadde som hovedfokus og bryte opp system requirements ned til design requirements og videre bruke dette til å danne seg ett bilde av hva som var den ønskede funksjonaliteten til systemet. Videre har prosjektgruppen sett på forskjellige konsepter som møter denne funksjonaliteten. Dette har gitt det grunnlaget vi trenger for å kunne bygge en passende prototype. I denne delen av prosjektet har det vært den tekniske byggeprosessen som har vært i hovedfokus og dette dokumentet kommer derfor til å beskrive denne prosessen.



6 Fasens mål og omfang

Construction phase:

I slutten av denne fasen skal gruppen ha en bygget og testet en prototype som samsvarer med kravene gitt fra brukeren.

1. Gruppen skal lage valgt konseptskisse i Solid Works.
2. Gruppen skal ha bestilt alt av nødvendige komponenter.
3. Gruppen skal ha dimensjonert og ferdigstilt kretskort utlegg.
4. Gruppen skal ha dimensjonert de ulike kablene/ledningene som skal benyttes.
5. Gruppen skal ha en revisjon av alle dokumenter opp imot andre innlevering.
6. Gruppen skal begynne å gjennomføre tester etter testspesifikasjonen.
7. Gruppen skal lage og fremføre andre presentasjon i området mellom første og andre iterasjon i fasen.

Const#1:

Gruppen skal i denne iterasjonen bygge videre på de konseptvalgene som er utført fra forrige fase. Dette innebærer å bestille nødvendige komponenter, ferdigstille kretskort utlegg og bestille disse samt lage ferdige skisse av mekaniske deler i Solid Works. I tillegg forsetter arbeidet med software utviklingen til enheten. Det vil også bli lagt mye tid til revisjon av alle dokumenter opp imot andre presentasjon.

Gruppen skal fortsette med følgende programmer:

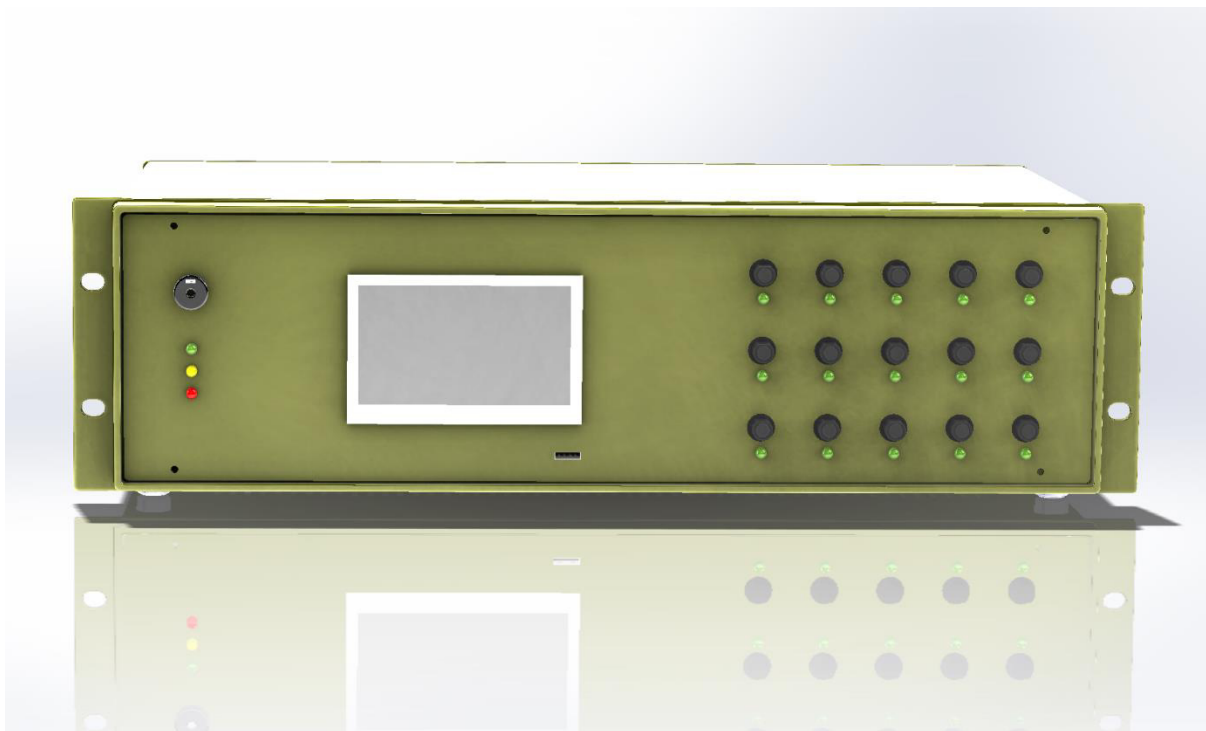
- Eagle CAD software.
- Solid Works CAD software.
- Prezi.
- Power Point.
- Excel.
- Word.

Const#2:

Fra Iterasjon 1 i construction fasen tar prosjektgruppen med seg utfordringen og kunnskapen opparbeidet i første iterasjon i construction fasen og bruker dette til å videreutvikle og utbedre eventuelle feil og mangler. Const#2 vil også inneholde flere av testene som ikke er prøvd/ikke bestått i Const#1.

7 Konsept skisse i Solid Works

Ut ifra Elaboration fasen har vi laget en konsept skisse i Solid Works hvor vi har integrert de forskjellige komponentene. Det er ut ifra denne konsept tegning vi har kunne gi veilederne og sensorene en bedre oversikt over hvordan vi tenker oss at enheten skal se ut. Det er ut ifra denne 3D tegningen vi kan sammenligne hva vi har tenkt opp imot det vi fysisk har laget i prosjektet. Vi kan da også kommentere eventuelle avvik opp imot det som opprinnelig var tenkt.



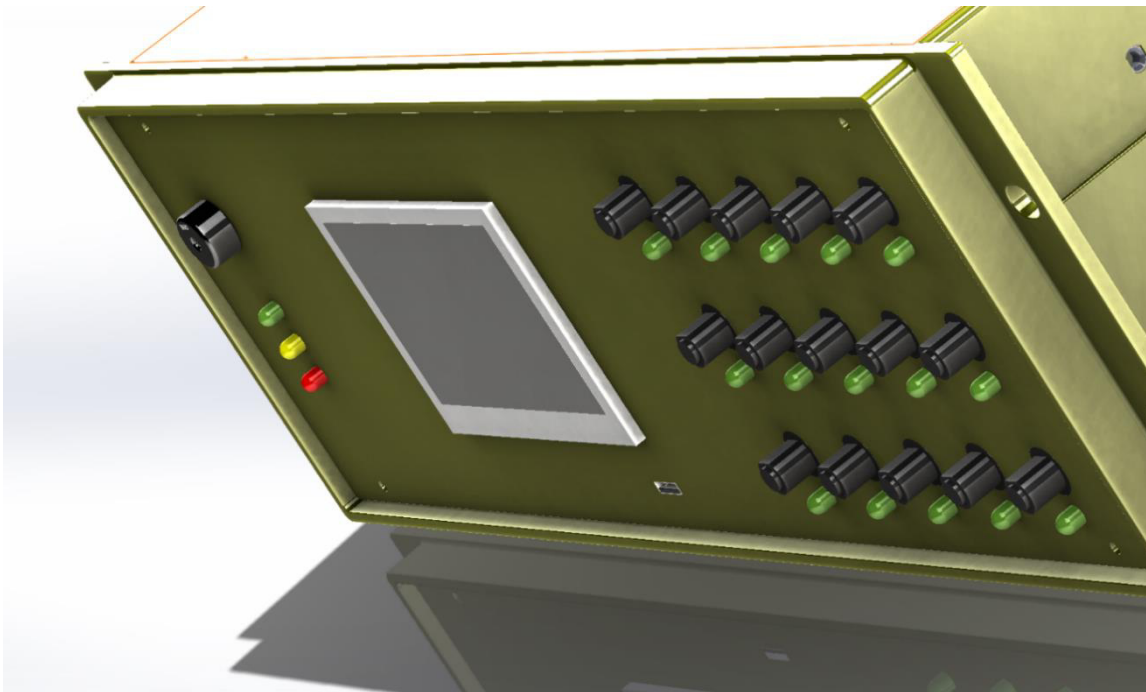
Figur 1: Konsept skisse: Front

Enheten er bygget opp slik:

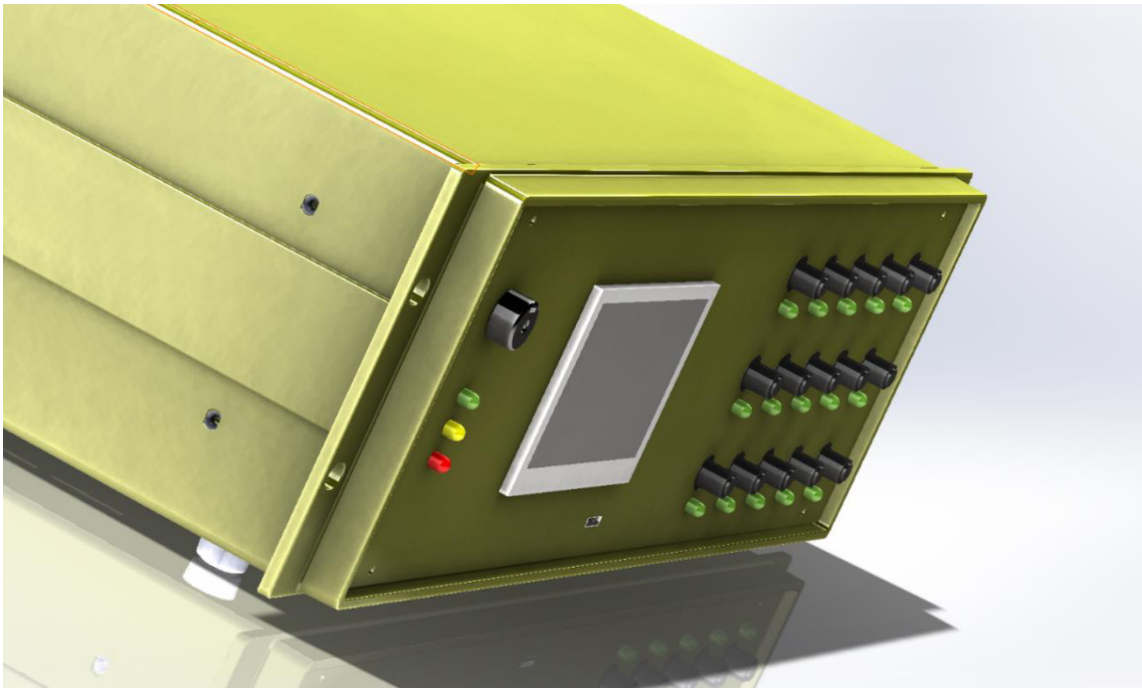
- Den består av 15 sorte sikringer som vist på høyre side se figur 1, De har en utløser mekanisme som gjør at sikringen spretter ut en viss lengde hvis sikringen går. Til de tilhørende sikringene så er det plassert 15 grønne dioder som også skal gi en indikasjon til brukeren om hvilken status sikringene har.
- Fra figur 1 ser vi også LCD displayet som er montert i midten av enheten, det er her brukeren skal kunne styre de ulike forbrukerkursene og sette prioriteringen til den aktuelle sikringen. Fra denne skjermen er det ønskelig å koble den mot en ekstern pc der man kan få opp statusen for batteriet.
- Fra figur 1 på venstre side ser vi 3 led dioder og en buzzer. Disse skal informere brukeren når systemet er over på batteri backup. Slikt det er tenkt skal den grønne

Øverste dioden lyse kontinuerlig grønt når systemet går på normal strømforsyning. Ved strømbrytning skal buzzer gi et varsel om at systemet har gått over til batteristrøm, og den grønne dioden skal begynne å blinke isteden. Fra batteridrift er det delt opp i 3 nivåer, som er markert med grønn, gul og rød diode. Etterhvert som batteriet lades ut så går systemet over til nivå 2, da skal buzzer gi et varsel og gul diode skal begynne å lyse. Det samme skjer ved nivå 3 bare at da er det rød diode som skal begynne å lyse.

- Det som ikke er tatt med på denne skissen over konseptet er hovedsikringer. Per dags dato sitter disse i forkant av enheten slik at operatøren har lett tilgang til disse.
- Fra figur 2 så kan vi se fra siden på enheten hvor det er tenkt å plassere håndtak slik at enheten kan bli skyvet inn og ut av raket hvis det er ønskelig.

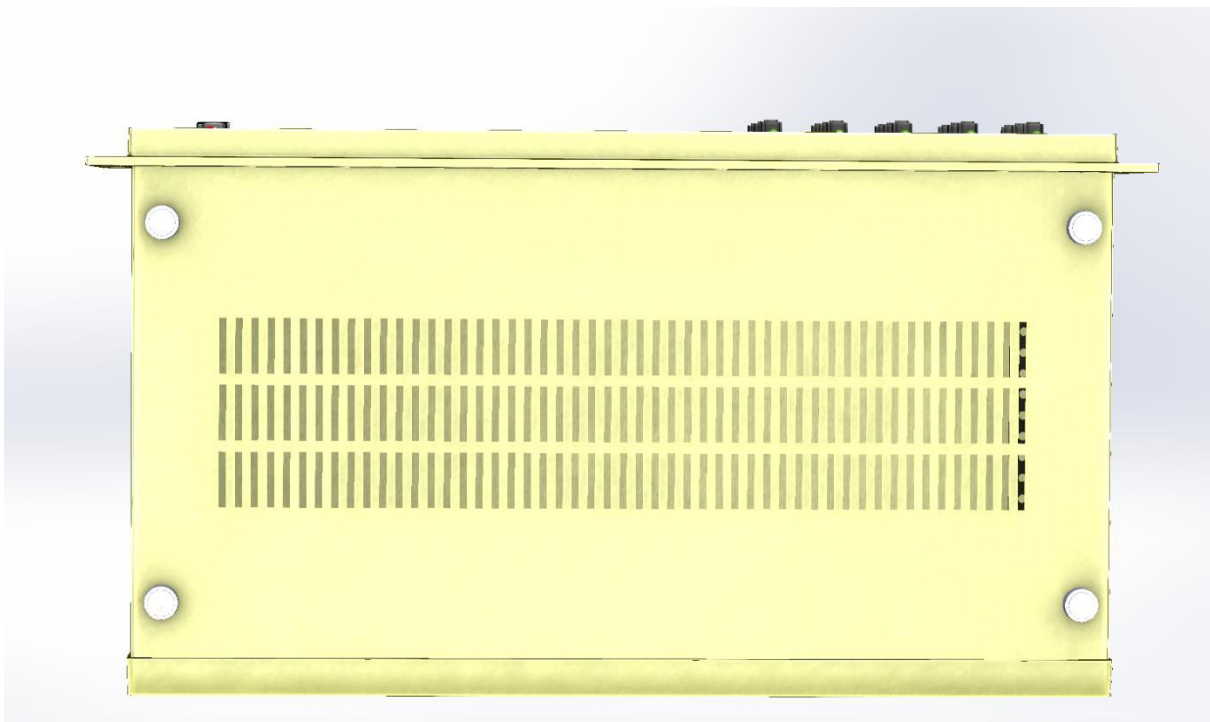


Figur 2: Konsept skisse: Front fra høyre side



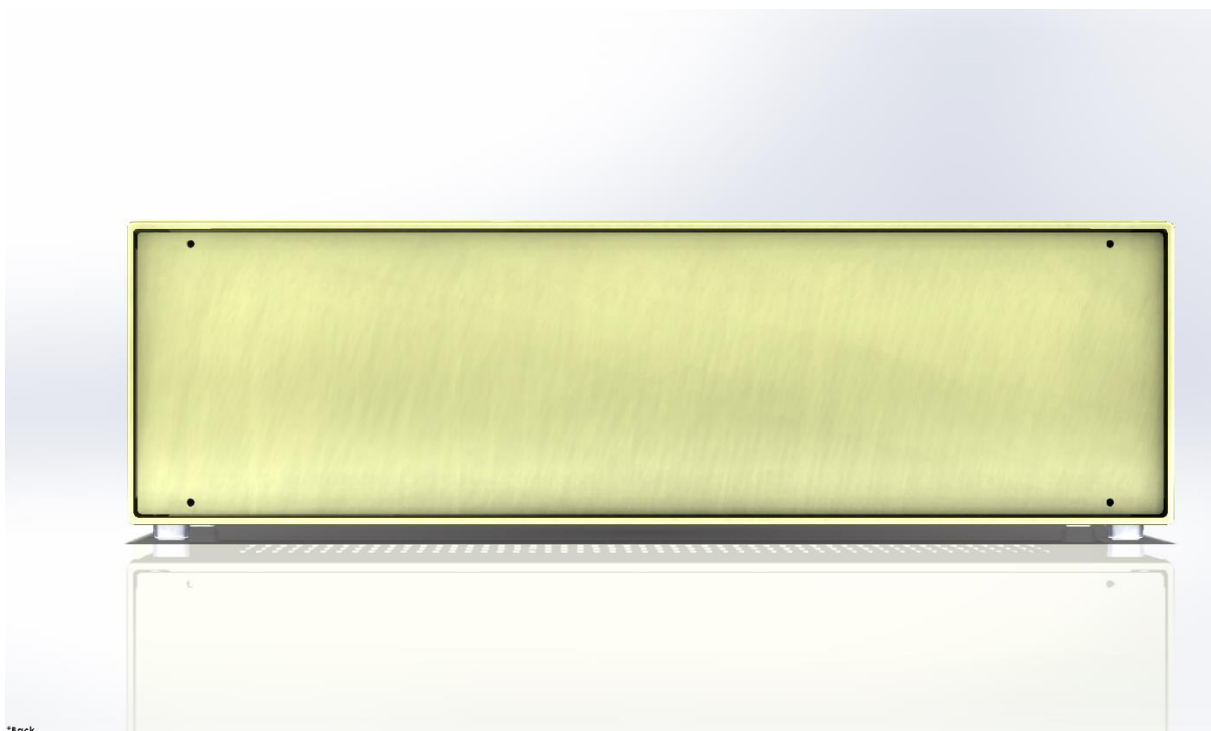
Figur 3: Konsept skisse: Front fra venste side

Fra figur 4 ser vi at det under chassiset er et stort område med lufteriller. Ved innvendig bygging i enheten så må vi sørge for at relé kretskortet kommer så nærme dette området som mulig for å unngå høye temperaturer. Det er også mulig å montere 4 knotter under i hvert hjørne hvis så er ønskelig.



Figur 4: Konsept skisse: Underside

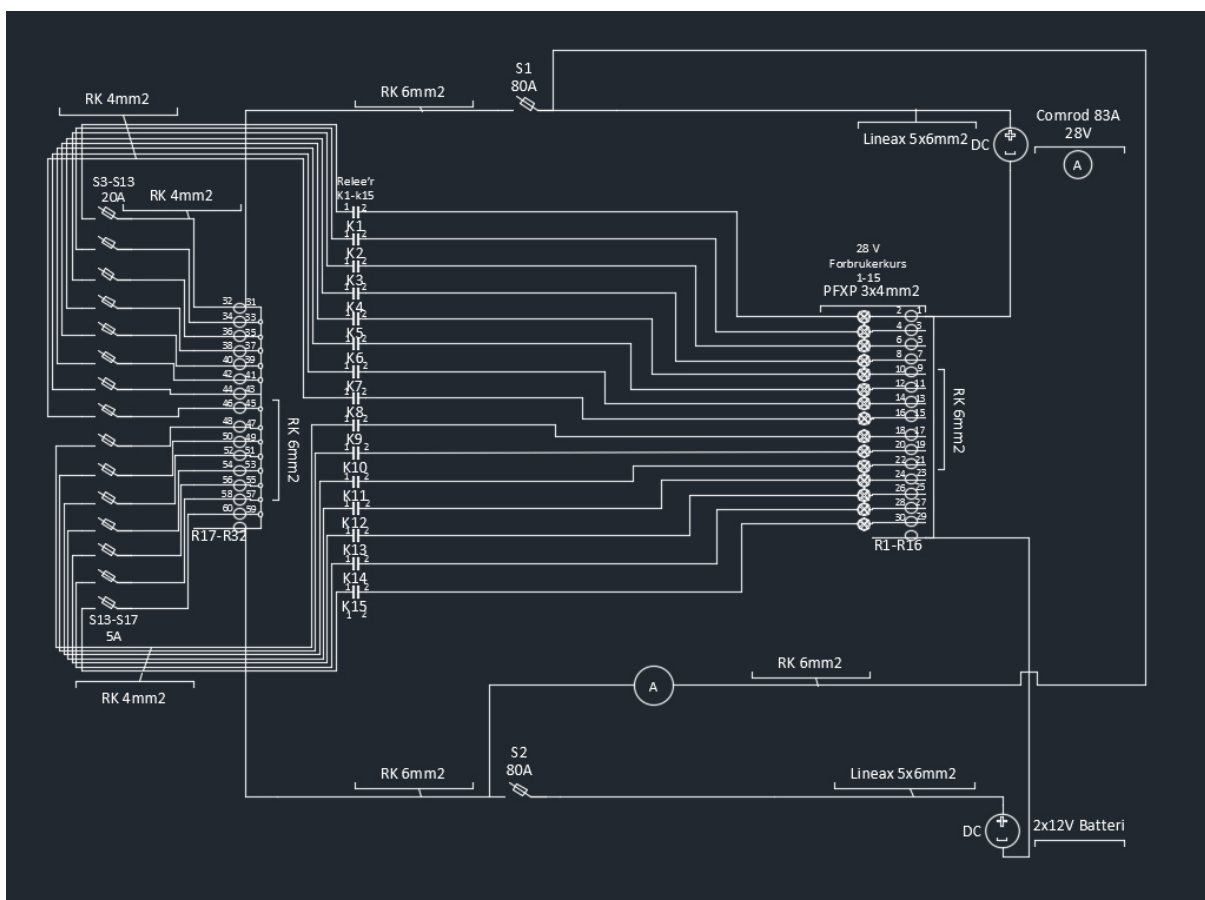
Fra figur 5 så ser vi bakplaten til chassiset. Det er her vi skal ha alle kontaktene til forbrukerkursene, strømforsyningen og uttak for temperatur føleren. Dette er ikke tatt med i denne skissen men de aktuelle hullene, størrelser og komponenter vil vi tegne videre i AutoCAD. Bakgrunnen for at dimensjoner blir laget i AutoCAD er på grunn av at vi har fått et 4U chassis av oppdragsgiver mens skissen er lagd etter det som opprinnelig var tiltenkt som var 3U.



Figur 5: Konsept skisse: Bakside

8 Sterkstrøm

Dimensjonering av hovedstrømmen både inn til chassis og inne i selve enheten er viktig for å kunne forhindre at ledende deler kommer i kontakt med hverandre som kan forårsake kortslutninger. Vi har kunnet sikre og dokumentert sterkstrømmen i systemet ved hjelp av tegningsunderlag som er produsert i Visio og AutoCAD. Det er videre gjort fysiske beregninger hvor vi har brukt FEBDOK som er et dataprogram for dimensjonering og dokumentasjon for installasjoner i henhold til FEL og NEK 400. FEBDOK benyttes i dag på boliginstallasjoner, offshore, sykehus, industri og næringsbygg.



Figur 6: Systemoversikt over dimensjonering av hovedstrømmen

Fra figur 6 så ser vi en systemoversikt over hovedstrømmen til systemet. Hovedstrømmen inn til systemet kommer fra Comrod compact 2400 AC/DC som er en kompakt DC strømforsyning og batterilader med nominell effekt på 28V / 80A. Comroden står i dagens system og blir brukt som en 230V AC til 28V DC konverter. Den er mekanisk og elektrisk robust og i stand til å operere under tøffe miljøforhold med store variasjoner i inngangsspenningen.



Figur 7: Comrod Compact 2400 AC/DC

Den er designet for å levere strøm til følsom elektronikk, med eller uten batteri backup. Inne i comroden er det en sikring som kan reguleres, denne sikringen er standardisert på 83A.

Systemet vårt har et batteri backup hvis compacten mister nominell spenning. Batteriene som skal ta over er 2 stykk Odyssey batterier av typen 31-PC2150 på 12V / 100A. Disse blir koblet i serie for å komme opp i 24V nominell spenning. Gjennom disse batteriene skal systemet ved full belastning være



Figur 8: Odyssey 31-PC2150 100Ah

funksjonelt i minst 30 minutter. Gjennom enheten som vi har laget så skal systemet være oppe mye lenger gjennom at vi kan prioritere forbrukerkursene ut ifra prioritet.

Kabelen som brukes fra compacten og batteriene til enheten vår er Lineax 5·6mm² som vist i figur 9.

(Otra, 2016)



Figur 9: Lineax 5·6mm²

Grunnen for å bruke 5 leder er for å bruke 2 som positive og 2 som negative. Slik unngår vi å bruke større tverrsnitt på kabelen eller bruke flere kabler. Kabelen er beregnet for flyttbare apparater, verktøy og maskiner. Anbefalt brukt i alle slags rom, samt utendørs. På grunn av de meget gode kappe- og isolasjonsmaterialene er LINEAX™ svært bøyelig og fleksibel. Samtidig tåler kabelen de hardeste påkjenninger som store temperatursvingninger og angrep fra fett og oljer.

8.1 Kabel beregning

Kabelen som blir brukt i dagens system er 8AWG. Dette er en Amerikansk standard som har et tverrsnitt på 8,37mm². Slike tverrsnitt opererer ikke norske elektro grossister med, vi må derfor velge enten å gå ned til 6mm² eller opp til 10mm². For å kunne beregne dette så har vi brukt flere beregningsverktøy verktøy.

Vi kan nesten sammenligne DC med vanlig spenningsfall ved enfaset AC som har formelen.

$$\Delta U = \frac{2P \times L \times (R_1 \times \cos\phi + X_L \times \sin\phi)}{U^2 \times \cos\phi} \cdot 100\% \quad (1)$$

Der:

P = Overført effekt,

L = lengde, m

R1 = ledertmotstand, ohm

XL = reaktans, ohm

U = driftsspenning, V

ΔU = spenningsfall, %

$\cos\phi$ =effektfaktor hos belastningsobjekt.

Forskjellen med DC beregningen er at, $X_L = 0$ og $\cos\phi = 1$. Det gjør at vi kan regne ut spenningsfallet fra comroden og batteriene med følgende formel.

$$\Delta U_{\text{comrod}} = 2 \cdot \left(R_1 = \rho \frac{l}{A} \right) \cdot \left(\frac{P}{U} \right) [V] \quad (2)$$

$$\Rightarrow 2 \cdot \left(\frac{0.0172 \cdot 2m}{6mm^2} \right) \cdot \left(\frac{2240w}{28v} \right) = 0.9173333333 \quad (3)$$

$$\Delta U_{\text{batteri}} = 2 \times \left(R = \rho \frac{l}{A} \right) \times \left(\frac{P}{U} \right) [V] \quad (4)$$

$$\Rightarrow 2 \times \left(\frac{0.0172 \cdot 2m}{6mm^2} \right) \times \left(\frac{1920w}{24v} \right) = 0.9173333333V \quad (5)$$

Ut ifra dette spenningsfallet så kan vi finne det prosentvise spenningsfallet som bør være under 5%.

$$U\Delta\% = \frac{28V - (28 - 0.9173333333V)}{28} \times 100 = 3.276190476\% \quad (6)$$



Tenker vi på verst mulige omgivelses temperatur som er 65 grader så får vi denne formelen.

$$R_t = R_1 (1 + a (t - 20)) \quad (7)$$

$$R_t = R_1 (1 + 0,00393 (65 - 20)) \times 2 \times \left(\frac{P}{U}\right) = 1.0779563733V \quad (8)$$

R_1 = Motstand ved 20°C

t = Ledertemperatur i °C

a = 0,00393 for kobber

a = 0,00403 for aluminium

Vi får da et prosentvis spenningsfall på 3.85% vist ved formel 9. Som er ca 0.5% høyere en beregnet uten temperatur i formel 6.

$$U\Delta\% = \frac{28V - (28 - 1.0779563733V)}{28} \times 100 = 3.84984419\% \quad (9)$$

Vi kan også beregne hvor mye total ampere kabelen kan trekke ut ifra vedlegget «kabelvedlegg» der vi kan ta utgangspunkt i at 20-32V regnes som 3A per mm². I våres tilfelle så blir det da:

$3A \times 6mm^2 = 18$. Vi har 4 ledere i kabelen vår, den totale amperen blir da:

$18 \times 4 = 72A$. Dette er da ikke tilstrekkelig med en maks last på 80A, men med enkelt-leder fra 1-3 meter kan maks strøm økes med en faktor på 1.15.

Vi får da $72A \times 1.15 = 82.8A$ som er innenfor.

Vi kan da se om vi skal bruke lenger leder enn 3 meter så må vi opp med tverrsnittet på kabelen.

Denne beregningen er også sjekket ved å kontrollere svarene mot en DC kalkulator der man oppgir maks spenningsfall, 28V spenning, 80A med maks belastning og ved å angi lengden på kabelen. Fra dette så kan vi se at den foreslår å bruke 6mm² eller 10AWG (amerikansk standard). Vi kan også prøve å legge inn en lengde på 4 meter i programmet. Du kan da se at den foreslår at vi går opp på tverrsnittet og bruker 10mm² eller 7 AWG.

(Energy development co-operative limited, 2016)

<div>3% ▲ 4% 5% ▼</div> Acceptable Loss	<div>3% ▲ 4% 5% ▼</div> Acceptable Loss
<input type="text" value="28"/> Vdc - System Voltage	<input type="text" value="28"/> Vdc - System Voltage
<input type="text" value="80"/> Amps (Watts/Voltage)	<input type="text" value="80"/> Amps (Watts/Voltage)
<input type="text" value="2"/> Length of Cable Run (m)	<input type="text" value="4"/> Length of Cable Run (m)
<input type="button" value="Calculate"/>	<input type="button" value="Calculate"/>
<input type="text" value="6mm"/> Matched mm Cable Size Required	<input type="text" value="10mm"/> Matched mm Cable Size Required
<input type="text" value="10 AWG"/> Matched AWG Cable Size Required	<input type="text" value="7 AWG"/> Matched AWG Cable Size Required

Figur 10: DC - Kalkulator

Ved å ta hensyn til disse beregningene og se på maks kortslutningsstrøm fra batteriene så kan vi ta utgangspunkt i hvilken sikring vi behøver. For å kunne få informasjon om maks kortslutningsstrøm på batteriet så må vi inn i databladet for batteritypen 31-PC2150. Denne har en kortslutningsstrøm på 5KA. Batterier skal kobles i serie noe som fører til en total kortslutningsstrøm på 10KA.

Sikringene vi har brukt i enheten er en automatsikring og tilhører en Acti 9 serie fra Schneider noe som vil si at den kan kombinere både AC og DC. Den har også et stort sprang på [Ue] merkespenning og er beregnet for bruksområder fra 12V- 415V AC og fra 12V-144V DC.



Figur 11: Automat sikring 80A

(Otra, 2016)

8.2 Beskyttelse mot ledende deler og kapsling til chassis

Ved bygging av enheten har vi måtte sørge for enheten er solid og tåler trykk helt opp til 15G i alle retninger. Det betyr at det har blitt gjort tiltak for å unngå at ledende deler skal komme i kontakt med hverandre.

Vi har ved å bruke gummiknotter til stålplater og kretskort, sikret lufttilførsel der det er behov samtidig som det gir en demping mot chassiset. Ved å bruke gummiknotter beskytter vi også kretskortet mot å komme i kontakt mot stålplaten. Typiske gummiknotter er vist i figur 12 er brukt med forskjellige tykkelser.



Figur 12:
Gummiknotter

For å oppnå utjevningsforbindelse mellom ledende deler som chassis og forbrukercurser så blir det brukt en jordingsskinne med en plastbeholder som vist på bildene under. Det blir brukt 4mm² gul/grønn RK som utjevningsforbindelse.

(Otra, 2016)



Figur 13: Plastkappe for jordskinne

(Otra, 2016)

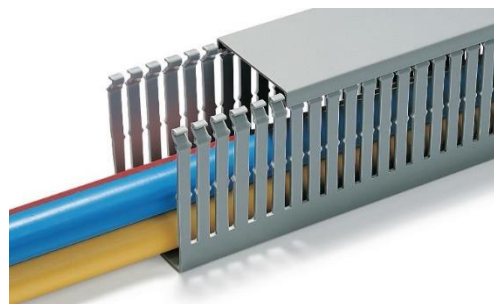


Figur 14: Jordskinne

Ettersom det blir brukt en rekke kabler både fra forbrukercurser og intern kabling.

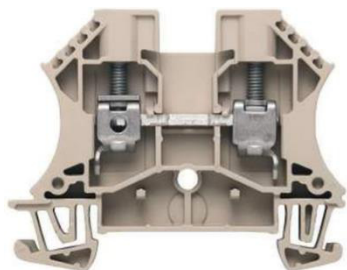
Det være seg kabler fra sikringer, jording, kretskort og gjennom visuell og auditiv drift så er vi avhengig av å ha en form for kabelkanaler som sikrer at ingen ledende kabler kommer i kontakt med hverandre.

Typiske kanaler som har vært brukt er som vist i figur 15.



Figur 15: Kabelkanal

For å sikre en god tilkobling for kablene opp imot sikringene og forbrukerkursene så blir det brukt 6mm² rekkeklemmer samt tilhørende lasker. Rekkeklemmene er montert ved hjelp av en DIN skinne som er skrudd i en stålplate inne i enheten. Rekkeklemmene er nummerert fra 1- 62 der hvert nummer har sin sporbarhet opp imot tegningen som vist i figur 6.



Figur 16: Rekkeklemmer



Figur 17: Lask skinne for rekkeklemmer

(Otra, 2016)

(Otra, 2016)

Vi har ved hjelp av FEBDOK beregnet og dokumentert forbrukersikringene, vernene, spenningsfall og kabler for å følge forskrift om elektriske lavspenningsanlegg(FEL) og Norsk Elektroteknisk Komite (NEK 400) som beskriver regelverket rundt elektriske lavspenningsinstallasjoner. Du kan se i figur 18 en kursfortegnelse av enheten, her kan du se tverrsnitt på kabler, nummering og generell opplysning om anlegget. Det er beregnet med en 10mm² hovedstrøms kabel, dette er for å ha muligheten til å ha kablen lenger enn 3 meter som er begrensingen med 6mm² som vist ovenfor i beregningene. Du kan se hele Febdok oversikten i vedlegg 4 - febdok(noen av sikringene og kablene som er brukt i FEBDOK finnes ikke i listen, vi har da kompensert med å bruke lignende komponenter i febdok programvaren.

8.3 Sterkstrøm Konklusjon

Hovedprinsippet med å lage systemoversikter, gjøre beregninger og dimensjonere anlegget etter det bruksområdet som det skal brukes til er ekstremt viktig ikke bare for å sikre materiell og utstyr men også for å unngå fare for strømgjennomgang og store kortslutninger. Gruppemedlemmene har generell mest erfaring med AC spenning ettersom alle i gruppen har fagbrev innen elektro/automasjon. I denne enheten så går alt på DC spenning noe som gjør at vi har satt oss mer inn i nettopp dette. Den store forskjellen på AC og DC er at ved DC oppstår det store spenningsfall over lengre avstander slik at tverrsnittet må kompenseres for dette. Når det kommer til enheten vår så har vi gjort beregninger på at vi kan gå ned på tverrsnittet til 6mm² fra opprinnelig AWG 8(amerikansk standard) som tilsvarer ca. 8mm² ved at vi går ned på lengden til 2 meter noe som gjør at vi sparer både plass og ekstra utgifter i forhold til om vi skulle brukt 10mm². Enheten er sikret mot berøring av utsatte ledende deler ved hjelp av utjevningsforbindelser både i selve chassis men også omgivelsene. Vi har også bruk gummiknotter for å sikre at ikke ledende deler kommer i



kontakt med hverandre og for å sikre at enheten tåler 15 G sjokk i alle retninger. Vi har bygget enheten med plastkanaler inne i selve enheten for å få skilt hovedstrøm og styringselektronikk. Gjøres ikke dette så kan det oppstå uønsket støy. Vi har brukt 80A automatsikringer fra schneider (Acti 9 serie) som kan både brukes til AC og DC spenninger opp til visse nivåer. Det som er viktig å passe på ved valg av disse type sikringer er om kortslutning strømmen på sikringene takler kortslutningen på batteriene som i dette tilfellet er på 2x 5KA. Sikringene som er valgt ut tåler en kortslutning strøm på 15KA.

Elsikkerhetsdokumentasjon**Kursfortegnelse**

Elektroinstallatør		Installasjon	
Firma/Navn:	Dette er en DEMO lisens av FEBDOK.	Anleggsnr:	KDA
Kontaktperson:		Måler nr:	
Adresse:	Kontakt NELFO for lisensiering	Dato nyinstallasjon /	sist endret: /
Postnr/Sted:		Viktig: Eier/Bruker er ansvarlig for at den elektriske installasjonen og det elektriske utstyret er i henhold til gjeldende regelverk.	
Telefon:			
Epost:			
Ordre		Kunde	
Ordrenummer:	001	Kundenummer:	
Anleggsadresse			
Firma/Navn:	Kongsberg Defence		
Adresse:	Kirkegårdsveien 45	Hus-nr:	Bokstav:
Postnr/Sted:	3616 KONGSBERG	Boligmappe nr:	
Fordeling og kortslutningsverdier		Anleggsdata	
Fordeling: FORDELING		Systemspenning / frekvens:	
Forsynt fra: COMROD		28 [V] 0 [Hz]	
	Målt	Oppgitt	Beregnet
Ik Maks:	3,324 [kA]	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ik Min:	2,213 [kA]	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ij Maks:	[kA]	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ij Min:	[kA]	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		Tilførselskabel:	
		4 x 10 [mm²]	
		Fordelingssystem:	
		DC	
		Forankoblet vern:	
		AUT 2x80 A B	
		Jordelektrode (type):	
		Tilkoblingssted jordelektrode:	

Kurs nr.	Lastbeskrivelse / Utstyr	Vern			Kabel			Rekkekl.	Jfb
		Type	In [A]	Kar.	S [mm²]	L [m]	Ref.inst. met.		
0	Fordeling				10	2	F		
1	Forbrukerkurs 1	AUT	20	B	4	1	F	01	
2	Forbrukerkurs 2	AUT	20	B	4	1	F	02	
3	Forbrukerkurs 3	AUT	20	B	4	1	F	03	
4	Forbrukerkurs 4	AUT	20	B	4	1	F	04	
5	Forbrukerkurs 5	AUT	20	B	4	1	F	05	
6	Forbrukerkurs 6	AUT	20	B	4	1	F	06	
7	Forbrukerkurs 7	AUT	20	B	4	1	F	07	
8	Forbrukerkurs 8	AUT	20	B	4	1	F	08	
9	Forbrukerkurs 9	AUT	5	C	1.5	1	F	09	
10	Forbrukerkurs 10	AUT	5	C	1.5	1	F	10	
11	Forbrukerkurs 11	AUT	5	C	1.5	1	F	11	
12	Forbrukerkurs 12	AUT	5	C	1.5	1	F	12	
13	Reserve 1	AUT	20	B					
14	Reserve 2	AUT	20	B					
15	Reserve 3	AUT	20	B					



Figur 18: Kursfortegnelse fra Febdok



9 Krets design og konstruksjon

9.1 Innledning

Arkitekturplanen fra elaboration fasen (se figur 19) er basert på alle funksjonene enheten må kunne utføre. Disse gjenspeiler igjen kravspesifikasjonen til produktet. Komponentene i arkitekturskissen kan dermed sees på som en mulig løsning til en gitt funksjon i systemet.

I construction fasen er arkitekturskissen videreutviklet for å økt detaljnivået. En viktig del av dette har vært å detaljplanlegge prosjekteringen i forhold til tid og budsjettmessige forhold. Tidligere i prosjektet har det blitt tatt viktige budsjettmessige vurdering med tanke på RCCBen (Remote Controlled Circuit Breaker) og det samme er tilfellet i Construction fasen. I denne fasen har tidsbruken vært spesiell kritisk da prototyping av ett slik system er svært ressurskrevende. Prosjektgruppen har derfor fortatt vurderinger opp imot hva første prototype bør inneholde for å best mulig kunne gi et inntrykk av hvordan ett sluttprodukt kan se ut som med de ressursene som er til rådighet.

I første prototype har det blitt besluttet å lage 3 kretskort. Disse er strømforsyningskort til styringselektronikken, Relékort og ett «Relay communication shield» med integrasjon mot kretskortet Arduino 2560 mega.

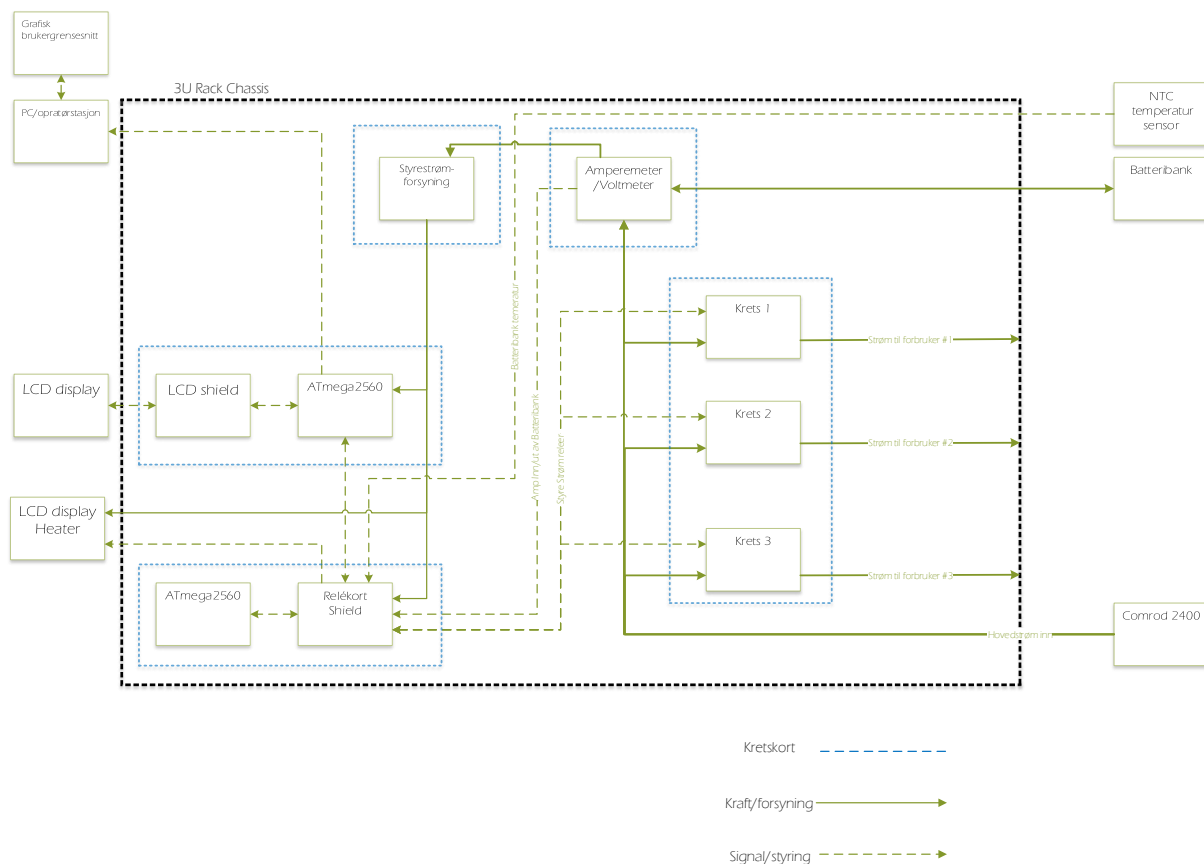
Strømforsyningskortet har som oppgave å forsyne alle delene av systemet som er avhengig av 5VDC. Strømforsyningskortet blir selv forsynet med 28VDC.

Relékortet har som oppgave å styre og distribuere 28VDC til de forskjellige brukerkursene. I tillegg skal kretsen på dette kortet fortelle om reléene blir forsynt med 28VDC på inngangen slik at brukeren kan få en varsling om sikringene har gått eller ei.

Relay communication shield er et kort som linker relékortet sammen med mikrokontrolleren og har tilkoblinger for temperaturføler, amperemeter og voltmeter. Kortet er bygget slik at det kan festes direkte til et allerede eksisterende Arduino 2560 Mega kort. Dette gjør at vi har et modulært system som lett kan videreutvikles uten og selv måte lage et kort som inneholder bootloader og selve Atmel ATmega2560 chipen.

I tillegg til dette kommer nok et Arduino 2560 kort direktekoblet til ett 4.3" TFT LCD Touch Panel som blant annet skal være systemets HMI. (human-machine interaction)

Til sammen får vi da 5 kretskort moduler som kommuniserer med hver andre. Se vedlegg (arkitektur) for fullstendig oversikt.



Figur 19: Arkitektur skisse

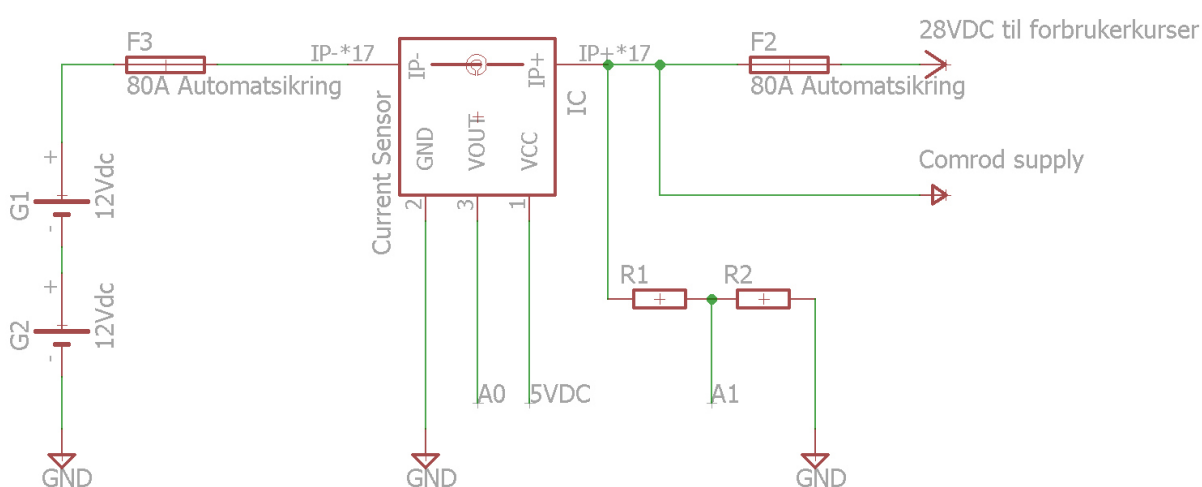
Her ser vi boksene i stiplet blå som er frittstående kretskort. Reléskortet, amperemeteret/voltmetret og strømforsyningskortet er frittstående kort. Mikrokontrolleren som sitter på Arduino 2560 kortene er modulbaserte og sammensatt av flere kort.

Som prototype og «proof of concept» er det bygget en prototype basert på kretskort vi har designet selv. Som kjent fra elaboration fasen så vi på flere måter vi kunne gi enheten den funksjonaliteten vi ønsket i et sluttprodukt for å møte kravspesifikasjonene. Vi konkluderte med i denne fasen at det var mest naturlig å basere enheten på såkalte RCCB sikringer (remote controlled circuit breaker). Grunnen til dette var at disse sikringene allerede er på markedet, er testet og brukt i flere militære applikasjoner. RCCB sikringene vi har sett på tåler også de tøffe miljøkravene som settes til slike systemer. Dessverre er prisen det koster og bygge en prototype med disse sikringene utenfor vårt budsjett. Vi har derfor laget et kretskort som skal simulere RCCBs funksjonalitet i enheten vår.

9.2 Hovedstrøm

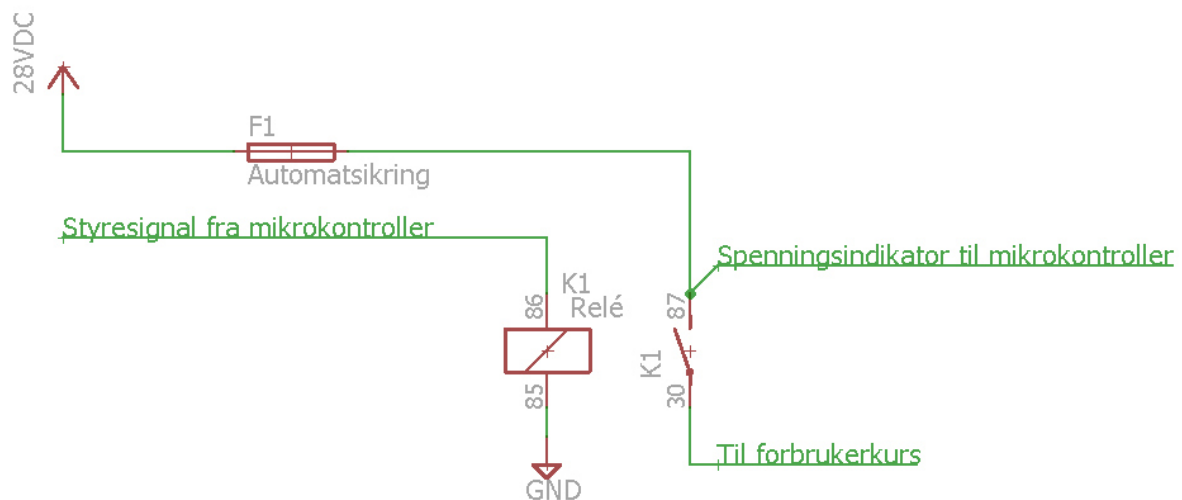
9.2.1 Gjeldene Hovedstrøms oversikt i prototypen

Under ser vi hovedstrøms skjema for prototypen som er konstruert i denne fasen. I figur 20 ser vi 80A hovedstrømmen fra enten comrod strømforsyningen eller 24V batteribanken. Vi ser at all strøm som går enten til eller fra batteribanken blir logget av amperemetret. Dette er en del av batteri overvåkning for systemet.



Figur 20. Hovedstrømskjema prototype

I figur 21 ser vi et forenklet hovedstrømskjema for de 16 forbrukerkursene. Dette er med vanlige elektromekaniske releer som skal fungere sammen med sikringer for hver krets:

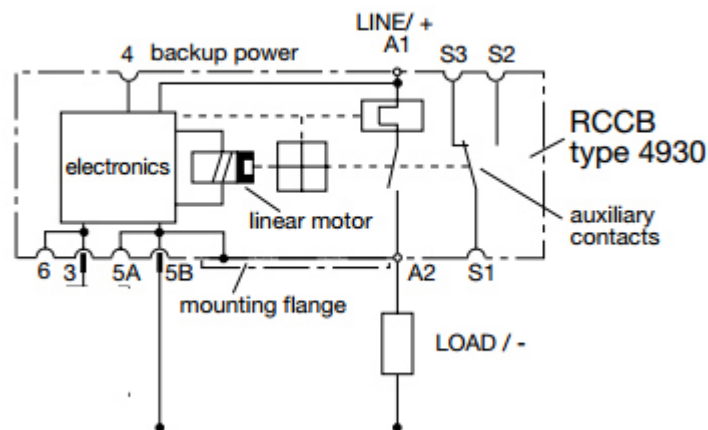


Figur 21: Hovedstrømskjema kurs 1-16 prototype

I figur 21 ser vi at 28VDC spenning blir tilført automatsikringen. Disse sikringene er på prototypen montert i frontpanelet. Sikringene som er brukt er såkalte «push-to-reset» sikringer som løses ut ved overbelastning eller kortslutning. Sikringen forblir da utløst til noen manuelt trykker inn igjen sikringen. Fra sikringen går strømmen til en av kontaktene til relé. Herfra er det påkoblet en spenningsindikator krets som forteller mikrokontrolleren at man har spenning inn på reléet. Dette er for å fortelle om sikringen er utløst eller ikke til mikrokontrolleren. Videre ser vi at releet styres fra et styresignal fra mikrokontrolleren. Hvis releet dermed får et signal fra mikrokontrolleren vil reléet slippe gjennom strøm til forbrukerkursen. Denne kretsen finnes det 16 stykker av på kretskortet for å kunne styre 16 forskjellige forbrukerkurser.

9.2.2 Hovedstrøms skjema ved bruk av Fjernstyrte sikrings reléer

Under ser vi hvordan hovedstrøms-kretsen ville ha sett ut med bruk av RCCB sikringen 4930 levert fra ETA istedenfor kombinasjonen av relé og sikring som vist i foregående kapittel. Dette produktet har både egenskapene til en sikring og ett relé og kan derfor anses som en fjernstyrt sikring.

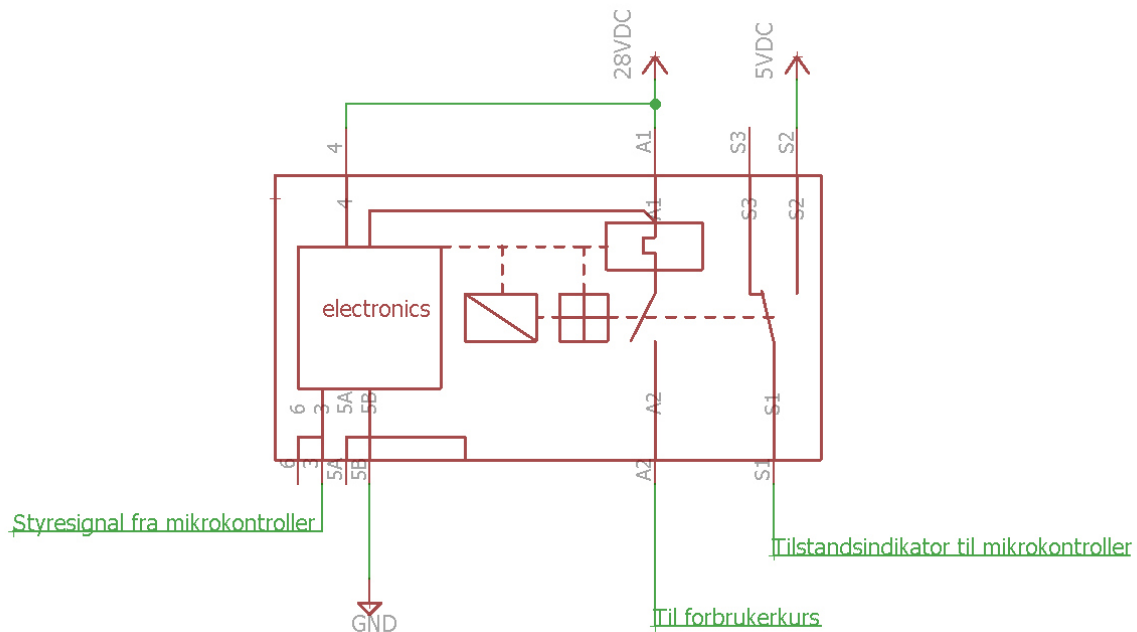


Figur 22: Intern koblingsskjema RCCB 4390

Som vi ser på det interne koblingsskjema fra databladet inneholder RCCB 4390 en bimetall aktuator som kan skrues av og på med en bi stabil motor som igjen er kontrollert av en elektronikk krets. Dette fungerer som sikring samt at den lar oss fjernstyre sikringen. Den er også utstyrt med hjelp kontakter (auxiliary contacts) som kan brukes til blant annet og indikerer statusen til reléet.

Under ser vi den samme RCCBen med ett forenklet kretsskjema som viser hvordan dette kan virke sammen i en fremtidig prototype. Det er denne løsningen vi ser for oss er best egent for oppdragsgiver.

Helt til høyre ser vi styrings elektronikk i RCCB. Her behandles styringssignalet fra mikrokontrolleren og tilhørende kretser til selve RCCBen.



Figur 23: Hovedstrøms skjema med bruk av RCCB

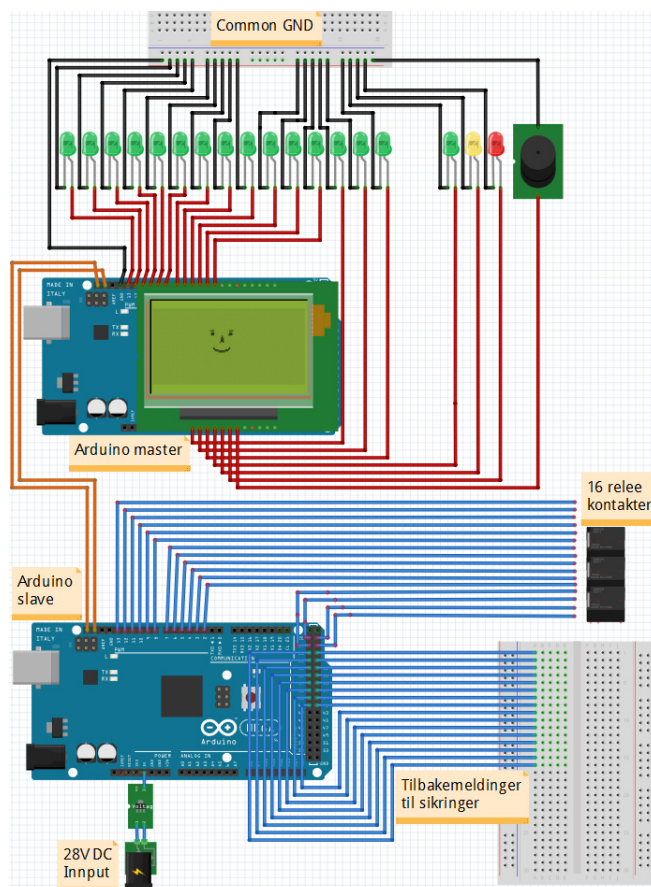
Hovedstrømmen på 28VDC er tilkoblingen A1. I reléet går strømmen videre gjennom bimetall sikringen og gjennom kontakten som kan skues av og på ved hjelp an motoren og dermed videre til A2. Denne utgangen er viderekoblet til forbrukerkursen.

Hjelpekontaktene ser vi lengst til høyre som S1-S3. I denne kretsen ser vi at når RCCB er på slippes strømmen fra 5VDC kilden gjennom hjelpekontakten og til mikrokontrolleren. Slik kan mikrokontrolleren få et signal om tilstanden til RCCB en.

9.3 Visuell kabel oversikt for kretselektronikk

Gjennom enheten så har vi flere innganger og utganger på arduinoen. Noe som har ført til at vi har måtte bruke 2 arduinoer der vi har både en «master» og en «slave». Fra Masteren så bruker vi utgangene 2-13 og A0-A3 til led utganger som indikerer tilstanden til de 15 forbrukerkursene i forkant av enheten. A4-A6 blir brukt som grønn, gul og rød led diode for å indikere batteri tilstanden til systemet. A7 utgangen blir brukt som buzzer for å indikere auditivt tilstanden til batteriet når systemet går over fra normal strømforsyning og ved hver nedtrappings nivå. På «master» skjermen er også LCD displayet montert ved hjelp av et typisk «shield». LCD displayet bruker alle utgangene på høyere side (22-52) på denne arduinoen.

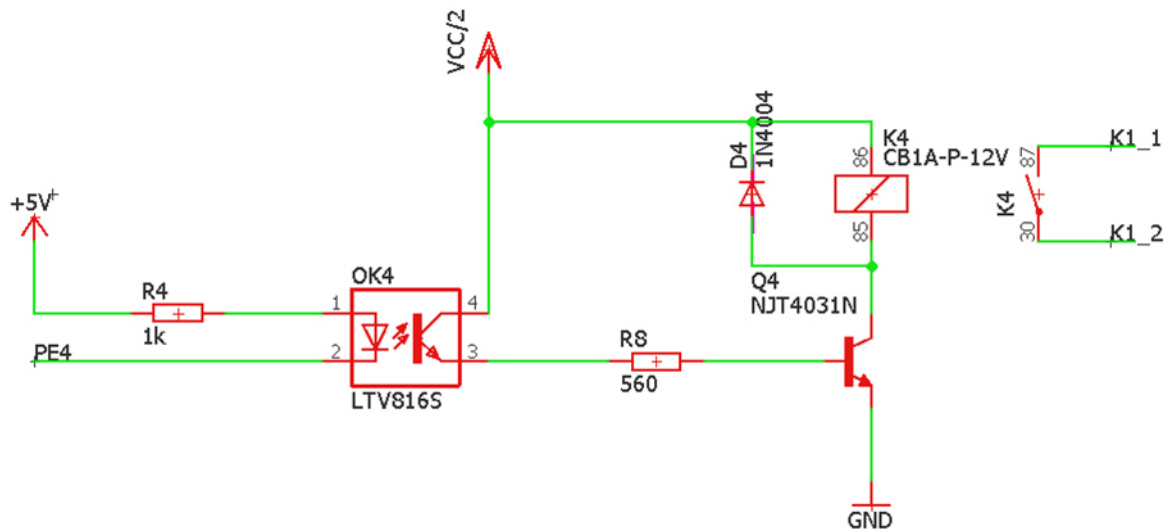
Når det kommer til arduino «slaven» så kommuniserer den med masteren gjennom ADA og SCL utgangene på begge enheter. «Slaven» bruker utgangene 2-13 og 22-25 som utganger til releene. «Slaven» bruker også utgangene 26-41 som tilbakemeldinger fra sikringene.



Figur 24: Koblingsskjema fra Fritzing

9.4 Relestydings krets

Under ser vi relestydingskretsen som sitter på prototypen. Det er altså 1 slik krets som går til hvert enkelt relé.



Figur 25: Styling av sikringer fra mikrokontrolleren.

Tabell 1: Kretsspesifikasjon

Beskrivelse		Antall
Spenningsforsyning fra Arduino	+5v	
Primær spenningsforsyning	+28v-VCC/2	
Resistor 1000 ohm	R4	1
Resistor 560 ohm	R8	1
Diode 1N4004	D4	1
Transistor NJT4031N	Q4	1
Rele CB1A-P-12V	K4	1
Optokobler LTV816S	QK4	1
Jord	GND	

På figur 25 kan vi se hvordan kraftelektronikken er konstruert i forhold til å kunne styre sikringene i prototypen. Som sagt er skjema over bare for en sikring men tilhørende kretser for styling av de resterende skjema er vedlagt som eagle kretsdesign. Slik kretsen er satt opp, har vi 5 volt spenningsforsyning fra ett eget strømforsyningskort. Denne 5Vdc spenningen er delt opp av en optokobler som skaper et galvanisk skille fra 28V primær spenningsforsyning.

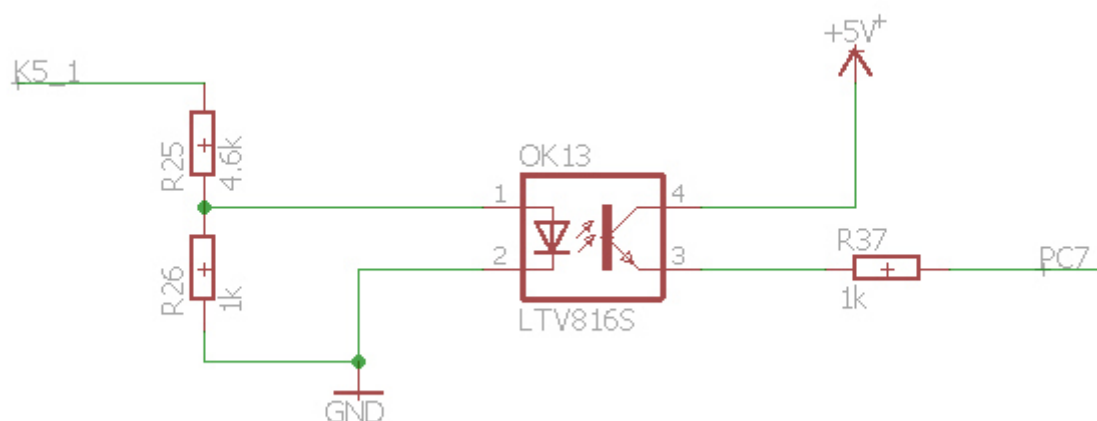
Når denne optokobleren får styresignal på inngangen fra mikrokontrolleren vil utgangen på optokobleren sende ett nytt signal til basen på transistor Q4. Transistoren vil da få spenningen mellom kollektor og emitter. Ved åpning av transistor Q4, kommer releet K4 til å få tilført 28V spenning gjennom spolen. Dette gjør at den reléet setter kontaktene mellom K1_1 og K2_2 til «nomally closed» stilling. Relé styrer dermed 28Vdc spenningen til denne kursen.

Når styresignalet fra mikrokontrolleren blir satt til av stilling. Det vil si null spenning gjennom optokobleren, kommer spolen i reléet til å skifte polaritet og lade seg ut gjennom dioden D4. På denne måten kan vi gjenta syklusen om igjen og sette relé av og på stilling.

Når det kommer til belastning, kommer det til å gå høye strømmen gjennom releet (sekundære kontaktflater), helt opp til 20A. Derfor er releet valgt i med hensyn på dette og det ligger en nærmere beskrivelse av modulen på vedlegg – sikringer i front.

På relékortet sitter det også 16 kretser som vist i figur 6. Disse er konstruert for å indikere om sikringen er inne eller er slått ut. Det gjøres ved å koble seg direkte på utgangen av sikringen som her kommer inn på K5_1 som også er inngangen på reléet K5.

Kretsen som gir oss tilbakemeldingen om sikringenes tilstand er vist under i figur 26:



Figur 26: Skjema over tilbakemeldingskretsen

Tabell 2: Krets spesifikasjon

Beskrivelse	Benevnelse	Antall
Resistor 4600 ohm	R25	1
Resistor 1000 ohm	R26	1
Resistor 1000 ohm	R37	1
Optokobler	OK13	1
Tilbakemelding til mikrokontroller	PC7	1
Tilkobling fra sikring	K5_1	1
Spenningsforsyning fra mikrokontroller	+5V	1
Jord	GND	1

På figur 26, kan vi se at vi har en galvanisk skille mellom 28V til 5V ved bruk av en optokobler. Spenningen fra sikringen på 28V (K5_1) blir nedjustert til 5 volt med en spenningsdeler, får å kunne trigge optokobleren uten å ødelegge dioden på inngangen. spenningsdeleren er beregnet ved følgende metode:

Resistor R26 er satt til 1000ohm.

$$\frac{R26}{R26+R25} * 28V = 5V \quad (10)$$

$$R26 * 28V = 5V * (R26 + R25) \quad (11)$$

$$R26 * 28V = 5V * R26 + 5V * R25 \quad (12)$$

$$R26 * 28V - 5V * R26 = 5V * R25 \quad (13)$$

$$R26(28V - 5V) = 5V * R25 \quad (14)$$

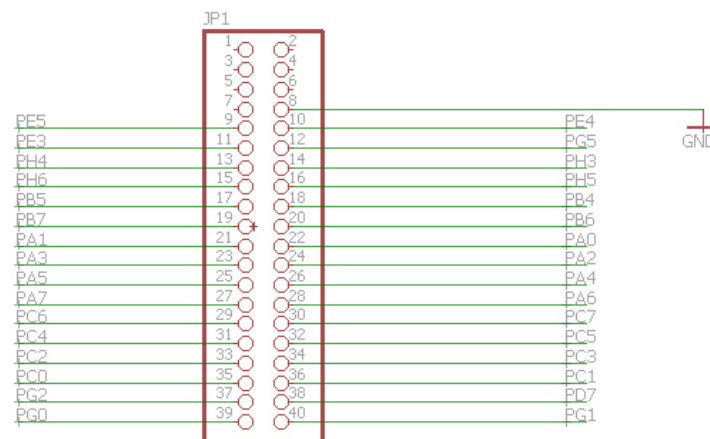
$$R25 = \frac{(28V-5V)}{5V * R26} \quad (15)$$

$$R26 = \frac{(28V-5V)}{5V * 1000ohm} \quad (16)$$

$$R25 = 4600\Omega \quad (17)$$

Når optokobleren blir trigget på gjennom spenningsdeleren, får mikrokontrolleren beskjed om at sikringen slipper gjennom strøm noe som igjen er en indikasjon på at sikringen er på. Det vil si at signalet blir hentet ut fra «PC7» på figur 26. På denne måten kan vi kontrollere tilstanden til sikringen til enhver tid gjennom hele prosessen.

Inngangene og utgangen fra relékortet blir koblet til mikrokontroller via en GIPO kabel Connector som visst på figur 7. Denne Connectoren gjør det mulig å koble seg direkte til



mikrokontrolleren via en GIPO-kabel som man trykker ned i Connectoren. Visst på tabell 3 er en oversikt over tilkoblingene.

Figur 27: Connector tilkoblinger mellom Relékort og mikrokontroller

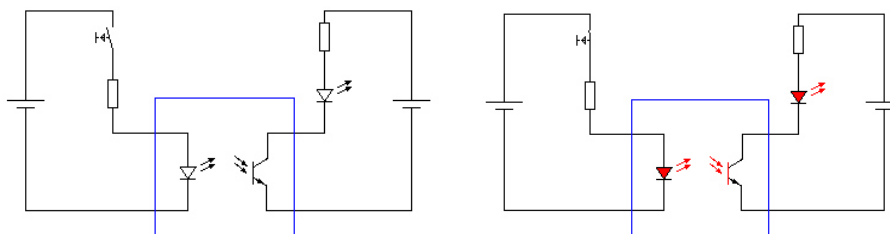
Tabell 3: Kablingsoversikt Connector

Bekrivelse	Benevnelse	Antall
------------	------------	--------

Signal fra mikrokontroller	PA0-PA3	4
Signal fra mikrokontroller	PB4-PB7	4
Signal fra mikrokontroller	PH3-PH6	4
Signal fra mikrokontroller	PE3-PE5	3
Signal fra mikrokontroller	PG5	1
Signal til mikrokontroller	PA4-PA7	4
Signal til mikrokontroller	PC0-PC7	8
Bekrivelse	Benevnelse	Antall
Tilbakemelding fra Sikringer	3-13 & 21-26	16
Styresignal til reléer	26-41	16

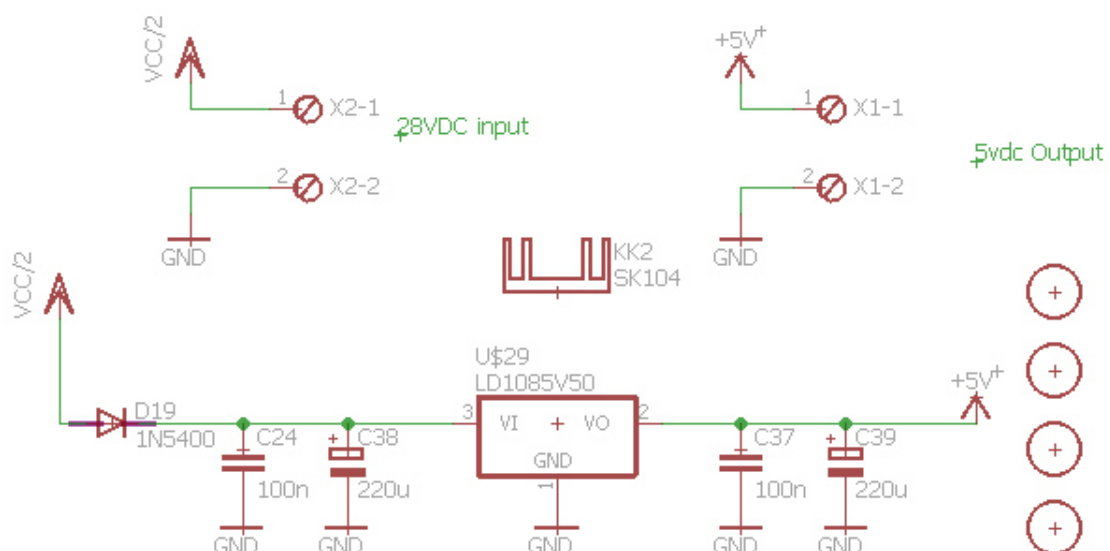
9.5 Optokoblere og galvaniske skiller

(Wikipedia, 2015) I de to foregående kretsene er det brukt optokobler for å oppnå ett galvaniske skille mellom 5Vdc fra styringselektroniken og 28Vdc som styrer reléne. Dette gjøres ved å sørge for at det ikke er noen direkte baner mellom disse kretsene. Dette er vist i systemet under hvor 2 kretser av adskilt med en optokobler vist i blått. Som vi ser i figurene er kretsen til høyre utstyrt med en bryter som bryter strømmen fra og gå fra batteriet og gjennom lysdioden på inngangen av optokobleren. Med en gang bryteren lukkes vil strømmen flyte gjennom denne lysdioden og aktivere transistoren på utgangen av optokobleren slik at også kretsen her lukkes. Som vi ser er det 2 kretsene likevel adskilt noe som gjør at en kortslutning eller støy fra hovedstrømmen til relestyringen ikke vil komme over på inngangssiden til optokobleren. Dette sikrer da også inngangen og utgangene på mikrokontrolleren.



Figur 28. Illustrasjonsbilde optokoblere

9.6 Strømforsyning – med spenningsregulator LD1085



Figur 29: Strømforsyning

Tabell 4: Kravspesifikasjon

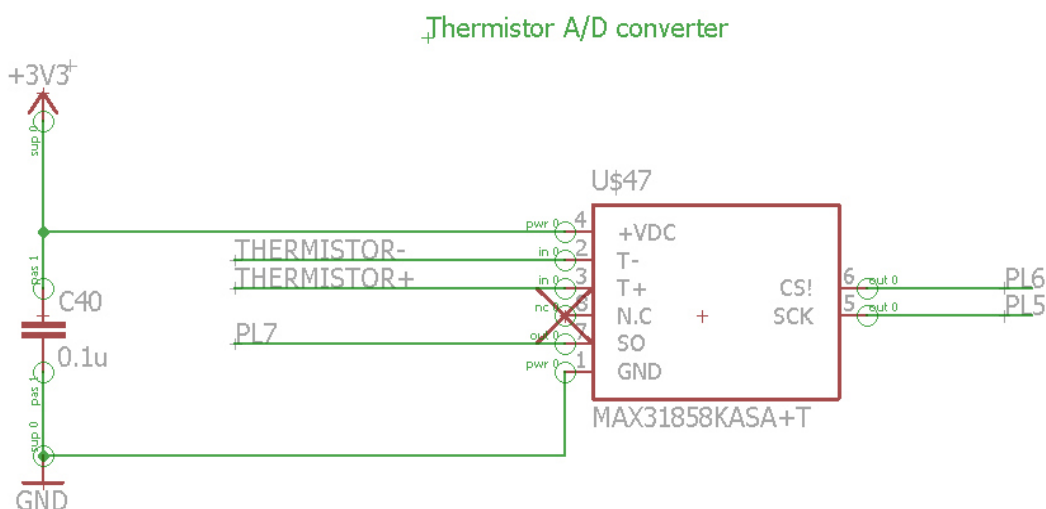
Beskrivelse	Benevnelse	Antall
Kondensator 100nF	C24	2
Kondensator 220nF	C37	2
Diode 1N5400	D19	1
Spenningsregulator LD1085V50	C37	1
Kjøleribbe SK104	KK2	1
Spenningsforsyning	VCC/2	1

På figur 29, kan man se hvordan vi har laget en egen spenningsforsyning til mikrokontrolleren, som omgjør 28Vdc ned til 5Vdc ved hjelp av en spenningsregulator LD1085V50. Kondensatorene rundt er lagt til for å få en finere overgang mellom spenningen ut og inn og fungerer derfor som filter. Dette er gjort med ved hjelp av fire kondensatorer og størrelsen er valgt i forhold til regulatorens dokumentasjon. Regulatoren er valgt slik at den tåler minst 3A strømtrekk, noe som er nok i forhold til hva mikrokontrollene og kraftelektronikken trekker av strøm. Hver mikrokontroller trekker max 800mA.

Det er også lagt til en kjøle ribbe av typen SK104, for å kjøle ned regulatoren mot overopphetning ettersom 28V DC er en høy spenning for spenningsregulatoren som maks tåler 30V DC.

Dioden som er satt i forkant av spenningsregulatoren er ment for å ikke få strøm imot den primære strømforsyningen.

9.7 Thermoelement krets



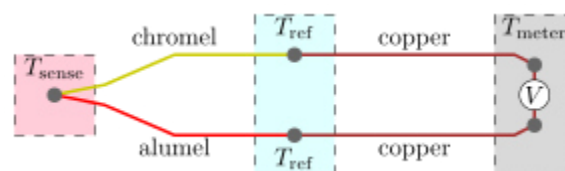
Figur 30: Termistor styringskrets

For å kunne måle omgivelses temperatur til batteriene har vi utstyrt prototypen med temperaturmålings utstyr. Dette er delt opp i hovedsakelig 2 deler. Selve thermo elementet som sitter på batteribanker og er kobler til styringselektronikken via en kabel, og en analog til digital converter som sitter på kretskortet med tilhørende krets som vist over på figur 30. Denne kretsen gjør da det analoge signalet fra thermo elementet til et digitalt signal som mikrokontrolleren kan «lese».

(Anon., 2016) Under ser vi selve termistoren med ledning i. Dette er ett såkalt type k-element. Det vi si at selve thermo elementet er bygget opp av chrom og aluminium. Denne gir en temperatur nøyaktighet på $41 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Dette betyr at for hver celsius temperaturen stiger endrer utgangen seg med $41 \mu\text{V}$. Dette gjelder innenfor målområdet -200°C to $+1350^\circ\text{C}$.

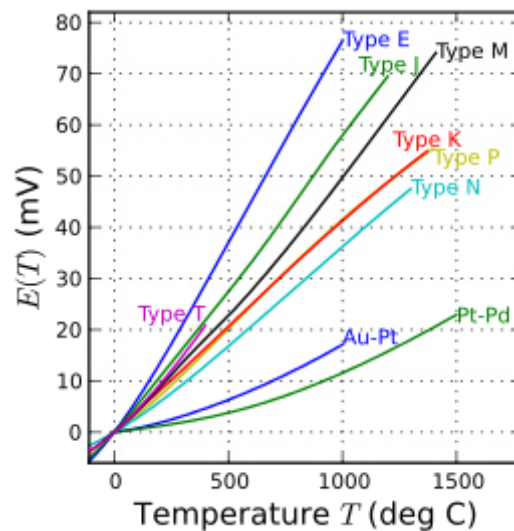


Figur 31: K-type Thermistor



Figur 32: K-type Thermistor kretssjema

Det er denne spenningsforandringen som brukes til å finne temperaturen. A/D converteren sammenligner da T_{ref} med den målte spenningen V og kalkulerer dermed T_{sense} ut fra dette. Nedfor i figur 33 ser vi forskjellige typer thermoelementer og nøyaktigheten til disse. K-element thermoelement er visst som rødt.

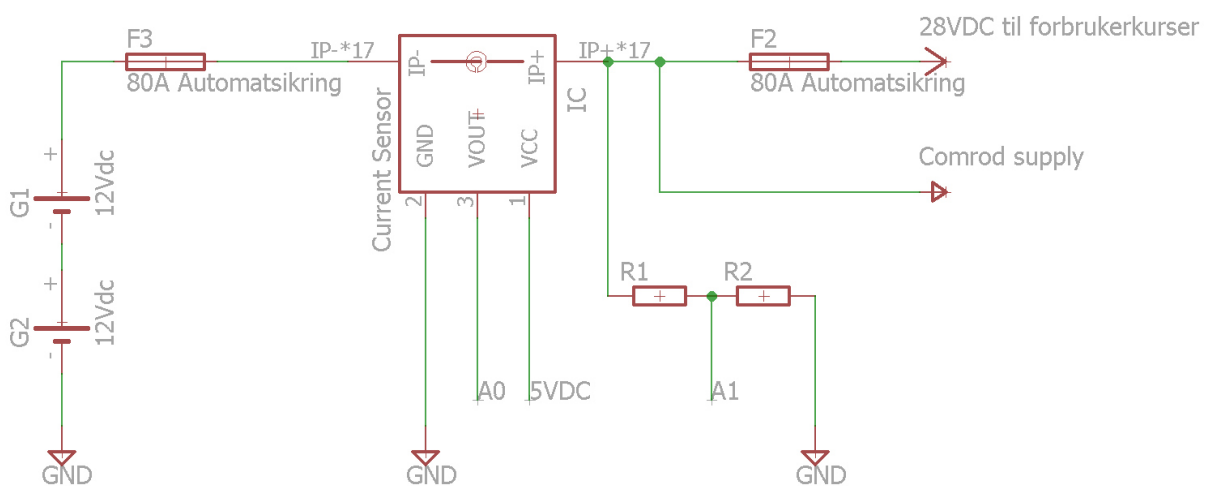


Figur 33: Karakteristisk funksjon for flere typer thermoelement.

K-elementer er brukt ettersom det er svært kokeransedyktig med tanke på pris og i tillegg gir mer en god nok temperatur nøyaktighet.

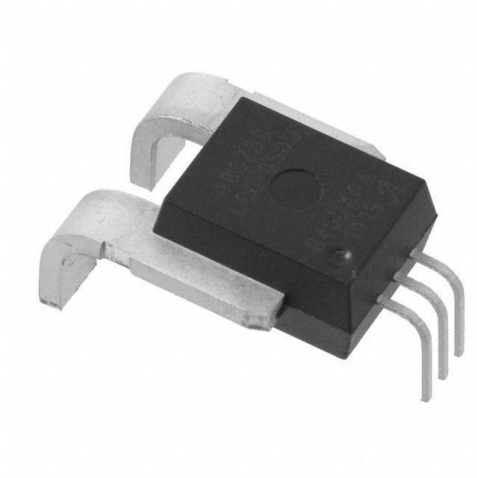
9.8 Amperemeter

For å gi operatøren en best mulig oversikt over batterienes gjenværende batterikapasitet er inngangen på batteriet overvåket med et amperemeter. Dette amperemeteret gir mikrokontrolleren et analogt signal som brukes til å tolke hvor mye batteriet lades/utlades med.



Figur 34: Kretssjema med amperemeter

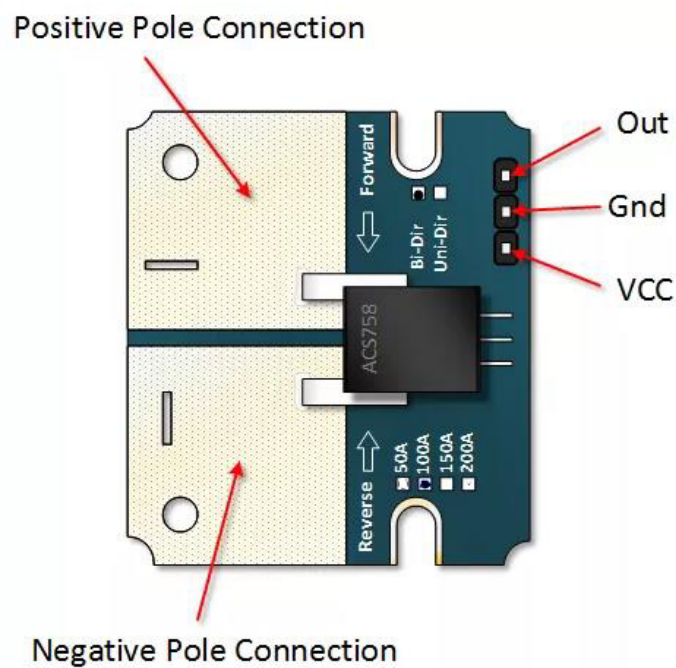
Selve amperemetret er en Allegro® ACS758 current sensor IC med et måle område helt opp til 80Amp begge veier. Dette vil si at man ved -80A strømtrekk fra batteriene til forbrukerkursene vil den analoge inngangen få inn 0V. Ved ingen strømgjennomgang, som når Comrod supplyet leverer strøm til forbrukerkursene og batteriene er fulladet, vil den analoge inngangen få inn 2,5V. Dette er fordi 0A er midt i målområdet for amperemetret som er fra -80 til +80 ampere. Ved full ladning av batteriene får dermed den analoge inngangen inn 5V.



Figur 35: ACS758 current sensor IC

Denne Ic-kretsen er montert på et frittstående kretskort. Dette kortet sitter ved sikringene i en egen koblingsboks da terminalene på kortet er uisolerte. Ettersom det i verstefall her kan passere 80A, er det her stor fare for person og materiellfare hvis dette kretskortet ikke er innkapslet.

(Henrys Bech, u.d.)



Figur 36. ACS758 montert på kretskort



De store kontaktflatene (positive/negativ connection) er perforert med masse «viaser» som kobler sammen kontaktflata på topp og bunn av kretskortet. Dette er gjort for å øke konduktiviteten slik at overflatene tåler den høye strømmen som flyter gjennom kortet. Dette gjør også at man har store flater og lodde tykke kabler som skal inn på kretskortet.

9.9 Konklusjon

Hovedtyngden av krets designet er gjort i Eagle CAD software som lar oss tegne kretsene og selve kretskort utleggene. Dette er ett tidkrevende arbeid som krever mange timer lesing og tolking av datablader for å undersøke spesifikasjonene til komponentene som skal brukes.

Vi ser oss svært fornøyd med at dette arbeide har gått så smertefritt som det har gjort da det er mange fallgruver underveis.



10 PCB design

10.1 Innledning

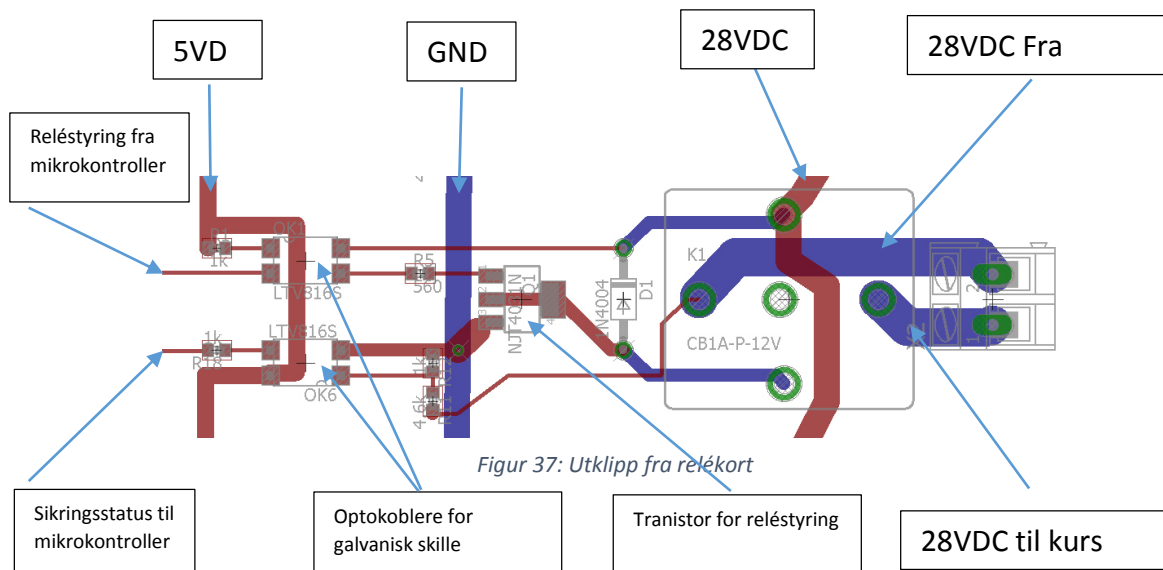
Krets tegninger og underlag i seg selv er til liten nytte uten at det blir laget til kretskort. Derfor har det blitt lagt mye energi i konstruksjon av dette. Til dette arbeidet er det brukt ikke mindre enn 3 CAD og simulasjonsprogrammer. Grunnen til dette er at hver av de forskjellige programvarene har sine fordeler og ulemper som vi har benyttet oss av. For eksempel har programmet Eagle ingen mulighet for simulering i motsetning til ISIS. Cadence Orcad har også blitt brukt til simulering av kretsene.

10.2 Relékort:

Relékortet er kjernen i systemet og består av 2x16 like kretser. Altså 16 kretser som styrer 16 reléer og 16 kretser som gir mikrokontrollen tilbakemelding og reléinngangene forsynes med 28VDC eller ikke. Altså om sikringene er av eller på.

Kortet er dimensjonert slik at det passer de innvendige festene til ett standard 19" rack. Kommunikasjonen mellom relékorte til mikrokontrolleren skjer over en standard 40pins IDC Flat Ribbon Cable slik at hele reléenheten enkelt kan byttes ut. Det sammen kan også vært enkelt relé som ikke er direkte loddet til kortet men sitter i såkalte relé støpsel.

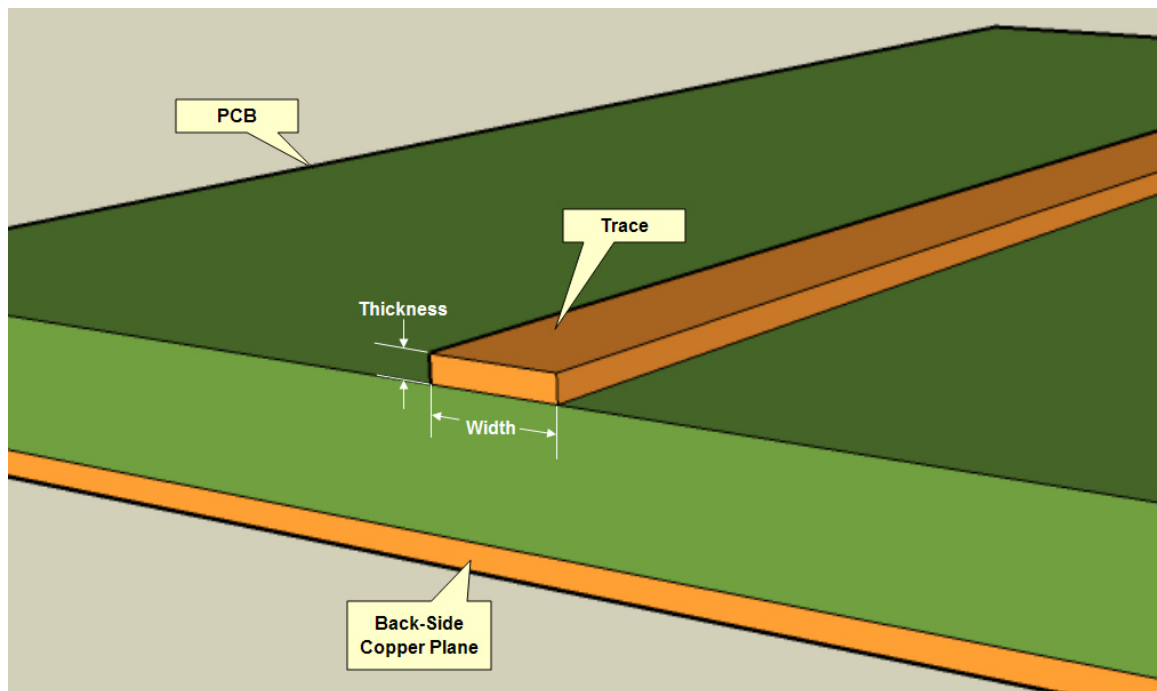
Under ser vi et utklipp fra Relékortet med forklaringer:



Relékortet er designet med tanke på EMC og høye Strømmer som skal gå gjennom kortet. Derfor er kortet designet med et galvanisk skille mellom styrestrømmen på relé kortet og styresignalene fra mikrokontrolleren.

Strømgjennomgangen gjennom kortet er også vesentlig stor. 28VDC fra sikringene kan ha et strømtrekk på så mye som 20A.

For å illustrere dette kan vi se bildet under:



Figur 38: Kretskort illustrasjon

Her ser vi kretskortet hvor man viser sammenhengen mellom strømgjennomgangskapasitet og tykkelse og bredde på kobberbanene. Tykkelsen på kobberbanene har som regel en tykkelse på 1 til 3oz/ft. Dette må defineres når man bestiller kretskortet fra PCB produsentene. Bredden defineres av tegneren av underlaget og beregnes manuelt.

Under ser vi beregningene av minimumsstørrelsen på banene for kursene på 20Amp:

Inputs:

Current	20	Amps
Thickness	3	oz/ft^2 ▼

Optional Inputs:

Temperature Rise	10	Deg C ▼
Ambient Temperature	65	Deg C ▼
Trace Length	30	mm ▼

Results for Internal Layers:

Required Trace Width	16.2	mm ▼
Resistance	0.000358	Ohms
Voltage Drop	0.00715	Volts
Power Loss	0.143	Watts

Results for External Layers in Air:

Required Trace Width	6.24	mm ▼
Resistance	0.000930	Ohms
Voltage Drop	0.0186	Volts
Power Loss	0.372	Watts

Figur 39: Utdrag av beregning av kretskort baner

Beregningene over er fra et baneberegningsprogram skrevet i Java tilgjengelig på internett (Brad, 2006).

Disse beregningene er basert på ligningene under:

Først beregnes Arealet til banene:

$$\text{Area(mils}^2\text{)} = \frac{\text{Current}}{k * (\text{TempRise}^b)^{\frac{1}{c}}} \quad (18)$$

Deretter beregnes minimums bredde for banen:

$$\text{With(mils)} = \frac{\text{Area}}{\text{thickness} * 1.378[\text{mils/oz}]} \quad (19)$$

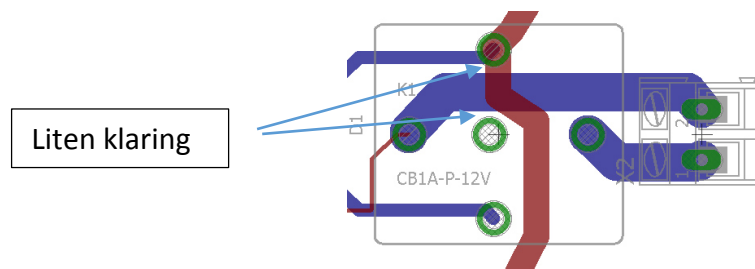
(Anon., 2003)

For innvendige baner benyttes: $k = 0.024$, $b = 0.44$, $c = 0.725$

For ytre baner benyttes: $k = 0.048$, $b = 0.44$, $c = 0.72$

Hvor k , b , and c er konstanter gitt fra IPC-2221.

Vi ser at de ytre banene for 20Amp kursene må ha en bredde på minst 6.24mm hvis tykkelsen er 3oz/ft. I Eagle PCB designer er disse banene designet med en bredde på bare 3.18mm. Grunnen for dette er at banene blir for store mellom bena til reléene vis de skulle vært breiere.



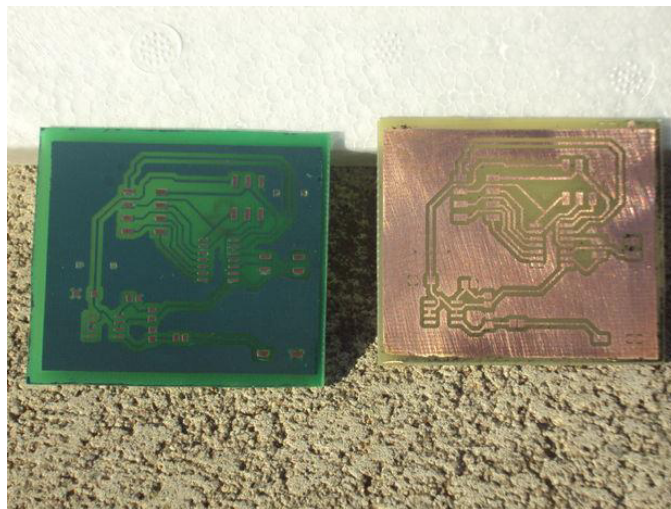
Figur 40: Utklipp relékort 2

Som løsning på dette blir banene «fylt» med lodde tin for å øke «tverrsnittet» og dermed banens konduktivitet. Altså banens evne til å lede strøm.

Ettersom selve kretskortet med baner er konstruert av en ekstern fabrikant er dette arbeidet utført av prosjektgruppen selv.

Dette er utført slik:

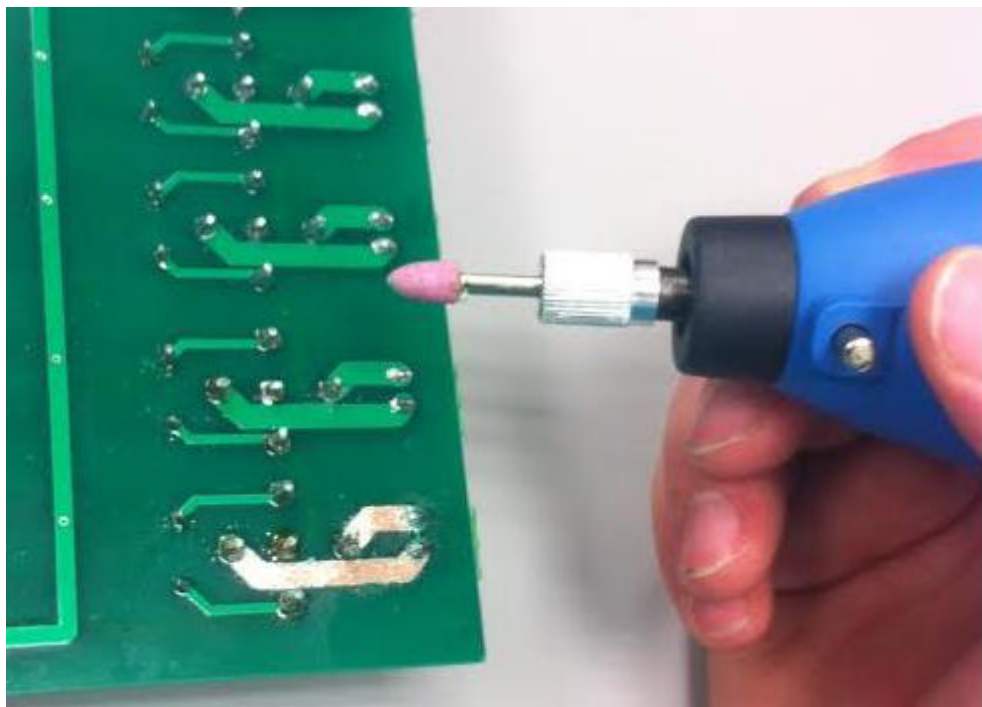
Først må «soldermasken» som ligger over banen som en beskyttende hinne fjernes. Dette kan gjøres kjemisk eller mekanisk. Under ser vi 2 kretskort, det til høyre er med soldermasken intakt og det andre er soldermasken fjernet med mekanisk pussing.



Figur 41: Kretskort eksempler

Denne jobben er presisjonsarbeid som krever høy grad av innsikt og forsiktighet. For mye pussing vil nemlig kunne skade selve banen noe som kan føre til brudd eller svakheter i banene.

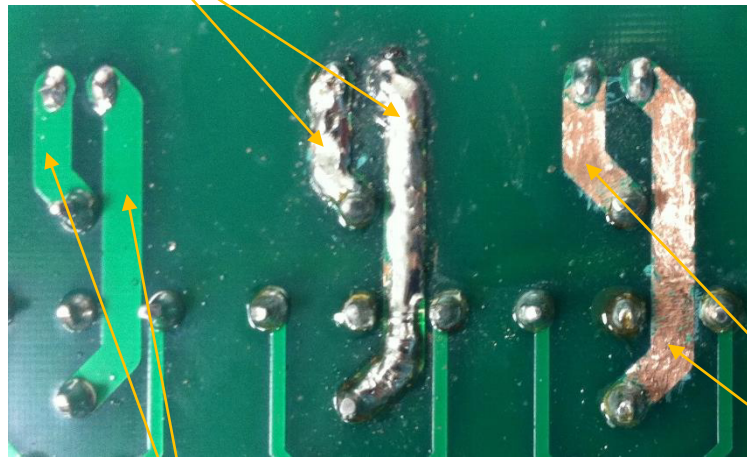
Til dette arbeidet er det benyttet dremel multislippeverktøy som vist på bildet under:



Figur 42: Eksempel på hvordan man sliper bort soldermask

Når banen er fri for soldermask kan banene mettes med lodde tinn som vist i midten av figur 43.

Baner mettet med lodde tinn



Figur 43: Kretskort mettet med lodde tinn

Ubehandlede baner

Soldermask fjernet fra baner

Som vi ser fra bildet over blir banene med lodde tinn mye tykkere en selve banen og leder derfor mye bedre. Etter at banene er mettet kan banene igjen dekkes med en solder mask for å opprettholde den beskyttende hinne.

10.3 Strømforsyningskrets

Strømforsyningskortet er ett av 3 kort som utgjør Styringselektronikken.

Styringselektronikken er nemlig en pakke som består av 3 kretskort som er festet sammen med pin-connectorene og innfestnings hull. De 3 kortene er altså koblet sammen via disse connectorene. Disse connectorene sitter i sidene på alle 3 kortene som visst på figuren 44.

Strømforsyningskortet har som hovedjobb og distribuere 5Vdc til alt av styringselektronikk. Dette blir gjort med en spenningsregulator av typen LD1085V50. Disse spenningsregulatoren har følgende maksimumsverdier:

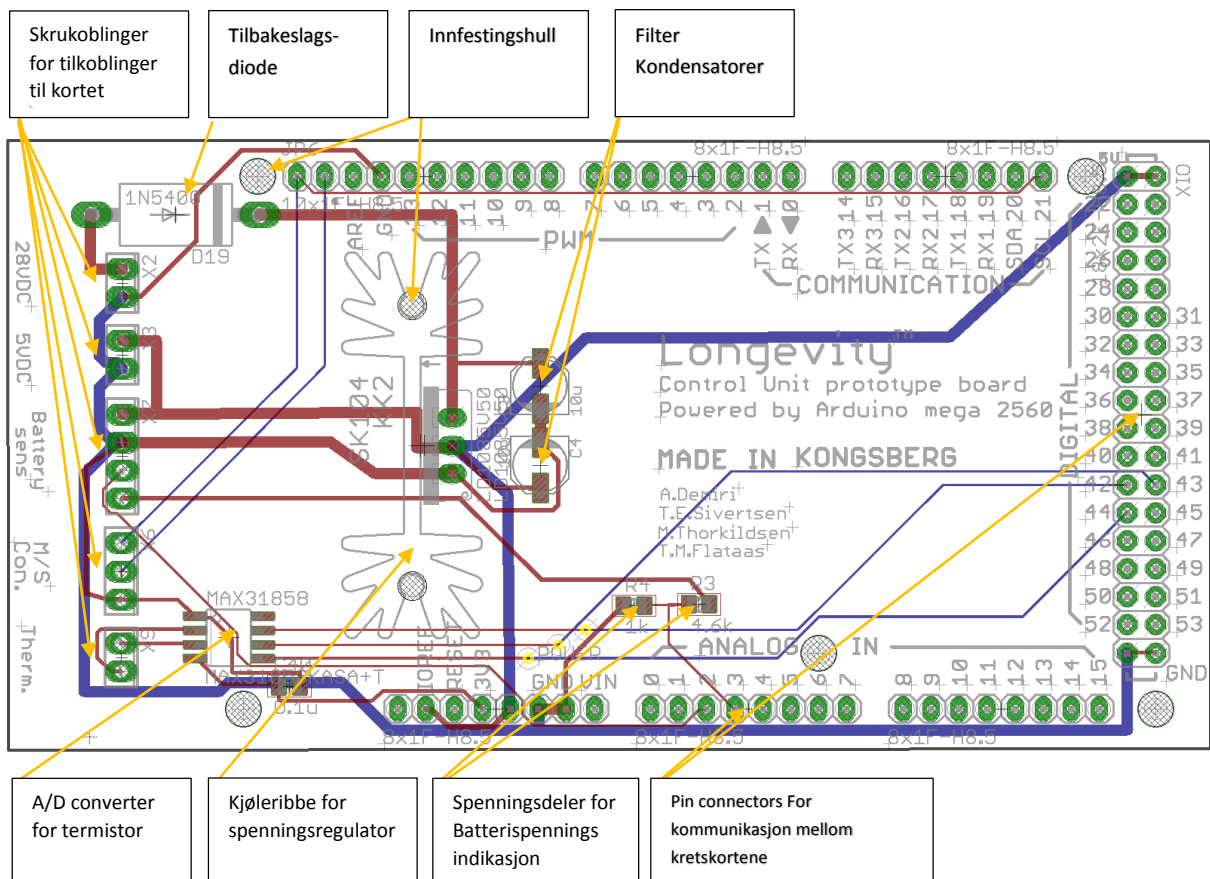
(ST, 2013)

Tabell 5: Maksimumsverdier for spenningsregulatoren

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_I	DC input voltage	30	V
I_O	Output current	Internally limited	mA
P_D	Power dissipation	Internally limited	mW
T_{STG}	Storage temperature range	-55 to +150	°C
T_{OP}	Operating junction temperature range	-40 to +125	°C

Ved første øyekast ser vi at disse verdiene er innenfor vår kravspesifikasjon. Dc input voltage er satt til 30Vdc, mens den i systemet i dette prosjektet vil forsynes med 28vdc.

Spenningsregulatoren tåler også høye temperaturer opp til 125°C. Systemet ble derfor designet med denne spenningsregulator.



Figur 44. Strømforsyningskort

10.3.1 Beregning av størrelse på nødvendighet og størrelse på kjøleribbe:

I designfasen ble som sakt systemet dimensjonert med vanlige spenningsregulator av typen LD1085V50. Kretskortene er derfor tegnet med disse. Vi har her redegjort for problemer som oppstår ved bruk av denne.

Lest fra databladet til spenningsregulatoren så vi at maksimum inngangsspenning var 30Vdc. Ettersom utgangsspenningen fra disse er 5Vdc må da spenningsregulatoren kvitte seg med 23Vdc ved maks spenning. Enkelt forklart «brenner» spenningsregulatoren dette overskuddet til varme. Under skal vi se på hva dette betyr for systemet i praksis.

(VIS, 2010)

Vi ser først på parameterne gitt fra produsentene av disse spenningsregulatorene hvor dyktig spenningsregulatoren kvitter seg med varmegang.

(ST, 2013)

Tabell 6: Temperatur koeffisienter

Symbol	Parameter	TO-220	TO-220FP	D ² PAK D ² PAK/A	Unit
R_{thJC}	Thermal resistance junction-case	3	5	3	°C/W
R_{thJA}	Thermal resistance junction-ambient	50	60	62.5	°C/W

$$\theta_{Ja} = 50^{\circ}\text{C}/\text{W} \quad (20)$$

$$\theta_{Jc} = 3^{\circ}\text{C}/\text{W} \quad (21)$$

Hvor:

θ_{Jc} =Junction-to-case thermal resistance

θ_{Ja} =Junction-to-ambient thermal resistance

Disse verdiene forteller altså hvor dyktig spenningsregulatoren kvitter seg med varme.

Først beregner vi hvor mye varmeeffekt som må brennes vekk:

Formel for varmeeffekt P_D = Power Dissipation:

$$P_D = (V_{in} - V_{out}) * I_{out} \quad (22)$$

$$P_D = (28V_{dc} - 5V_{dc}) * 1,6A \quad (23)$$

$$P_D = 36,8W \quad (24)$$

Hver mikrokontroller trekker maks 800mA hver. Derfor er strømtrekket satt til 1,6A. Ved fullt strømtrekk på 3A vil man måtte brenne vekk svimlende 69W!

Deretter beregnes den totale junction til omgivelser temperatur resistansen.

Kalkulasjon av total junction-to-ambient thermal resistance:

$$\theta_{Ja(total)} = \frac{T_j - T_a}{P_D} \quad (25)$$

Hvor:

$\theta_{Ja(total)}$ = Total junction-to-ambient thermal resistance

T_j = Max junction Temperature

T_a = Ambient Temperature

$$\theta_{Ja(total)} = \frac{125 - 65}{36,8W} \quad (26)$$

$$\theta_{Ja(total)} = 1,6^{\circ}\text{C}/W \quad (27)$$

Som kjent fra databladet er «Max junction Temperature» 125°C mens omgivelses temperatur er satt til 65°C fra kravspesifikasjonen.

Vi får da en $\theta_{Ja(total)} = 1,6^{\circ}\text{C}/W$. Dette er et veldig lite tall som indikerer at det spenningsregulatoren blir overopphetet.

Kravet for at vi kan kjøle spenningsregulatoren med en kjøle ribbe blir heller ikke tilfredsstillt:

$$\theta_{Jc} \leq \theta_{Ja(total)} \leq \theta_{Ja} \quad (28)$$

Systemet må dermed forsynes med en annen spenningsregulator ettersom LD1085V50 blir for varm etter disse kalkulasjonen og dømme.

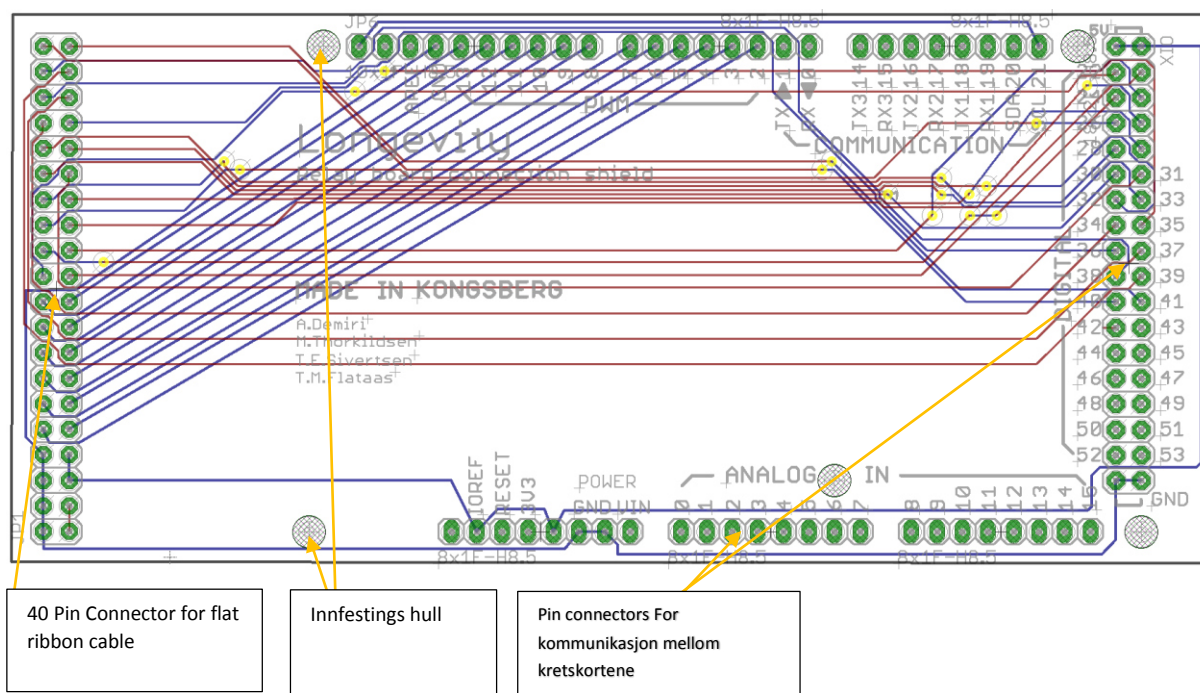
10.3.2 Valg av spenningsregulator

På grunn av utfordringene beskrevet over har vi valg og bruke en spenningsforsyning med annen topologi. Valget har falt på en «Dc/Dc converter» av typen «synchronous switching regulator». Denne tåler en omgivelsestemperatur på 70°C ved fullt strømtrekk uten problemer da denne typen spenningsregulator ikke trenger og «brenne» vekk overflødig spenning.

10.4 Relay board communication shield.

«Relay board communication shield» er kretskortet som sitter i midten av styringselektronikken og binder sammen strømforsyningskortet og Arduino mega 2560 kretskortet i bunnen. Kretskortet er litt lengre enn de to andre for at ikke 40 pin connectoren skal kollidere i de to andre kretskortene.

Hovedoppgaven til dette kretskortet er å linke inngangen og utgangene fra Arduino mega 2560 kretskortet i bunnen til 40 pin connectoren slik at man får all kommunikasjon over en kabel.

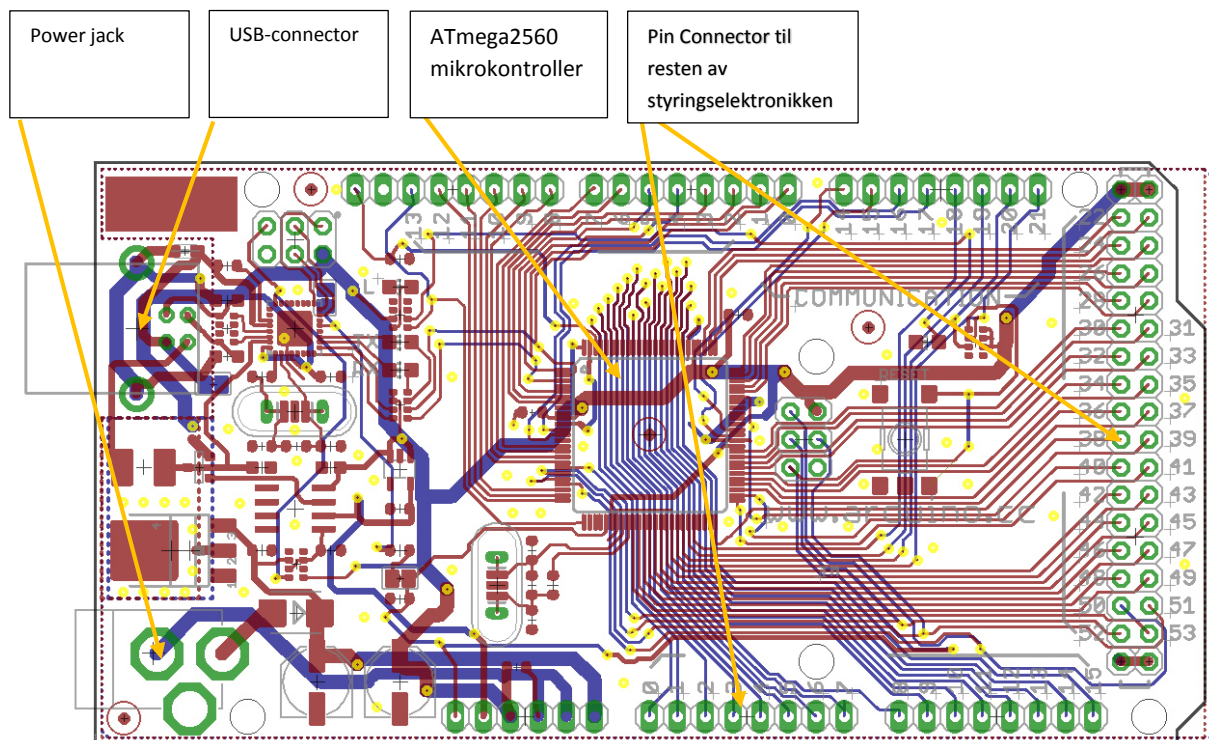


Figur 45: Arduino Mega 2560 kretskort

10.5 Arduino 2560 Mega R3

(Arduino, u.d.)

I bunnen av styringselektronikken sitter Arduino 2560 Mega R3 kortet. Dette er et utviklet kretskort basert på mikrokontrolleren ATmega1280. Grunnen for at prosjektgruppen har valgt å bruke ett eksisterende kretskort er for å spare tid og ressurs på utviklingen av dette.



Figur 46: Arduino Mega R3

Kortet er i hovedsak delt opp i 3 «regioner»:

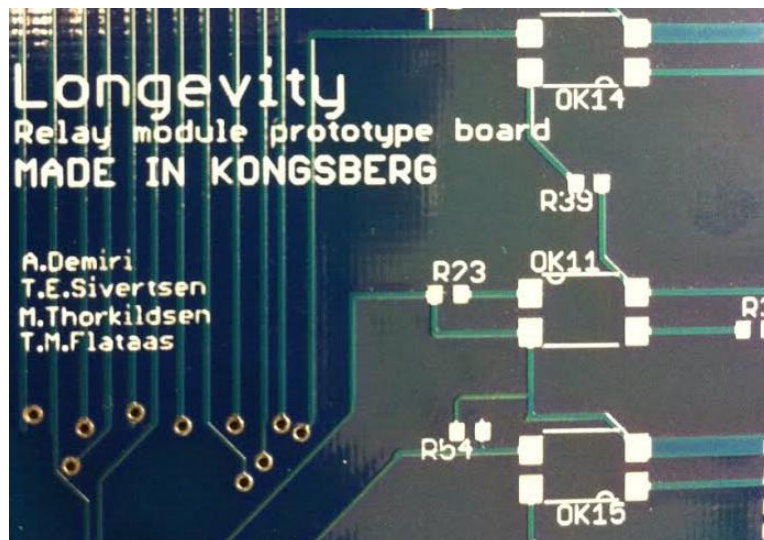
Ved USB inntaket har vi selve USB til seriell kommunikasjon kretsen som gjør at man kan snakke med mikrokontrolleren gjennom usben. Denne kretsen er basert på Atmel's ATMEGA8U2. Denne microchipen har også installert Atmel's DFU bootloader som gjør at man kan laste opp kode til selve mikrokontrolleren.

Regionen rundt Dc power Jack inngangen er kortets interne kraftelektronikk. Her kan kortet forsynes med likespenning mellom 7-12V for å drifte kortet.

Resterende av kortet er koblinger opp mot mikrokontrollerens innganger og utganger pluss noen spesialinnganger og utganger.

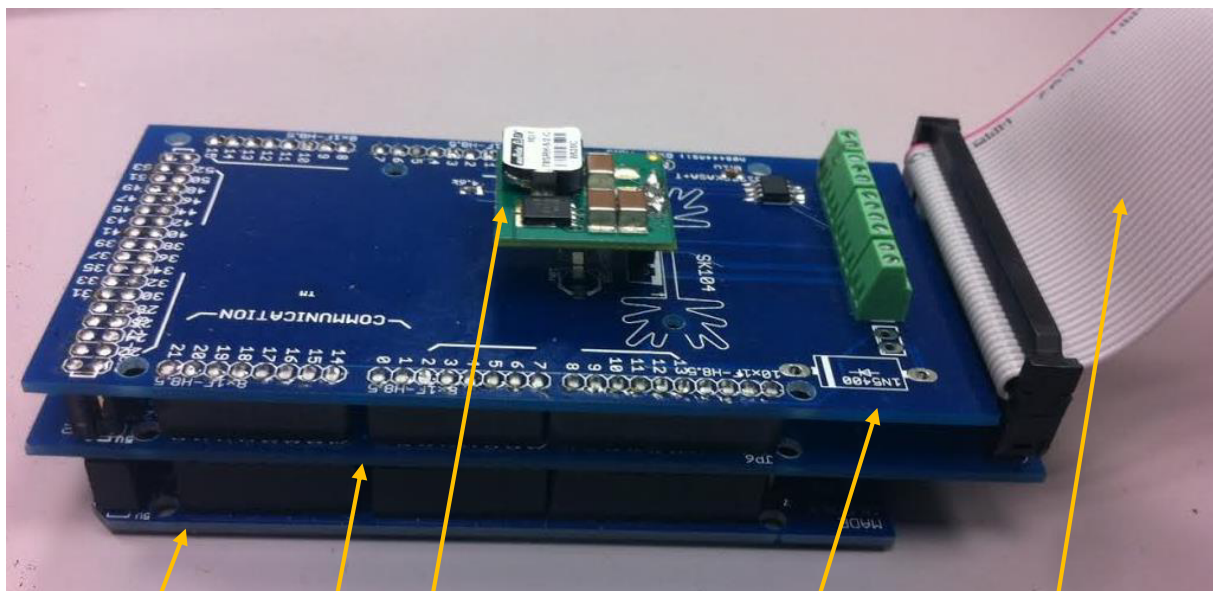
10.6 Ferdig stilling av kretskort

Selve PCB kortene blir er bestilt og laget i Kina og kommer til Norge uten komponenter. Selve komponentene er blitt bestilt fra USA.



Figur 47. Utklipp fra Relékortet

I figur 47 ser vi ett utklipp fra relékorte fra fabrikk. Neste steg er dermed å lodde på komponentene for hånd. Dette er ett krevende arbeid da mange av komponentene er 1,5x2mm store.



Figur 48: Styringselektronikk assembly

Arduino mega 2560	Relay board Communication shield	Dc/Dc converter	Strømforsyning skort	40-pin GIPO kabel til relékortet
-------------------	----------------------------------	-----------------	----------------------	----------------------------------



Over i figur 48 ser vi styringselektronikken sammensatt av Dc/Dc converteren som sitter på strømforsyningskortet, Relay board Communication shieldet, og selve mikrokontrolleren som sitter på arduino mega 2560 kortet i bunnen.

10.7 Konklusjon PCB design

Prosessen rundt PCB design har vært en svært lærerik affære for prosjektgruppen. Veien fra startgropa med en ide fra bruker og oppdragsgiver til konseptutvikling og prototyp har vært svært givende og lærerikt. Den største utfordringen i dette arbeide har vært og planlegge dette arbeidet uten noe spesiell bakgrunnskunnskap innen verken kretsdesign og CAD verktøy.

En annen utfordring har vært og beregne og designe disse kretsene på så kort tid. Leveringstiden på kretskort gjorde at vi måtte kutte ned tiden på test og utvikling før bestilling av kretskort. Dette ga rom for en del feil i PCB designet. Ett eksempel på dette har vi sett i kraftforsyningselektronikken hvor systemet ble designet med en spenningsregulator som ikke tålte den høye inngangsspenningen. Selv om dette er en feil som er lett og rette opp i burde det i utgangspunktet ikke ha skjedd. Læringen av dette har vært at selv den mest banale utviklings jobb tar tid. Dette har vist seg både på software og hardware siden. Det samme gjelder dokumentasjonen som følger med.

Når dette er sakt er vi svært fornøyd med resultatet på kretskortene vi selv har designet da de i aller høyeste grad levde opp til standarden vi satte oss tidlig i prosjektet og gir oss den funksjonaliteten vi ønsker i en prototype. Vi er også veldig fornøyd med kvaliteten på kretskortene som ble bygget for oss.



11 Batteriovervåkning

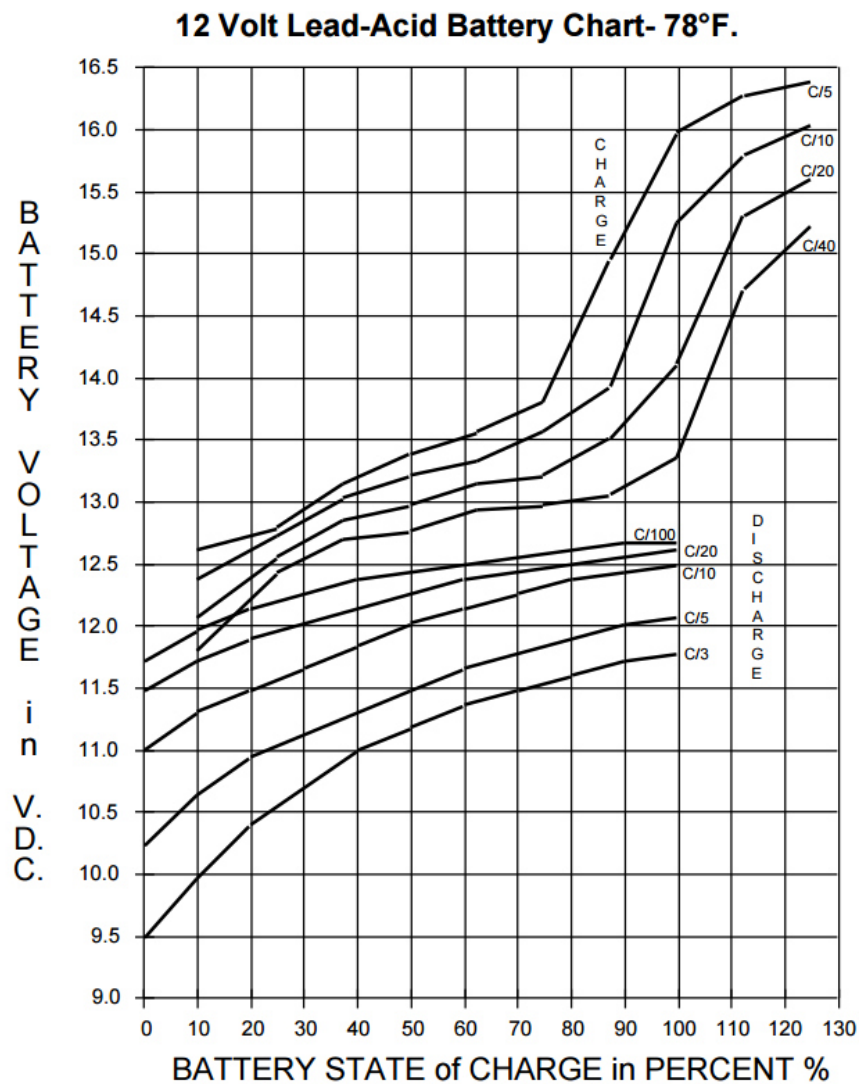
11.1 Innledning

Mikrokontrolleren er avhengig av en rekke verktøy og Software kode for å kunne beregne riktig gjenværende batterikapasitet. Denne batterikapasiteten blir videre brukt når styringselektronikken skal til og prioritere hvilke kurser som skal ha strøm og ikke.

11.2 Batterikapasitet, batterispenning og strømgjennomgang.

Batterispenningen over batteribanken påvirkes av tre faktorer: ladning, strømgjennomgang og elektrolyttens temperatur. Prosentvis ladning er verdien vi er på jakt etter, så det er strøm og temperatur faktorene som må brukes i kalkulasjon av batteriets gjenværende ladning også kalt state of charge eller bare SOC. Her regnes strømmen som hastigheten av elektronstrømmen gjennom batteriet forårsaket av enten ladning eller utladning. Hver elektrokjemisk celle har en intern motstand. Når strømmen beveger seg gjennom cellen, forandrer cellens spenning på grunn av denne interne celle motstanden. Når cellen blir ladet, gjør strømgjennomgangen at cellens spenning stiger. Jo høyere lade strøm jo høyere stiger spenningen. Når cellen utlades, gjør utladings strøm at cellens spenning synker. Jo høyere utladningsstrømmen, jo større er batteriets slitasje. Dette gjelder for alle elektrokjemiske celler, uavhengig av type, størrelse eller miljø. Selv om absoluttverdiene varierer mellom forskjellige sure og alkaliske teknologier, er forholdet mellom strømmen og cellespenningen konstant.

Disse batteriegenskapene er hva vi bruker for å beregne gjenværende batterikapasitet: SOC. Som vi ser i figuren under må vi ta høyde for ladningen eller utladningen når vi beregner SOC utfra batterispenningen. Mengden av utladningen eller ladning er oppgitt med c-klassifiseringen som er et forholdstall mellom mengden Amperetimer til batteriene og mengden ladning eller utladning. C-klassifiseringen kommer av Charles-Augustin de Coulomb's C-Rate for Batterier.



Figur 49: State of Charge kurver

(Perez, 1993)

Ladning og utladings grad av et batteri er avhengig av det som kalles c-klassifiseringen til batteriet. Kapasiteten til et batteri er normalt gitt ved klassifiseringen C-1. Det vil si at ett batteri som er oppgitt med kapasiteten 1Ah skal kunne gi 1A i en time. Hvis det sammen batteriet blir utladet med 0.5C, skal batteriet levere 500mA i 2 timer. Batteriet skal også kunne levere 2C, som blir 2A i løpet av 30min. Tap ved høye utladings strømmer reduserer utladingstiden og disse tapene påvirker også ladetiden.

Ut i fra dette kan vi lage en tabell som softwaren i koden bruker til å beregne batteribakkens SOC. I tabellen under ser vi den måle batterispenningen som verdier opp mot ladning/utlading og SOC. Ladningen eller utladingen blir som kjent målt med amperemeteret når batteriene verken lades eller utlades som når for eksempel batteriene er full ladet og forbrukerkursene forsynes med Comrod forsyningen vil beregningen blir gjort med verdiene i kolonnen «at rest», som er hvile spenningen.

SoC	-C/3	-C/5	-C/10	-C/20	-C/100	at rest	+C/40	+C/20	+C/10	+C/5
0%	19,00	20,40	21,98	22,92	23,00	23,20				
10%	19,90	21,20	22,54	23,20	23,36	23,40	23,40	24,16	24,76	25,20
20%	20,76	21,82	23,00	23,70	23,78	23,80	23,80	24,50	25,20	25,50
30%	21,44	22,24	23,36	24,12	24,16	24,20	25,10	25,10	25,60	25,90
40%	21,76	22,66	23,76	24,42	24,48	24,50	25,40	25,70	25,70	26,40
50%	22,30	23,10	24,00	24,66	24,56	24,60	25,60	26,10	26,40	26,70
60%	22,70	23,30	24,22	24,90	24,78	24,80	25,80	26,30	26,60	27,04
70%	23,00	23,60	24,50	25,00	24,98	25,00	25,90	26,40	26,80	27,40
80%	23,20	23,80	24,70	25,10	25,14	25,16	26,00	26,60	27,30	28,00
90%	23,30	24,90	25,00	25,16	25,18	25,20	26,30	27,20	28,20	30,40
100%	23,40	24,16	25,00	25,20	25,24	25,26	27,00	28,40	30,40	31,80

Merk at disse verdiene er gjeldene for 20°C ved batteriene. Ved andre temperaturer korrigerer prototypens software disse verdiene med $-0.0235 \frac{V}{^{\circ}C}$. Dette er en faktor som er gitt fra (Anon., 2012).

11.3 Konklusjon - Batteriovervåkning

I utgangspunktet ønsket vi å bruke en mer nøyaktig metode for batteri overvåkning, da dette systemet gir mulighet for støy problematikk og unøyaktigheter. Dette systemet tar ikke direkte hensyn til batteriets tilstand men tolker egentlig bare utfra spenningsverdien til batteripakken og strømgjennomgangen.

Vårt ønske fra starten var å implementere en ferdig utviklet såkalt «fuel gauge» IC inn i systemet vårt beregnet for denne type batteribanker. Dessverre fantes ikke en IC som passet vårt behov og vi så oss dermed nødt til å velge en annen enklere teknologi vi selv kunne utvikle uten å ofre alt for mye tid.

12 Elektromagnetisk kompatibilitet

12.1 Innledning

(Andersen, 2016) EMC, eller elektromagnetisk kapabilitet er elektriske apparater og utstyrs evne til å funksjonere tilfredsstillende i sitt elektromagnetiske miljø, uten å påføre annet elektrisk utstyr i dette miljøet uakseptable forstyrrelser. Gjennom vårt arbeid i dette prosjektet har vi fått jobbe mye med dette emnet. Da vi først fikk brukerkravene fra oppdragsgiver forsto vi raskt at dette var en utfordring vi underveis i prosjektet måtte ta høyde for.

Graden av elektromagnetisk kompatibilitet består av to hovedkomponenter, immunitet og emisjon. Immuniteten er utstyrets evne til å motstå elektriske forstyrrelser fra annet utstyr eller støy kilder. Dette kan for eksempel være ledningsbundet støy via nettleddninger og signalkabler, eller elektromagnetiske bølger som kommer utenfra. Emisjon, eller utstråling, vil si i hvilken grad apparatet sender ut støy via tilkoblede ledninger og i form av elektromagnetiske bølger. Når vi her snakker om høy grad av elektromagnetisk kompatibilitet vil si høy immunitet og lav emisjon.

En utfordring under produktutviklingen har vært og ta høyde for alle parameterne og variablene som omhandler og påvirker produktets EMC. Her har vi redegjort for hvilke metoder, verktøy og vurderinger vi har brukt og gjort for å sikre høy grad av EMC.



12.2 Kartlegging av omfang

I starten av prosjektet kartla vi hvilke støykilder og utfordringer vi mest sannsynlig ville komme utenfor. Her undersøkte vi blant annet forsyningsspenningen til enheten vår.

12.3 Ytre faktorer

Forsyningsspenningen blir gitt fra en Comrod Compact 2400 som forsyner enheten vår med en «ren» 28VDC. Compact en er laget etter strenge standarder og kan anses som utstyr med høy grad av EMC. Vi har derfor ikke ansett denne som en utfordrende støykilde i vår analyse.

12.4 Indre faktorer

Inne i selve enheten er det flere faktorer som påvirker enhetens EMC. Her er det i hovedsak 2 utfordringer:

- Støy fra Reléene
- Støy fra hovedstrøm gjennom kabling

I tillegg er det til sammen 4 kretser som er blitt laget i konstruksjons-fasen:

1. Kraftelektronikk krets med releene
2. Kraftforsynings krets til mikrokontrollere og styring elektronikk
3. Modulbasert styringselektronikk
4. Selvstendig styringselektronikk

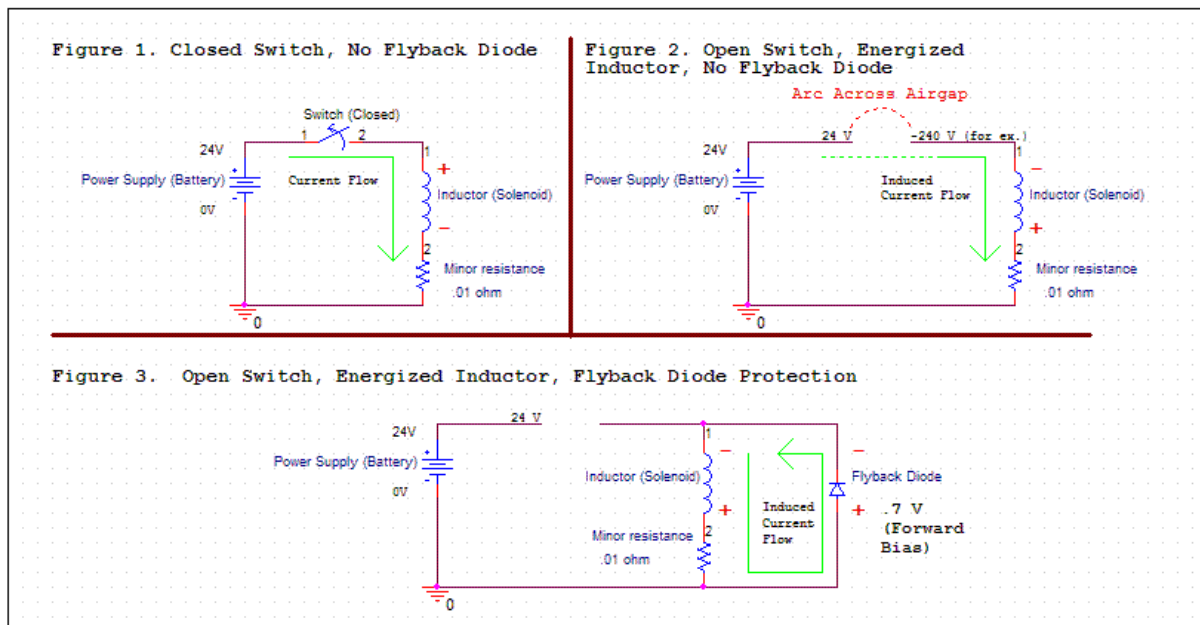
Alle disse er laget med hensyn på å skape mest mulig immunitet og minst mulig emisjon. Vi har altså tatt høyde for at også selve kretskortene kan skape en del støy i tillegg til også å være sensitiv for støy. I våres produkt gjelder dette spesielt emisjon fra kraftelektronikken med alle releene. Det er også innført tiltak på de andre kretskort i forhold til å øke immuniteten.

12.4.1 Kraftelektronikk krets med releer - Støy fra releene

Reléene har som oppgave å slå av og på strømmen til de forskjellige forbrukerkursene. Idet strømmen lukkes eller brytes oppstår det derfor støy. Denne støyen dempes av selve rele huset som vil fungere som en kapsling mot støyen. Det skal også nevnes at enheten ikke er beregnet for at releene skal slå av og på ofte slik at det ikke blir et stort antall åpne/lukke

sykluser under operasjon av enheten. Vi har derfor valgt og se bort fra støydempende tiltak omhandlende hypping «relé klikking»

Reléenes spoler er også med på å produsere uønsket støy. For å motvirke noe av støyen fra reléene har vi plassert inn en friløpsdiode for å motvirke støyen som oppstår når spolen i reléene utlades. For å beskrive hvordan støyen her oppstår kan vi se på figuren under:



Figur 50: Krets med og uten friløpsdiode

I figur 1 og 2 i figur 50 ser vi en enkelt krets som inneholder en spenningskilde, en bryter (i vår krets representert som en transistor) og reléets spole. Denne kretsen har dermed 2 tilstander, altså når transistoren er lukket og når den er åpen. I den første tilstanden, har bryteren vært stengt over lengre tid slik at spolen har blitt fullt «oppladet» og oppfører seg som om det var en kortslutning. Strømmen flyter altså fra pluss polen på batteriet og gjennom transistoren og spolen (figur 1). Når dermed bryteren åpner slik at vi får et brudd i kretsen vil spolen forsøke å motstå det plutselige spenningsfallet ved hjelp av det opplagrede elektromagnetiske feltet som oppstår rundt spolen. Dermed skaper spolen sin egen spenning som fungerer som et ekstremt stort negativt potensial der det en gang var positivt potensial, og et positivt potensial opprettes hvor det var et negativt potensial.

Bryteren som nå er åpen vil ha det samme spenningspotensialet som over batteriet, men det er likevel i kontakt med spolen som nå trekker ned med en negativ spenning. Siden kretsen nå er åpen er det ingen fysisk forbindelse slik at strømmen kan å flyte gjennom kretsen, dermed kan den store potensialforskjellen forårsake en lysbue over den åpne bryter (eller i PN overgangen i transistoren). Dette er uønsket av de grunner som er nevnt ovenfor, og må forhindres.

12.4.2 Kraftforsynings krets til Mikrokontrollere og styring elektronikk

Kraftforsyningen til mikrokontrolleren er basert på en 3A «low drop positive voltage» regulator av typen LD1085 hvor inngangen og utgangen på spenningsregulatoren er koblet til 2 kondensatorer.

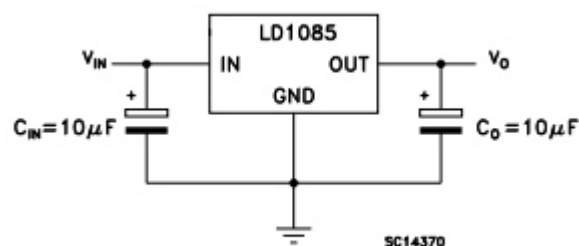
Spenningsregulatorer kan forårsake både utslipp i form av emisjon og immunitet. Emisjonen er som regel et resultat av oscillerende forstyrrelser, og mottakelighet er et resultat av RFI (radiofrekvensinterferens.)

De oscillerende forstyrrelsene kan komme på grunn av høy frekvens fra utgangen til inngangen. Kriteriene for at slike forstyrrelser skal forekomme er at man får et 180 graders faseskift fra utgang til inngang, og at man har større «gain» enn på «feedback» frekvensen.

Det andre problemet skyldes RFI. Selv en liten signalfeil i form av AC/DC spenning til riktig node i kretsen kan gi kritiske feil for regulatoren. Dette kan igjen gi kritiske følgefeil i resten av systemet.

Disse problemene utarter seg ofte i frekvens området 100MHz da dette frekvens området får både kretskort og baner til å fungere som habile antenner. Dette gjelder spesielt uskjermede kretskort som ikke ligger i kabinetter.

Heldigvis er begge problemer lett å forhindre. Små høyfrekvente kondensatorer plassert rett over komponentenes innganger og utganger vil "kortslutte" begge problemene.



Figur 51: Kraftforsyningen

12.5 Modulbasert styringselektronikk

Den modulbaserte styrings elektronikk en er bygget opp av 3 kretskort. 2 av kretskortene har vi designet selv, mens det siste er et eksisterende kretskort som allerede finnes på markedet. Styringsmodulen vil da bli sittende oppå det eksisterende kretskortet som et såkalt «shield».

12.5.1 Styrings elektronikkens resistens mot støy

Styringselektronikken i seg selv burde ikke skape mye støy da det ikke inneholder støyende elementer. Kortet inneholder dog komponenter som bør skjermes best mulig. En slik komponent er Cold-Junction Compensated Thermocouple-to-Digital Converteren av typen MAX31855. Denne er brukt i forbindelse med temperaturmålinger over batteribanken.

På grunn av at signalnivået her er såpass lavt, er Thermo elementets temperaturmålinger utsatt for støy. For å minske effekten av støy er det blitt plassert en 0.1 μ F keramisk bypass kondensator nær VCC pinnen til enheten og til GND.

Ettersom inngangsforsterker er en støysvak forsterker konstruert for å muliggjøre høy presisjon av temperaturmåling er det også viktig å holde Thermo elementet borte fra elektrisk støykilder. Vi ønsker derfor å legge en 10nF keramisk kondensator lagt på tvers av T + og T- pinner, for å filtrere ut støy fra Thermo elementets ledninger ved bygging av en eventuelt ny prototype.

12.5.2 Støy fra hovedstrøm gjennom kabling

Prototypen vi bygger inneholder mange kabelstrekk. Spesielt mellom reléene i bakkant og sikringene i front av enheten. Disse kablene må i EMC øyemed betraktes som antenner. Disse «antennene» som kan føre opptil 20A, har vi betraktet som den største EMC utfordringen da disse kan skape mye emisjon.

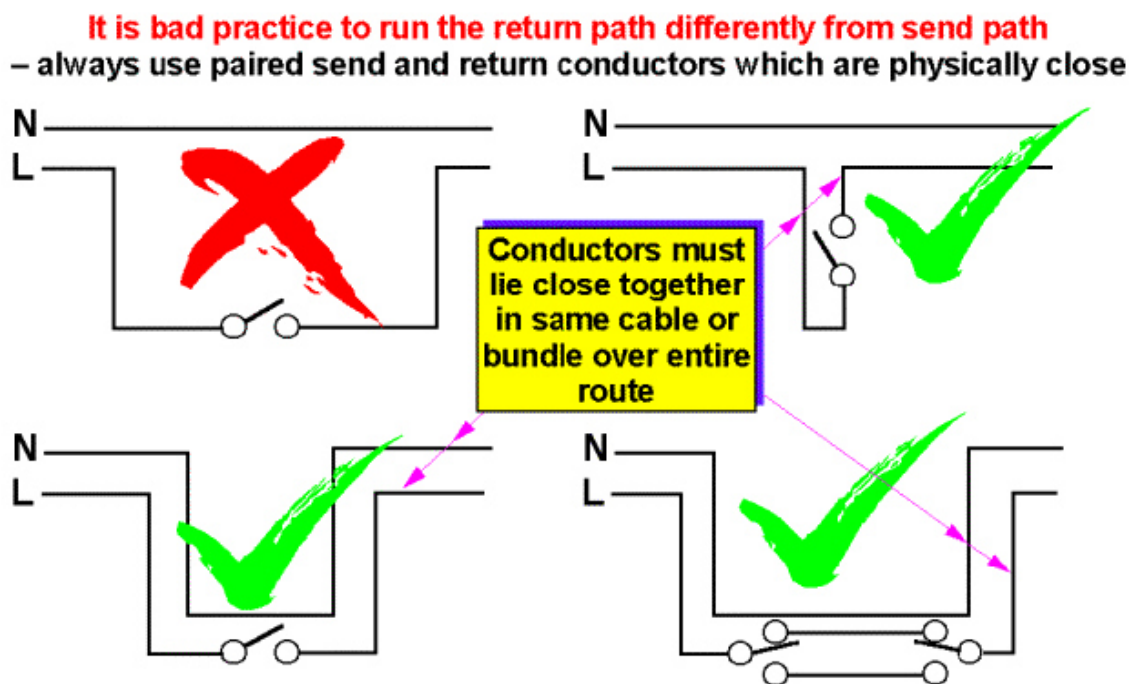
Vi har dermed sett på flere tiltak for å motvirke denne strålingen fra kablene.

- Dele kablene i hvem som er støy sensitiv og hvilke som skaper mye støy
- Føre de forskjellige kabeltypene separert for seg
- Føre kablene i nærheten av støydempende strukturer inne i enheten
- Tilfredsstillende jording av alt utstyr.

Det mest naturlige å starte med var å se på forskjellige måter vi kan legge kablene i enheten for å minske emisjonen:

Vi har derfor sett for oss bruk av kabelkanaler hvor vi samler alle kraftførende leder i stripsede bunter. Når vi samler alle kablene i bunter vil dette redusere emisjon mens kabelkanalene de ligger i vil virke skjermende for den resterende emisjon som oppstår.

Vi ønsker også å legge jordlederne så tett som mulig opp mot fasene for også å minske støyen fra kablene som vist under:



Figur 52: Hvordan minske støy



12.6 Konklusjon

EMC er et svært vanskelig fagfelt å forholde seg til innen elektronikk. Derfor kan man ikke være sikker på enhetens EMC før den blir tilstrekkelig testet, noe som igjen krever godkjent testutstyr, kompetanse og ressurser. Dette er derfor noe som ikke er vesentlig vektlagt i prosjekteringen. Likevel har vi forholdt oss til de retningslinjer og tips som omhandler begrensning av støy og øking av immunitet for enheten og er fornøyd med dette arbeidet.



13 Software

13.1 Innledning til software

Dette kapitlet tar for seg programmeringen av enheten og hva slags funksjoner som er blitt brukt for å kunne programmere 4.3" skjerm. Leseren får en beskrivelse av hvordan skjermen har blitt kalibrert og hvordan vi har gått fram med å løse strukturen på det dynamiske bildet, samt en forklaring på kommunikasjonsformen mellom slaven og masteren i vårt system.

13.2 Kalibrering av skjermen

Ved oppstart av skjermen fikk vi bare et hvitt bilde, vi la derfor inn en testkode (Utouch_ButtonTest) for å se om den registrerte trykk, noe den ikke gjorde så bra. Vi la merke til at trykksensoren på skjermen hadde en unøyaktighet på en radius på 5cm. Derfor kjørte vi en kalibrering (Utouch) på skjermen, noe som ga oss følgende verdier:

- CAL_X = 0x01FD87F6UL
- CAL_Y = 0x01FB07E3UL
- CAL_S = 0x0010F1DFUL

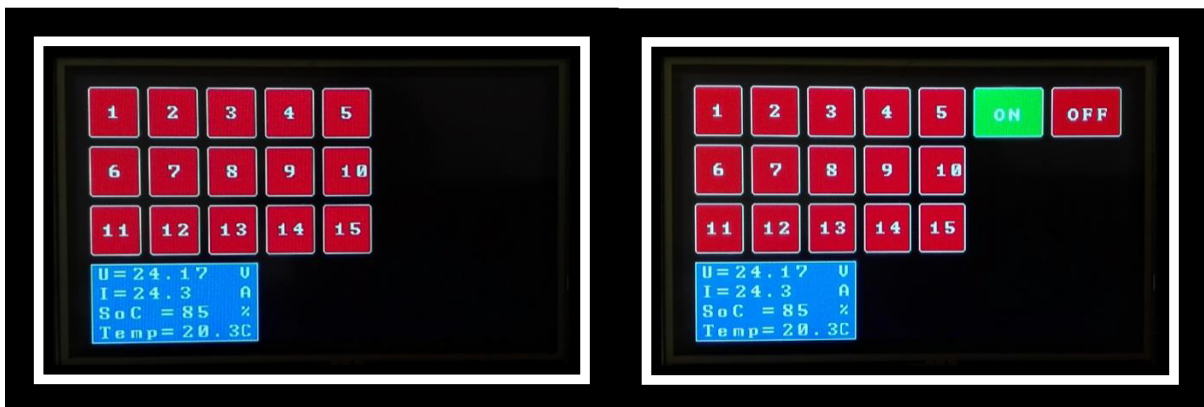
Disse verdiene la vi inn i «Utouch.h» noe som gjorde at presisjonen til trykksensoren ble forbedret betraktelig. Den registrer nå nøyaktig trykk i x-og y koordinat på skjermen, og fungerer optimalt i hele sitt bruksområde.

13.3 Programmering av skjerm

Vi har utformet LCD-displayet på en måte som gjør brukervennligheten til operatøren lett å bruke, samtidig som den er oversiktlig. På bildet under kan man se hvordan forbrukerkursene er satt opp fra 1 til 15, ved røde knapper. Dette indikerer at releene er slått av, og forbrukerkursene ved denne innstillingen står deaktivert. Dette bildet (figur 53) er det første som dukker opp når systemet starter. Spenningen U, strømmen I, SoC (state of charge) og temperaturen blir lest og vist direkte på skjermen med en oppdatering på 200 millisekunder.

Når det kommer til programmering av skjermen har vi brukt et bibliotek «Utouch». (Karlsen, 2016) Dette biblioteket er en demoversjon og ble laget eksplisitt for 3.2 tommer skjerm. Den fungerer ikke helt optimalt med 4.3 tommer skjerm og shield fra

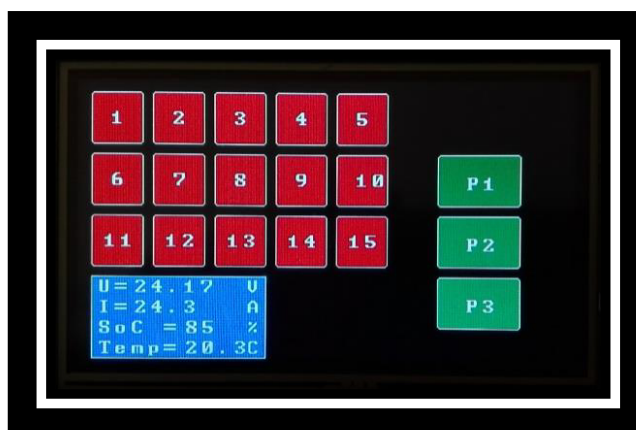
Sain Smart, noe vi fikk erfare i prosjektet. Dette biblioteket er også en videre utvidelse av «UTFT» biblioteket. Biblioteket lettet arbeidet litt med tanke på utforming av skjermbildet. Vi har utformet det dynamiske bildet med tanke på estetikk, brukervennlighet og funksjonalitet.



Figur 54. Operatør bilde opstart

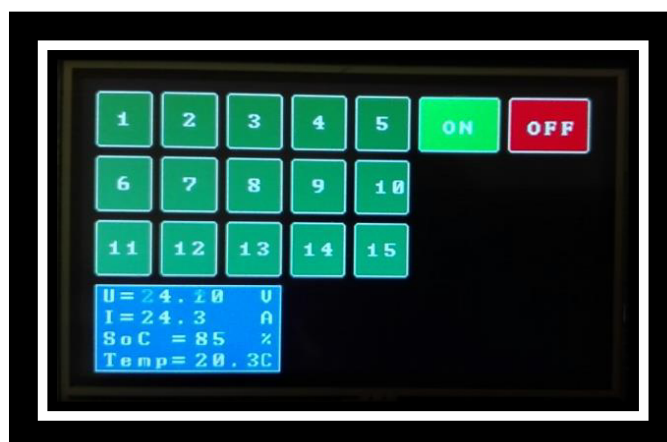
Figur 53: Operatør bilde on/off

Ved å trykke på en av forbrukerkurs-knappene får man opp en «OFF» eller «ON» knapp (se figur 54). Denne får man ikke trykket inn før man har valgt en prioritet. Prioritet-knappene kommer opp på skjermbildet etter at operatøren har holdt inne en av kursene i et sekund. På figur 55 under kan man se alle tre prioritetsgradene.



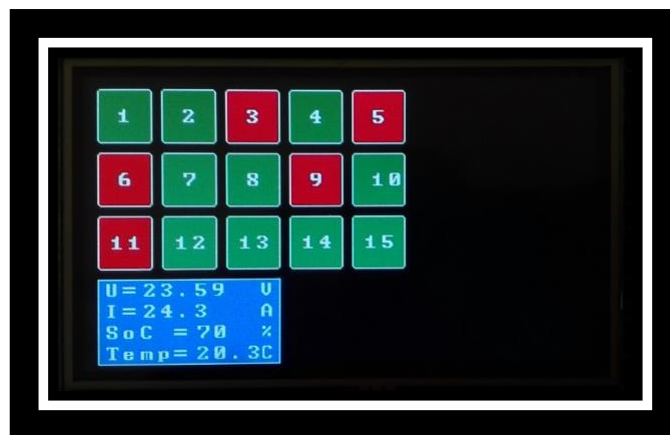
Figur 55. Operatørbilde prioritering

Prioritetsrekkefølgen er satt opp til venstre for skjermen med tre forskjellige knapper, prioritet 1, 2 og 3. Hvor prioritetsgrad 3 holder alle kursene i drift ved SoC høyere enn 75 %. Prioritetsgrad 2 holder alle kursene i drift frem til 35%. Når SoC synker under 35%, vil bare prioritetsgrad 1 stå igjen til batteriet blir tomt når Comroden er ute av drift. SoC blir beregnet etter «look up» tabellen. Når strømmen og spenningen viser en viss verdi vil mikrokontrolleren mappe denne verdien i «look up tabellen».



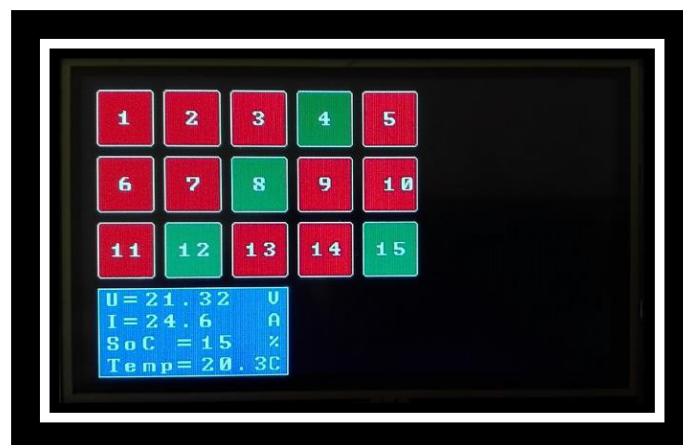
Figur 56: Operatørbilde drift 1

Når vedkommende har satt inn prioritetsgraden på alle forbrukerkuresene, kan man direkte gå inn og skru av eller på den spesifikke kursen/releet manuelt, men bare hvis kursen er SoC definert i systemet. Som man kan se på figur 56 over, så er alle kursene slått på, og SoC er over 75%. Som man kan se på bildet har vi også prøvd å gjengi den samme fargen på knappene som på ententen når knappene står i posisjon.



Figur 57: Operatørbilde drift 2

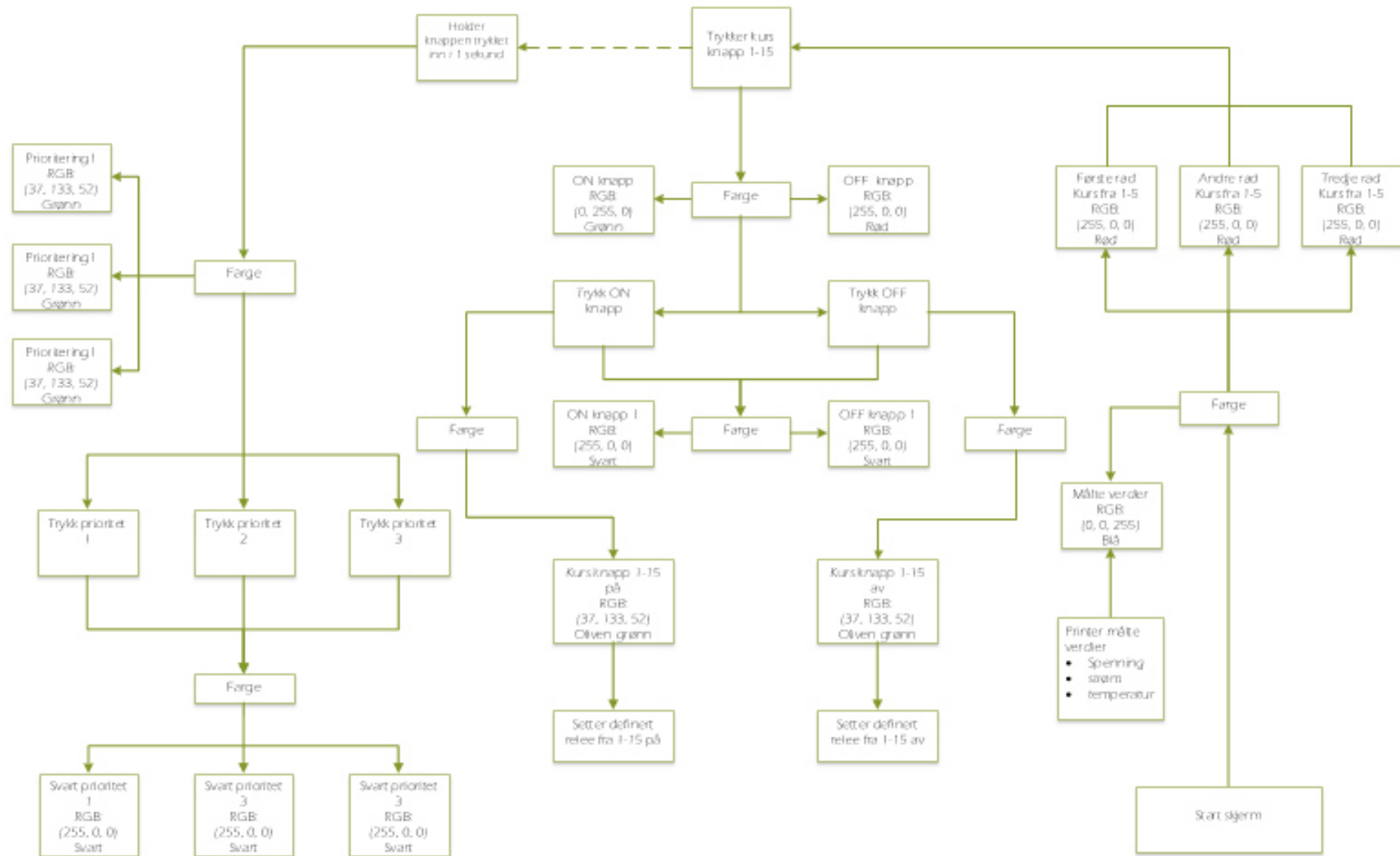
Når nivået har sunket under 75% vil mikrokontrolleren registrere dette i systemet og skru av forbrukerkurser satt som prioritet 3. Dette kan vi se på figur 57, hvor forbrukerkurs 3, 5, 6, 9 og 11 er skrudd av som følge av SoC.



Figur 58: Operatørbilde drift 3

Hvis man fortsetter å forandre strømtrekket på enheten, vil SoS i dette tilfellet på figur 58 vise 15%. Det gjør at forbrukerkurser som er definert som prioritet 2 deaktiveres, og systemet vil stå igjen med gjenværende kurser til batteriet blir utladet.

Programmering av skjerm



13.4 Strukturen av det dynamiske bildet

På skjemaet over kan vi se hvordan strukturen på skjermbildet har blitt programmert. Dette har hjulpet oss i prosjektet med å kartlegge hvor alle de variable tilstandene i koden blir plassert i programmet. Det var nødvendig for å lettere kunne programmere inn kommandoer i kronologisk rekkefølge.

Skjermen starter med å skrive ut kursnummereringen fra en til femten med rød farge (deaktivert) som vist på høyre side av tegningen. Målerverdier blir hentet inn fra slaven, og verdiene som spenning, strøm, SoC og temperatur blir skrevet ut som vist i tidligere i figuren 54.

Øverst på midten av tegningen hvor det er merket med kurs «trykk kurs knapp 1-15» er grenen hvor operatøren er nødt til å velge en prioritet før han kan igangsette en kurs. Det ser man på venstre side av den stiplede linjen. Når operatøren har valgt en prioritet, vil programmet igangsette «variable tilstander» i koden som gjør det mulig å aktivere den definerte kursen. Vi har på denne måten kartlagt koden i systemet.

13.5 UTFT og Utouch funksjoner brukt i programmet for skjerm programmering (Henning Karlsen, 2016)

(Henning Karlsen, 2016)

```
UTFT (Model, SDA, SCL, CS, RST[,RS]);
```

Denne funksjonen definerer innganger fra shielden til mikrokontrolleren og legger seg inn i biblioteket for å kunne lese følgende verdier:

- Model: ITBD43
- SDA: 38 (pinne for «Serial data»)
- SCL: 39 (pinne for «Serial Clock»)
- CS: 40 (pinne for «Chip select»)
- RST: 41 (pinne for «Reset»)
- RS: 42 (pinne for «Register Select»)

```
InitLCD([orientation]);
```

Funksjon:

- myGLCD.InitLCD

Definerer rotasjonen til skjermen, det er viktig å velge riktig rotasjon mellom:

- PORTRAIT
- LANDSCAPE

Nødvendig for at skjermen skal kunne vise verdier. Landscape er satt som «default», og må forandres til LANDSCAPE for at 4.3 tommer touch skjerm skal fungere. Hvis ikke vil man bare få en hvit skjerm. Denne verdien kan man endre i biblioteket «UTFT».

clrScr();

Funksjon:

- myGLCD.clrScr();

Denne funksjonen sørger for at bakgrunnen til skjermen blir svart ved oppstart av programmet. Funksjonen er derfor satt i «void setup», slik at verdier som ligger inne fra før, som er tegnet inn på skjermbildet blir borte ved oppstart av programmet.

dataAvailable();

Funksjon:

- myTouch1.dataAvailable();

Denne «dataAvailable» funksjonen sørger for å registrere om nye data ligger på vent for å bli skrevet ut. Den returnerer «boolean», slik at «true» betyr data på vent, eller så vil den registrere «false» som betyr at det ikke ligger verdier på vent. Denne er satt inn i «void loop».

Read();

Funksjon:

- myTouch1.read(); (leser data fra skjermen)

Read funksjonen venter på data som blir registret når skjermen blir trykket inn. Denne funksjonen bør bli «kalt opp» etter å ha lest «dataAvailable», for å kunne lese X og Y koordinater fra skjermen.

getX(); og getY()

Vi ha brukt funksjonen `getX()` og `getY()` som bearbeider den rå dataen fra skjermen `TP_X` og `TP_Y`.

- `myTouch1.getX()` (leser x- koordinater)
- `myTouch1.getY()` (leser y- koordinater)

Ved å skrive x og y koordinater fra skjermen vil denne funksjonen registrere dette i forhold til pikslene 480x272 og returnere «integer» verdier.

setPrecision();

Funksjon:

- `myTouch1.setPrecision(-);`

Denne funksjonen begrenser programmet til hvor fort den skal lese data fra skjermen, og har følgende parametere som man kan sette inn i funksjonen:

- `PREC_LOW`
- `PREC_MEDIUM`
- `PREC_HI`
- `PREC_EXTREAM`

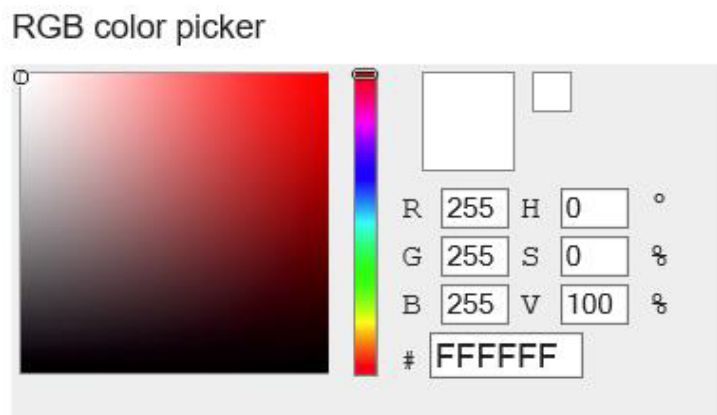
Jo høyere presisjon jo lengre tid tar det å lese data fra skjermen. Vi fikk erfare at skjermen reagerte bedre ved å sette til «`PREC_EXTREAM`», da vi brukte skjermen og shielden fra Sainsmart, men fikk motsatt reaksjon da vi brukte skjerm og shielden fra ElecFreaks.

setColor();

Funksjonen definerer fargene på skjermen av typen RGB565- farger.

- my GLCD.setColor(verdi, verdi, verdi);

RGB- fargene som har blitt brukt utfra en fargekalkulator som vist under:



Figur 59: RGB color picker

(RapidTables, 2016)

Fargene fra RGB- fargesystemet lagrer alle fargene fra rød, grønn og blå. Hver av fargene bruker 8 bit hver, som lager en interger-verdi fra 0 til 255. Ved å gange alle tre fargene sammen ($256 \times 256 \times 256$) vil man få 16777216 forskjellige farger. Vi har ved hjelp av denne kalkulatoren funnet seks forskjellige farger som vi har brukt på skjermbildet.

```
fillRoundRect(x1,y1,x2,y2);
```

Funksjon:

- myGLCD.fillRoundRect(x1,y1,x2,y2)

Funksjonen sørger for å fylle inn runde firkanter på skjermen med farger, ved å trekke streker fra to forskjellige punkter på x-, og y- akse. Minimum fargefyll som er mulig å tegne inn er fem piksler i x- og y- retting. Hvis man koder inn mindre størrelser, så vil ikke dette bli farget inn på skjermen.

- X1: x-koordinater fra startpunkt på skjermen.
- X2: x-koordinater for slutt punkt på skjermen.
- Y1: y-koordinater fra startpunkt på skjermen.
- Y2: y-koordinater for slutt punkt på skjermen.

Denne funksjonen er blitt brukt flittig for å kunne se om knappen er registret som påtrykket, slik at operatøren får et mer visuelt bilde av knappens tilstand.

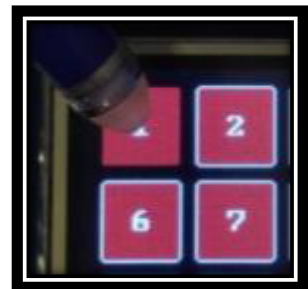
```
drawRoundRect(x1,y1,x2,y2);
```

Funksjon:

- myGLCD.drawRoundRect(x1,y1,x2,y2)

Funksjonen sørger for å tegne inn runde firkanter på skjermen ved trekke streker fra to forskjellige punkter på x-, og y- akse. Minimum avrundede firkanter som er mulig å tegne inn, er fem piksler i begge retninger. Hvis man koder inn mindre størrelser vil ikke dette bli vist på skjermen.

- X1: x-koordinater fra startpunkt på skjermen.
- X2: x-koordinater for slutt punkt på skjermen.
- Y1: y-koordinater fra startpunkt på skjermen.
- Y2: y-koordinater for slutt punkt på skjermen.



Figur 60: Operatørbilde touch

Denne funksjonen er blitt brukt for å kunne se direkte på skjermen om kappen blir trykket inn, ved at fargen rundt kursknappen skifter farge fra hvile posisjon til aktiv posisjon.

setFont();

Funksjon:

- myGLCD.setFont(BigFont);

SetFont definerer størrelsen til tall og bokstaver som blir skrevet til skjermen. Det er tre forskjellige størrelser som kan brukes:

- SmallFont (har en størrelse på 8X12 piksler).
- BigFont (har en størrelse på 16X16 piksler).
- SevenSegNumFont (har en størrelse på 32x50 piksler).

Vi har brukt «BigFont», noe som gir brukeren store nok tegn til å kunne lese av skjermen.

print(st, x, y[, deg]);

Ved å skrive «string» altså bokstaver til skjermen, kan man bruke print-funksjon:

- myGLCD.print(st, x, y[, deg]);
- st: printer ut string som blir skrevet
- x: x-koordinater som defineres øverst til venstre på tegnet
- y: y-koordinater som defineres øverst til venstre på tegnet

Det ligger også inne en funksjon for x-koordinat plassering av tegn, hvis man skal printe ut tegn ved starten, midten eller på slutten av det grafiske bildet. Disse funksjonene legger man inn som bokstavkode istedenfor siffer som plasseres på x-plassen i funksjonen.

Bokstavkoden er:

- LEFT
- CENTER
- RIGHT

Funksjonen «print» er blitt brukt for å kunne skrive følgende verdier på skjermen:

- I (strøm)
- U(spenning)
- SoC (state og charge)
- Temp (temperatur)

```
printNuml(num, x, y[, filler]);
```

Ved å skrive tall (interger) til skjermen, kan man bruke printNuml-funksjon:

- myGLCDprintNuml(num, x, y[,length[filler]]);
- num: verdiene som kan bli printet er integer verdi
- x: x-koordinater som defineres øverst til venstre på tegnet
- y: y-koordinater som defineres øverst til venstre på tegnet

Det ligger også inne en funksjon for x-koordinats plassering av tegn, hvis man skal printe ut tegn ved starten, midten eller på slutten av det grafiske bildet. Disse funksjonene legger man inn som bokstavkode istedenfor siffer som plasseres på x-plassen i funksjonen.

Bokstavkoden er:

- LEFT
- CENTER
- RIGHT

Funksjonen «PrintNuml» er blitt brukt for å kunne skrive ut tall til de 15 forskjellige kursene som vises på skjermen.

```
Read();
```

```
setBackColor(r, g, b);
```

Funksjonen setter bakgrunnsfarge for alle «print» kommandoer og er definert ved:

- r: denne bokstaven står for rød farge av en RGB verdi (0-255)
- g: denne bokstaven står for grønn farge av en RGB verdi (0-255)
- b: denne bokstaven står for blå farge av en RGB verdi (0-255)

```
printNumF(num,dec, x, y[, divider[, length[ filler]]]);
```

Ved å skrive desimaltall, med andre ord «float»- verdier til skjermen, kan man bruke printNumF-funksjon:

- myGLCD.printNumF(num,dec, x, y[, divider[, length[filler]]]);
- dec: desimaler etter komma, kan maks vise 5 siffer
- x: x-koordinater som defineres øverst til venstre på tegnet
- y: y-koordinater som defineres øverst til venstre på tegnet
- divider: er en valgfri funksjon, og brukes til å sette et annet tegn enn punktum som ligger inne fra før i biblioteket.
- Filler: er en valgfri funksjon og brukes til å for eksempel fylle tomrommet før verdien, når verdien varierer størrelse.

Det ligger også inne en funksjon for x-koordinat plassering av tegn, hvis man skal printe ut tegn ved starten, midten eller på slutten av det grafiske bildet. Disse funksjonene legger man inn som bokstavkode istedenfor siffer som plasseres på x-plassen i funksjonen.

Bokstavkoden er:

- LEFT
- CENTER
- RIGHT

Funksjonen «PrintNumF» har blitt brukt for å kunne lese av temperatur, amper og volt med desimaler, for å kunne gi et bedre bilde av den faktisk målte verdien.

13.6 kommunikasjon

Når det kommer til kommunikasjonsplattformen til enheten, så hadde vi planlagt å bruke to mikrokontrollere. Den ene kontrollerer skjermen, mens den andre kontrollerer releene og finner tilstanden til sikringene samt leser av verdiene til amperemeteret og temperaturføleren.

(howtomechatronics, 2016)

(Margolis, 2012)

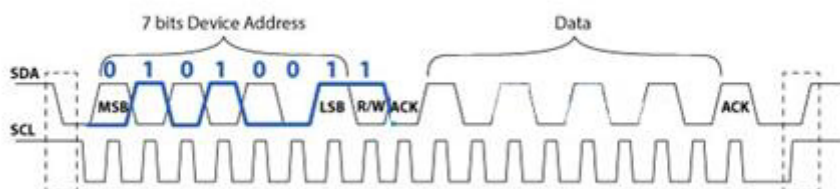
For å kunne kommuniserer fra en arduino til en annen, må man bruke en kommunikasjonsform. Det er to former for kommunikasjon på arduinoen; den ene er I2C (Inter-Integrated) og den andre er SPI (Serial Peripheral Inteface). Valget mellom disse to kommunikasjonsformene avhenger av hva man skal kommunisere med, begge har sine fordeler og ulemper. I2C har fordelen av at den bare kommuniserer gjennom to linjer, mens SPI krever minst fire linjer. Det er også lettere å tilkoble flere enheter gjennom I2C-kommunikasjonen, og man får en god respons på om signalet er sendt eller mottatt av enheten. Ulempen er at dataoverføringen er tregere på I2C enn SPI, samt at kommunikasjonen bare kan gå en vei av gangen. Det vil si at man ikke kan motta og sende data samtidig.

Fordelene ved bruk av SPI er at dataoverføringen går mye raskere samtidig som man kan overføre og motta data samtidig, fordi den har separate inn- og utganger ved dataoverføringer.

Vi har valgt å bruke I2C- kommunikasjon mellom enhetene, fordi vi ikke trenger så hurtige dataoverføringer og fordi vi har begrenset med tilkoblingsmuligheter. Tilkoblingene for I2C-kommunikasjonen består av SCL (Seriel data line) og SDA (Seriel clock line). SCL er overføringen hvor all data blir sendt over, vår enhet sender både «char», «int» og «byte». SDA er derimot klokkepulsene som trigger dataoverføringen. For å kunne bruke denne kommunikasjonen kreves det at man velger en master og en slave. Det var naturlig å velge arduinoen med skjermtilkobling som master, og den andre arduinoen tilkoblet egenprodusert shield fra gruppen som slave enhet.

Det er masteren som driver SCL, mens slaven utøver oppgaver fra ordre som masteren sender. Slaven kan som sagt ikke starte overføringen, med mindre masteren gir et signal. Begge enhetene kan sende og motta data, men det er masteren som kontrollerer overføringen. Vi måtte også jorde begge mikrokontrollene slik at de hadde samme jordingspotensial for at de skulle kommunisere, det er også vist på figur 62 over.

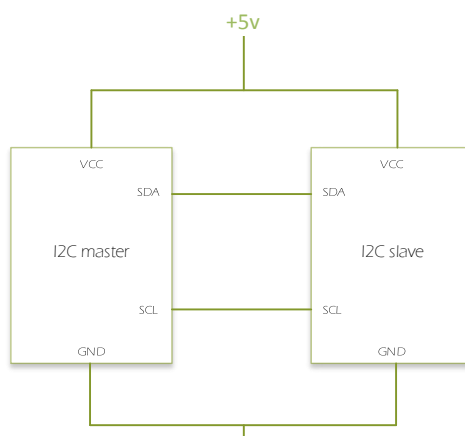
Meldingen som blir sendt fra masteren til slaven kan for eksempel blir delt opp som vist på figur 62. Det er to bulker med overføringer; en adresse hvor masteren definerer hvilken slave den skal sende til, etterfulgt av en 8 bit data (255) som blir sendt eller mottatt. Dataen blir plassert på SDA- linjen etter at SCL har gått lav, og blir samlet hver gang SCL går høy. Sekvensen start med MSB (most signifikant bit) og slutter med LSB (least signifikant bit). Frekvensen som våre mikrokontrollere har i forhold til klokkepuls (lese/skrive) er 100kHz.



Figur 61: I2C- kommunikasjon

Sekvensen starter ved at Masteren setter SCL høy og trekker SDA lav, dette gjør at alle slaveenheter som er tilkoblet I2C- bussen gjør seg klare til å ta imot data. Den niende «biten» av rekken er en såkalt ACK (acknowledge), som registrerer om meldingen er mottatt. Hvis ikke mottaker slaven ikke klarer å sette SDA lav før den niende klokkepuls, så vil meldingen sendt fra Masteren tolkes som feilkode eller at meldingen ikke har ankommet.

Måten vi har sendt og mottatt data fra slaven og masteren er koblet opp som vist på figur 63.



Figur 62: Kommunikasjons krets

I starten hadde vi problemer med å sende større siffer enn 255 med desimaler over I2C buss-linjen. Metoden vi valgte for å løse dette problemet var å bruke en «union»- funksjon. Den lagrer verdien i fire «bytes» fra slaven, og sender over til masteren som dekode de fire «bytene» og setter den sammen igjen slik som den opprinnelig var lest fra amperemeteret eller termoføleren. Med andre ord så sørger union- funksjonen for at «float»- verdier og «bytes» deler samme minne, noe som gjør det mulig å konvertere «byte array» til «float». På figur 60 er det et lite utdrag av koden som viser hvordan slaven overfører «data» over ett «array» og mastern på sin side leser alle verdiene fra topp til bunn. Den dekode koden, altså nummeret som ble sendt fra slaven som en flytende verdi og printer den videre ut til skjermen.

```

/*-----
union AMP{ // For ampermåling
    byte b[4];
    float fverdi;
} u;

union TMEP{ // For temperaturmåling
    byte c[4];
    float temperatur;
} u_t;

dataoverforing[15] = u.b[0];
dataoverforing[16] = u.b[1];
dataoverforing[17] = u.b[2];
dataoverforing[18] = u.b[3];

u.b[0] = Wire.read();
u.b[1] = Wire.read();
u.b[2] = Wire.read();
u.b[3] = Wire.read();

dataoverforing[19] = u_t.c[0];
dataoverforing[20] = u_t.c[1];
dataoverforing[21] = u_t.c[2];
dataoverforing[22] = u_t.c[3];

u_t.c[0] = Wire.read();
u_t.c[1] = Wire.read();
u_t.c[2] = Wire.read();
u_t.c[3] = Wire.read();
}

```

Figur 63. Byte array til float

13.6.1 Tilbakekobling fra relekort

Vi hadde også en utfordring når det kom til å lese av tilstanden til sikringene ved hjelp av en tilbakekobling fra relékortet. For å finne tilstandene til sikringene, det vil si om den er i på- eller av- posisjon. Da er man nødt til å sende et signal fra slaven til masteren for hver av sikringene, dette for å kunne sette lysdioden på eller av. Lysdioden indikerer om sikringen er aktiv, og er plassert under hver av sikringene. Vi prøvde med en rekke forskjellige metoder i koden. Den ene metoden var å sende et signal fra slaven om at sikringen er på og omvendt, men det fungerte ikke helt optimalt. Løsningen ble derimot å legge alle tilstandene som slaven tolker over i et «array», som gjør at mastern har kontroll over tilstanden kontinuerlig ved at den kaller inn arrayet jevnlig under prosessen.

13.6.2 Målværdier fra slaven

Når det kommer til å måle verdier fra slaven via den egenproduserte shielden som vi har laget, har vi brukt et bibliotek (adafruit, 2016) «#include "Adafruit_MAX31855.h"» for temperaturmåling og en kode fra (Henry, 2016) for å finne amperen i enheten.

```
// Leser av strømmen fra amperemeteret

Verdi = analogRead(analog1);
Voltage = (Verdi / 1023.0) * 5000;
Amps = ((Voltage - offset) / mVperAmp);

// Leser av spenningen fra amperemeteret
Sens = analogRead(analog2);
SensVolt = (Sens / 1023.0) * 28;
```

Figur 64: Amperemeter avlesning

På bildet over kan vi se en liten del av koden hvor vi gjør om en målt verdi fra analogRead1 på 1023 til millivolt. Denne spenningen bruker vi for å finne strømmen enheten vår trekker. Hvis for eksempel verdien «Voltage» blir 2500, blir strømmen null fordi offset verdien er satt til 2500. Når «voltage» blir mindre enn 2500 eller større enn 2500 vil vi få en indikasjon på hvilken retning strømmen går.

Fra «currentsensoren» er det en utgang som måler spenningen som enheten vår blir forsynt med. Denne bruker vi for å finne ut om enheten vår går på batteri, eller strømforsyning fra Comrod.

13.6.3 Funksjoner som har blitt brukt under I2C- kommunikasjon

Wire.begin()

Funksjonen `Wire.begin()` er plassert i `void setup`, slik at den igangsetter «wire» - biblioteket. Det vil si at programmet enten kjøres i gang som slave eller master. Slaven i enheten vår har adressen 3.

Wire.beginTransmission() & Wire.endTransmission()

Funksjonen «`Wire.beginTransmission()`» starter overføringen til I2C kommunikasjonen med en gitt adresse. Denne adressen som er 3, gjør at masteren gjør klar sendingen til slaven.

```
// Aktiverer knapp 1
void P_knapp_1() {
    Wire.beginTransmission(3);
    Wire.write('A');
    Wire.endTransmission();    // stop transmitting
}

void A_knapp_1() {
    OFF = 1;
    Wire.beginTransmission(3);
    Wire.write('a');
    Wire.endTransmission();    // stop transmitting
}
```

Figur 65: `Wire.beginTransmission`

Den andre funksjonen som faktisk sender signalet over til slaven begynt av `wire.beginTransmission` er `Wire.endTransmission`.

Når `endTransmission` tolker signalet den får som en sann verdi, vil funksjonen sende ett stoppsignal etter overføring. Hvis dette ikke er tilfellet vil funksjonen tolke signalet som ugyldig og prøve å hente ny informasjon fra «`beginTransmission`». Vi har brukt bokstavkode, altså «`char`» som vist ovenfor for å aktivere riktig rele. Bokstavene starter med A, som betyr at releet nummer en skal slå seg på og liten a for deaktivering. Det er satt opp fra A til O, ettersom vi har 15 releer.

Wire.OnRecive()

Funksjonen «Wire.OnRecive» brukes når slaven mottar data fra masteren, og den innhenter bokstavkoden fra masteren fra A til O og bruker dette til å slå på releene fra 1 til 15.

Wire.Request()

Funksjonen «Wire.Request» brukes når masteren innhenter data fra slaven. Denne informasjonen bruker masteren for å finne ut om sikringene står i på- eller av- posisjon. Den bruker også denne funksjonen til å finne strømmen, spenningen og temperaturen som enheten vår bruker.

Wire.send()

Denne «Wire.send» funksjonen sender verdier fra slaven til masteren etter at masteren beordrer slaven om verdier.

Wire.send()

Denne «Wire.send» funksjonen sender verdier fra slaven til masteren etter at masteren beordrer slaven om verdier.

13.7 Konklusjon software

Programmeringen av enheten har vært krevende og utfordrende. Vi bestemte oss tidlig i elaborasjons fasen for å gå for et 4.3 tommer touch display. Prototypen som vi har laget med denne skjermen i forhold til programmering er ikke en endelig programvare, men alle de tiltenkte funksjonene er på plass. Vi har vært nødt til å begrense oss med tanke på tidsforbruket. Strukturen av skjermen er vist på figurene 53-58, og vi har prøvd etter beste skjønn å lage en oversiktlig kode.

14 Bygging av enheten

14.1 Innledning

Dette kapitlet tar for seg design av front og bak plate, utformingen og lakkeringen av disse, modifiseringen av chassiset, kablingen inne i chassiset og til slutt en konklusjon av hvordan byggingen har gått. Etter å ha lest dette kapitlet bør leseren ha en god forståelse av arbeidet som er gjort både fysisk på enheten og det nødvendige arbeidet i forkant slik som design av panelene.

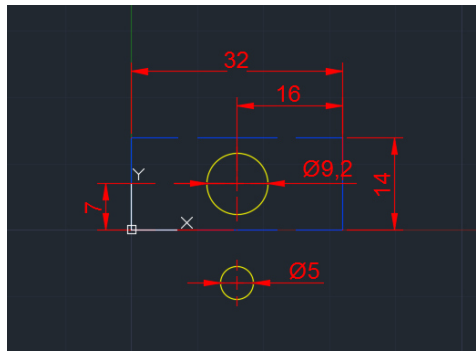
14.2 Front panel

Front panelet på enheten er den delen på enheten som displayet, sikringene, indikasjons LED, USB kontakter og av/på bryter skal monteres fast i. Vi har brukt mye tid på utformingen av denne platen og komponentplasseringen for at den skal være ryddig, og inneholde kun det mest nødvendige for operatøren. Vi var tidlig enige om hvordan vi ville at front panelet skulle se ut og hadde en skisse klar ved andre presentasjon. Det som gjensto da å gjøre var å finne komponentene, komme med en gunstig komponentplassering, skjære og borre ut til disse, lakkere panelet og til slutt montere alt av komponenter.

Det første vi gjorde var å tegne rammene for front panelet med 3U linjen. På denne måten visste vi hvilke rammer vi hadde å gå etter når vi skulle plassere komponenter. Deretter begynte vi å finne datablader på de komponentene vi hadde for å få de nøyaktige målene på disse. Videre var det da å finne de komponentene vi ikke hadde enda og bli enige slik at disse også kunne tegnes i AutoCAD.

14.2.1 Sikringer:

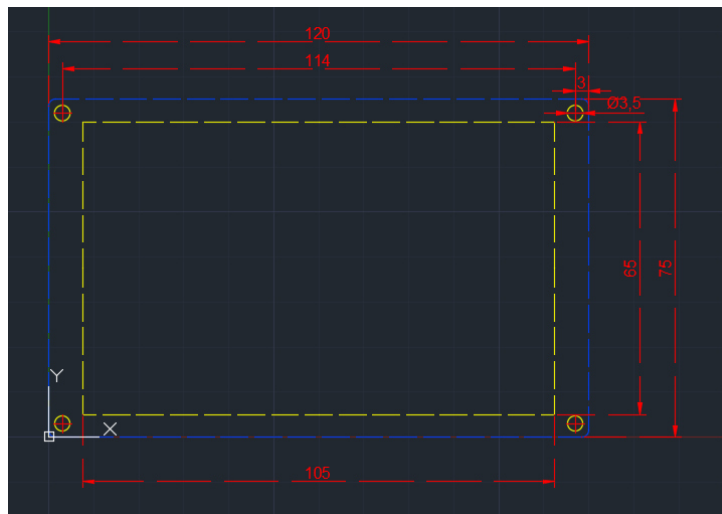
Vi hadde allerede fått sikringene våre i det vi begynte å designe front panelet. Sikringene vi har gått for er 4x 5A og 11x 20A sikringen fra 1658 serien til ETA. Til hver sikring har vi også bestemt at det skal være en tilhørende LED som skal gjøre det lettere for operatøren å se om sikringen har løst ut eller ikke. Siden vi hadde sikringene fra før var det bare å benytte seg av databladene for eksakte mål og fikk laget de i AutoCAD, se figur 66. Sikringene festes til panelet med mutter.



Figur 66: AutoCAD Tegning: Kurssikringer

14.2.2 Skjerm:

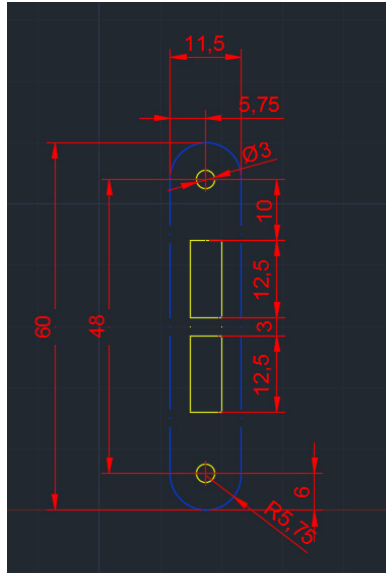
Skjermen vi har valgt å bruke er en 4,3 tommeres LCD touch skjerm fra Sain Smart. Ettersom dette er en av de største komponentene til front panelet, var det viktig å få på plass hvor denne skulle plasseres på panelet. Skjermen festes til panelet med 4 skruer, en i hvert hjørne. Se figur 67.



Figur 67: AutoCAD Tegning: 4.3" skjerm

14.2.3 USB-kontakt:

For å kommunisere med mikrokontrollerne inne i enheten har vi valgt å plassere 2 USB kontakter i front panelet. På denne måten kan operatøren eller en service arbeider koble seg opp mot enheten og gjøre eventuelle endringer på programmeringen. USB kontakten som vi valgte å gå for kan sees i figur 68.



Figur 68: AutoCAD Tegning: USB kontakt

14.2.4 Panelet inneholder da:

- 2 hovedsikringer. Det er da en hovedsikring for strømmen som Comroden leverer og en for strømmen fra batteripakken. Hovedformålet bak disse sikringene er for å beskytte enheten mot de høye kortslutnings strømmer fra batteriet og Comroden.
- 15 kurssikringer med tilhørende lys dioder som varsler om sikringene er av eller på. På denne måten kan operatøren lett se om strømmen på en aktuell kurs er kuttet som følge av nedtrapping, i så fall vil lysdioden fortsatt lyse. Er selve sikringen gått vil lys dioden derimot slukke. Til dette formålet bruker vi standard 5mm lysdioder.
- Til å vise om enheten går på strømforsyning eller på backup strøm fra batteri pakken og samtidig vise hvilket nivå av nedtrapping enheten er på, har vi valgt å gå for 3 lysdioder i hver sin farge, grønn, gul og rød. Går enheten på fast strømforsyning lyser den grønne lampen konstant. Faller derimot strømforsyningen bort og enheten går over på batteri backup, vil lampen begynne å blinke i et konstant tempo. Etter hvert som nedtrappingen foregår vil det gå fra grønn til gul og til slutt rød lampe som også vil blinke med konstant tempo. Kun en lampe skal lyse av gangen.
- For å kommunisere med mikrokontrollerne med pc og eventuelt programmere om eller legge til nye funksjoner, så har vi valgt å legge inn USB kontakter i front

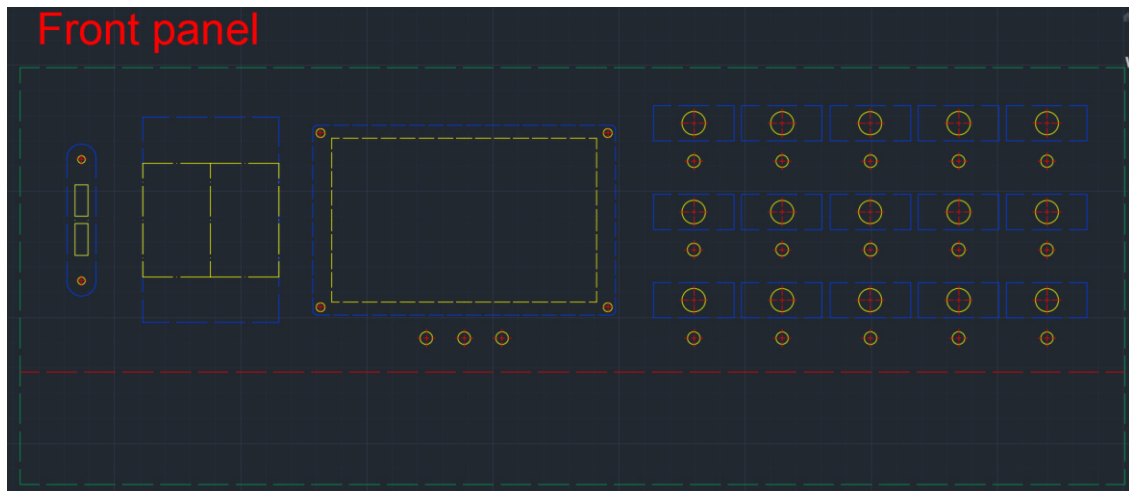
panelet slik at de er lett tilgjengelig. Dette er da 2 USB kontakter som går til hver sin mikrokontroller.

- Under USB portene har vi valgt å sette inn en av/på vippe bryter. Denne skal da bryte strømmen i hele til hele enheten.
- Den røde linjen på tegningen markerer 3U høyde på enheten. Chassiset vi har fått er 4U høy, men designer det slik at alle komponentene vil få plass i et 3U chassis.

14.2.5 Komponent plassering:

- Etter vi hadde bestemt alle komponentene måtte vi plassere disse på en fornuftig måte. For å gjøre dette lettest mulig, brukte vi AutoCAD. Vi hadde da tegnet opp alle komponentene på forhånd. Det første vi plasserte var da sikringene ettersom de tar opp mest plass. Vi viste at vi skulle ha totalt 15 sikringer, så vi prøvde oss litt frem med plasseringen av disse og endte med å sette de i 3 rader og 5 kolonner. Vi brukte da en funksjon i AutoCAD som heter Array. I denne funksjonen så legger man inn hvor mange rader og kolonner som skal brukes, og deretter avstanden imellom. På denne måten sikrer man at man får lik avstand imellom alle komponentene. Sikringene ble da plassert helt til høyre på panelet med 15mm avstand til kantene, både i høyden og til siden. I mellom sikringene hadde vi nå plass til lysdiodene som hører til hver sikring. Disse står da rett under sikringen de tilhører.
- Det neste som måtte plasseres var da skjermen. Denne plasserte vi da 15 mm til venstre for sikringene I høyden plasserte vi da skjermen midt mellom 3U linjen og toppen av panelet. Under panelet med 7mm avstand har vi de 3 lysdiodene som skal vise nedtrappingen av nivåene. Disse står da midt under skjermen.
- 13,5mm til venstre igjen for skjermen har vi valgt å plassere hovedsikringene på 80A. De ble plassert her ettersom det var en gunstig plassering med tanke på føringen av kablene. I høyden er også sikringene plassert på lik linje som skjermen, altså midt mellom 3U linjen og toppen av panelet.
- Helt til venstre på panelet har vi plassert USB kontakten til mikrokontrollerne. Denne kontakten står da vertikalt og på linje med både sikringene og skjermen. USB kontakten står da 18,5mm til venstre for sikringene og 18,5mm til høyre for kanten på panelet.

- Den endelige plasseringen av komponentene kan sees i figur 69. For alle de nøyaktige målene se vedlegg 69.



Figur 69: AutoCAD Tegning: Front Panel

14.3 Bak panel

Bak panelet til enheten er den delen hvor alle inngangene til alle kursene, strømtilførselen til enheten og batteriet, og utgangen til temperaturføleren står plassert. Vi har sett på flere muligheter for utformingen av bak panelet og bruken av forskjellige kontakter.

14.3.1 Valg av kontakter:

En stor del av utformingen av bak panelet for enheten har vært å velge riktig type strøm kontakter slik at vi kunne lett koble til eller fra de ulike kursene. For å løse dette begynte vi å lete gjennom nettet for å finne leverandører av ulike kontakter. Vi trengte kontakter for 28V DC, hvor 4 av de skulle være godkjente for 5A, og 11 stykk for 20A. Vi måtte også hå motstykke til kontaktene som skulle sitte på de ulike kursledningene. Bakplaten skal også inneholde to ekstra kontakter for strømmen inn til selve enheten vår fra strømforsyningen

og ut igjen til batteribanken. Og til slutt en utgang for temperatur sensoren til batteri banken.

Etter mye søking fant vi noen kontakter fra leverandøren Bulgin. Disse hadde en serie med kontakter som virket veldig lovende for prosjektet vårt. Denne serien heter Buccaneer og kommer i mange ulike varianter. Vi fant da at 900 serien til Bulgin hadde en kontakt som tilfredsstilte 20A kravet, og standard Buccaneer serien hadde en kontakt som tilfredsstilte 5A kravet. De ulike kontaktene kan sees under i figur 70 og 71.

BUCCANEER FOR POWER
900 Series Buccaneer

Panel Mounted Connector



PX0931

Figur 70: Bulgin kontakt 900 Series

BUCCANEER FOR POWER
Standard Buccaneer

Rear Panel Mounting Connector



PX0709/x/xx

Figur 71: Bulgin kontakt Standard

Begge kontaktene over er ment for å montere fast i chassiset. Til begge kontaktene fant vi følgende motstykker, se figur 72 og 73.

BUCCANEER FOR POWER 900 Series Buccaneer

Flex Cable Connector



PX0911

Flex Cable Connector



PXA911

Figur 72: Bulgin plugg 900 Series

BUCCANEER FOR POWER Standard Buccaneer

Flex Cable Connector



PX0731

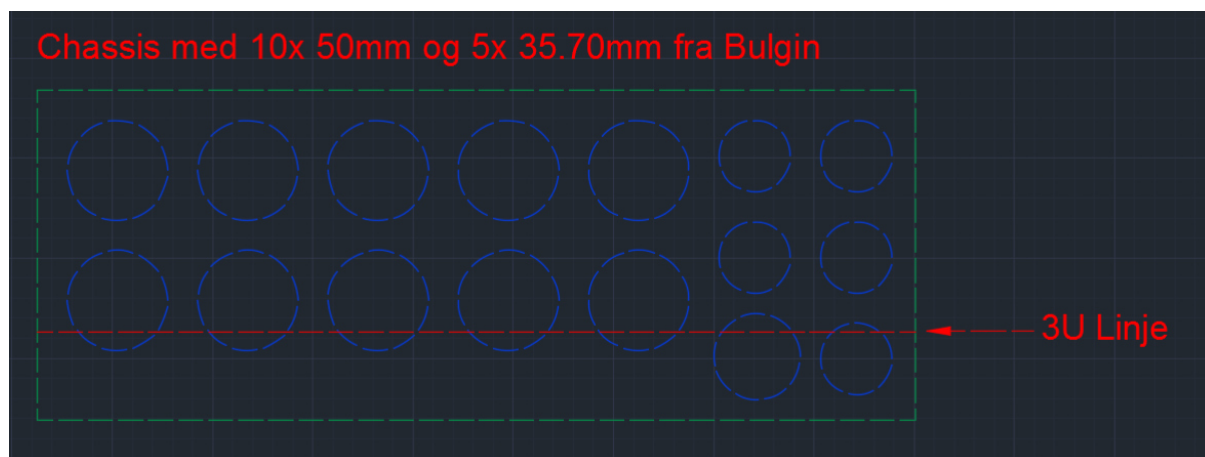
Inline Flex Cable Connector



PX0732

Figur 73: Bulgin plugg Standard

Det neste som da ble gjort, var at vi måtte se på plasseringen av disse kontaktene. For å gjøre dette benyttet vi oss av AutoCAD, som er et meget fint verktøy for å lage riktig tegningsunderlag for å skjære ut de riktige hullene i bak platen til enheten. Vi fant dessverre raskt ut at størrelsen på kontaktene ville by på plass problemer. Det kan vi se i figur 74, hvor vi allerede er tom for plass og ikke fått på plass alle komponentene enda.





Figur 74: AutoCAD Tegning: Bak panel med Bulgin Kontakter





På tegningen er selve chassis størrelsen 4U slik som det chassiset vi har fått av KDA, mens den røde streken markerer hvor 3U grensen går. Vi prøver å holde oss innenfor 3U grensen, ettersom det var et av de opprinnelige kravene til enhetens størrelse. Klarer vi å holde oss innenfor 3U så har KDA muligheten til å benytte seg av 3U chassis i fremtiden hvis det skulle bli aktuelt.



Vi måtte derfor se etter andre kontakt muligheter som var mindre i størrelse. Vi så da videre på litt andre kontakter fra Bulgin. Denne gangen så vi på mindre kontakter i messing. Disse kontaktene kunne vi bestille rett fra Elfa Distrelec, men prisen på 15stk totalt kom på 8370kr som man kan se fra figur 75.

Handlevogn

Fortsett til kassen

	Tilgjengelighet	Antall	Stykklistepris	Delsum
<div>Panelmontert kontakt 2P</div> <div>  <div> <div>Art.-nr.</div> <div>30001747</div> </div> <div> <div>Type</div> <div>PXM7012/0...</div> </div> <div> <div>Produsent</div> <div>Bulgin</div> </div> <div>Din referanse</div> </div> <div> <div>24 h</div> <div>7 d</div> <div>5</div> <div>0</div> <div>15</div> <div>+</div> <div>-</div> <div>Fjern</div> </div>			NOK 245,00	NOK 3 675,00
<div>Kabelplugg 2P</div> <div>  <div> <div>Art.-nr.</div> <div>30001741</div> </div> <div> <div>Type</div> <div>PXM7011/0...</div> </div> <div> <div>Produsent</div> <div>Bulgin</div> </div> <div>Din referanse</div> </div> <div> <div>24 h</div> <div>7 d</div> <div>5</div> <div>0</div> <div>15</div> <div>+</div> <div>-</div> <div>Fjern</div> </div>			NOK 313,00	NOK 4 695,00
<div>Direktebestilling</div> <div></div> <div>1</div> <div>+</div> <div>-</div> <div>Legg til produkt</div>				
			Delsum	NOK 8 370,00
			Forsendelse Ekspres leverert på døren (1-2 dager)	NOK 0,00
			MVA	NOK 0,00
			Sum utestående	NOK 8 370,00

 Lagre handlevogn
  Tøm handlevogn

Figur 75: Utdrag fra bestillingsordre

Gruppen konkluderte med at det å bruke over 8000kr på kun kontakter, er alt for mye for en prototype på dette stadiet, men ville fortsatt ha de med i dokumentasjonen i tilfelle de skulle være aktuelle å bruke i et ferdig produkt som et valg alternativ til Amphenol kontaktene.

Vi har ut ifra fått web katalogen fra leverandørene til KDA på kontaktene de bruker, funnet passende kontakter der og dokumentert med disse. KDA kan da eventuelt bruke denne typen kontakter ved senere anledning. Dette gjelder da også komponentplasseringen på bak panelet som kan sees i figur 76.



Figur 76: AutoCAD Tegning: Bak panel med Amphenol kontakter

Kontaktene vi har valgt å dokumentere med kommer fra leverandøren PEI-Genesis. Vi har da brukt databladet vi fikk fra KDA for å sette sammen riktig type Amphenol kontakter. Vi har valgt å benytte 3 forskjellig størrelse på kontaktene, henholdsvis 10, 18 og 22. Dette er størrelser som er oppgitt i Amphenol Solutions' guide dokumentet vi har fått utlevert, se vedlegg – Amphenol kontakter. Til disse kontaktene vil det være motstykker (plugger) som sitter på kablene, slik at man kan koble lett til og fra enheten.

Til prototypen vår har vi derimot valgt å benytte PG-nipler som en mulig løsning på dette stadiet. Dette er fordi budsjettet vårt ikke strekker til om vi skal kjøpe inn riktig type kontakter. Enhetens funksjoner vil dessuten fungere som tiltenkt selv om vi bruker PG nipler. Vi kjører da kablene rett inn i enheten vår og kobler oss rett på klemmene på kretskortet. PG niplene fungerer da som strekkavlastere for kablene slik at ikke skruklommene får for stor belastning. Eneste forskjell vil være at det er mer tungvint å koble til eller fra enheten, noe som ikke vil ha stor betydning for en prototype. De aktuelle PG niplene vi har valgt å bruke er fortrinnsvis PG 21 for tilførselskablene, PG 16 for forbrukerkursene og til slutt M12 for temperaturføleren.

14.3.2 Panelet inneholder da:

Bak panelet inneholder nå da 2 stk. PG 21 nipler for strømtilførselene, 15 stk. PG 16 nipler for forbrukerkursene og M12 nippel til temperaturføleren.

14.3.3 Komponent plassering:

Først plasserte vi de 15 PG 16 niplene til forbrukerkursene. Disse ble da plassert 15mm fra kantene og med 15mm mellomrom på 2 rader hvor 9 stk. er plassert på den nederste raden og 6 stk. på den øverste raden. 15mm til høyre for PG 16 nippelen på øverste rad plasserte vi PG 21 niplene og deretter M12 nippelen.

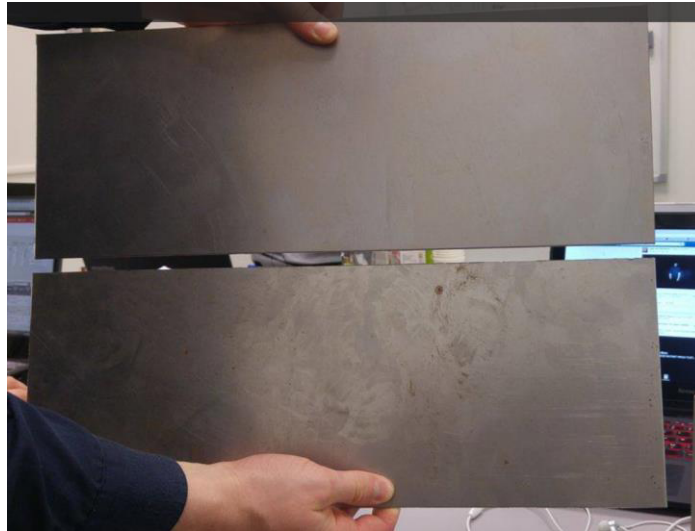
Den endelige plasseringen på bak panelet kan sees i figur 77.



Figur 77: AutoCAD Tegning: Endelig plassering med PG nipler

14.4 Utforming og lakking av panelene

Da vi var ferdige med å plassere komponentene på både front og bak panelene var det på tide å lage de. Vi begynte da med å måle nøyaktig hvor store panelene skulle være og fikk laget en mal i papp. Etter det var vi så heldige at vi fikk hjelp av Per Morten, som er ansvarlig for verkstedet på skolen til å kappe ut platene til oss i metall. Vi endte da opp med 2 identiske plater som måtte modifiseres videre. Etter litt fin sliping av kantene passet disse platene perfekt til chassiset og kan sees i figur 78.



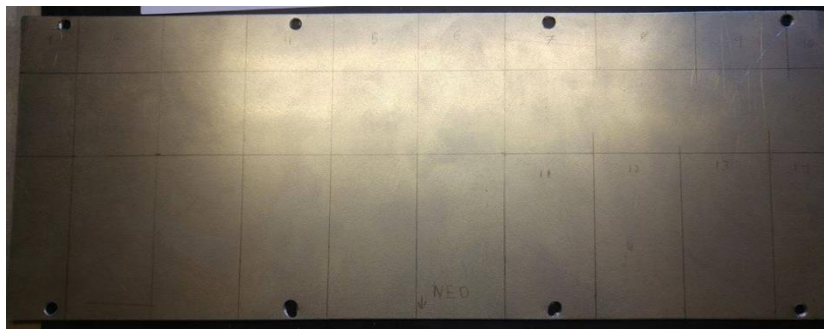
Figur 78: Front og Bak plate før tilpasning

Neste steg i prosessen var å merke hvor vi måtte borre ut til skruehullene. Dette gjorde vi ved å bruke en spesiallaget tusj som kan markere gjennom «dype» hull. På denne måten fikk vi nøyaktige punkt å bore etter. For å opprettholde denne nøyaktigheten har vi hele tiden benyttet oss av en kjørner for å få et spor i metall platen som boret kan følge. Deretter benyttet vi oss av bor maskinen i verkstedet på skolen og laget hullene med denne.

Videre måtte vi markere hvor alt av komponenter skulle komme på platene. Vi brukte da tegningene fra AutoCAD som vi hadde skrevet ut på forhånd og markerte begge platene ut fra disse, se figur 79 og figur 80.

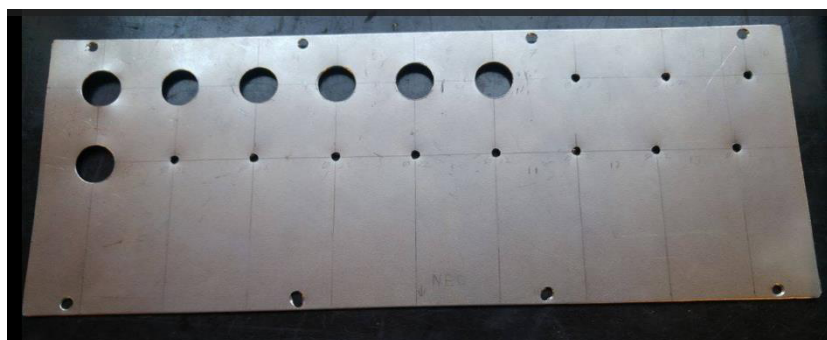


Figur 79: Markering av bak plate del 1



Figur 80: Markering av bak plate del 2

Etter vi hadde målt ut hvor vi skulle bore og skjære ut hen, var det på nytt på tide og kjørne slik at boret ikke ville skli under boring. Deretter måtte vi først forbore med et litt mindre bor, og brukte så en trappefres for å få riktig størrelse på hullene, se figur 81.



Figur 81: Bak plate: Boring av hull

På front panelet var det noen steder vi måtte skjære ut firkantede hull til skjermen, hovedsikringene og til USB kontakten. Disse kan sees markert med svart tusj i figur 82.



Figur 82: Front plate: Før utskjæring av hull for LCD skjerm

Dette gjorde vi ved å bore små hull i hjørnene, og deretter brukte vi en luftdrevet blekk sag og skar så i mellom hullene. Til slutt skar vi kantene rette, se figur 83.



Figur 83: Front plate: Etter utskjæring av hull for LCD Skjerm

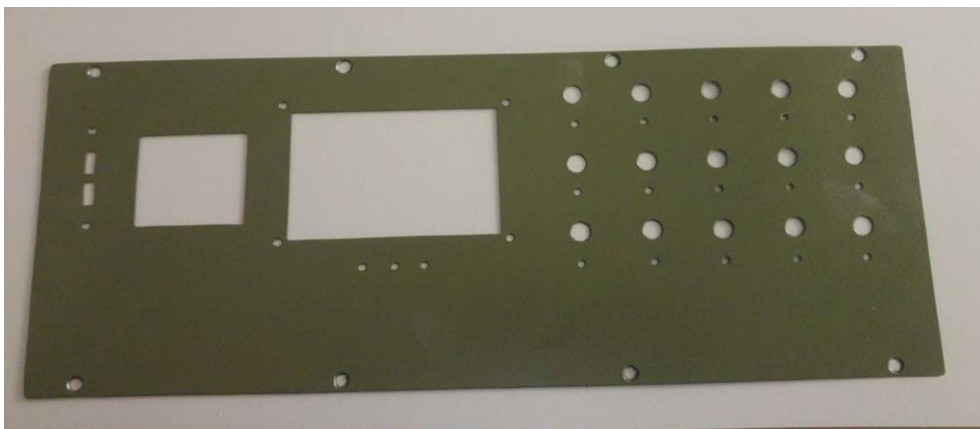
Da vi endelig hadde fått skåret ut alle hullene i riktig størrelse test monterte vi de komponentene som vi hadde tilgjengelig og da gjensto selve lakkeringen. For å få tak i riktig farge, tok vi med oss topp lokket til chassiset til Fargerike her i Kongsberg slik at de kunne matche fargen. Så var det hjem og hente nødvendig lakk utstyr fra garasjen hjemme og ta med dette opp på verkstedet vi fikk bruke til lakkering. Vi fikk også låne en lakk sprøyte av svigerfaren til en av medlemmene i gruppen, noe som gjorde det lettere å få et godt resultat på lakkeringen.

Før vi kunne begynne med selve lakkeringen måtte platene pusses slik at lakken ville feste seg skikkelig. Til dette brukte vi sandpapir. Først slipte vi med en grovhet på 180, før vi tok fin pussen med 400 papir. Deretter måtte vi vaske ren platene for støv og fett, noe vi gjorde med Aceton. Platene var så klare til lakking, se figur 84.



Figur 84: Front Plate: Før lakking

Selve lakkeringen gjorde vi så ved hjelp av lakk sprøyten vi hadde fått låne. Vi trengte 3 strøk med lakk for å få et bra dekkende resultat. Det var derimot en tørketid på ca. 4 timer mellom hvert strøk, så det ble en del dokumentasjon i mellomtiden. Det endelige resultatet kan sees i figur 85.



Figur 85: Front Plate: Etter lakking

Det som gjensto til slutt var da å montere på alt utstyr, eventuelt fin tilpasse der hvor der trengtes og montere platene til chassiset. Vi begynte da med å montere alle kurssikringene som gikk rett inn der de skulle. Disse er festet til panelet med muttere i forkant, og selve sikringen er det gjenger på. Videre var det montering av holdere til LED diodene. For å få på plass holderne slik at de satt ordentlig, måtte vi borre opp hullene til disse med noen få millimeter. Disse er klipset rett inn i chassiset, men for å få de til å sitte bedre har vi lagt til en skive på hver i bak kant. Til selve hovedsikringene var vi nødt for å lage en spesiell tilpasning for å holde på plass selve skinnen som igjen sikringene sitter fast i. Denne skinnen kallen en DIN skinne, og er spesielt tilpasset til å montere sikringer på. Det vi gjorde var å sette sikringene inn i hullet de skulle sitte i, deretter hadde vi kjøpt inn

gjengestag som vi boret ut igjennom front platen. Gjengestaget er festet med muttere i front platen. Så tilpasset vi lengden på gjengestagene slik at DIN skinnen kan festes til gjengestagene med muttere mens sikringene sitter på skinnen. USB kontakten har skruer i front som vi allerede har laget hull til i front platen. Det som måtte gjøres her var å finslipe litt på hullene for selve USB uttakene. Det var bare snakk om mindre justeringer som måtte til. Til slutt var det å montere LCD skjermen. Denne har 4 skruer i hvert hjørne som vi har tatt hensyn til og boret ut til. Har var det også kun små justeringer på selve hullet til skjermen som måtte til for at den skulle stikke ut av front platen på riktig måte. Resultatet av front og bak panelet kan sees under i figur 86.



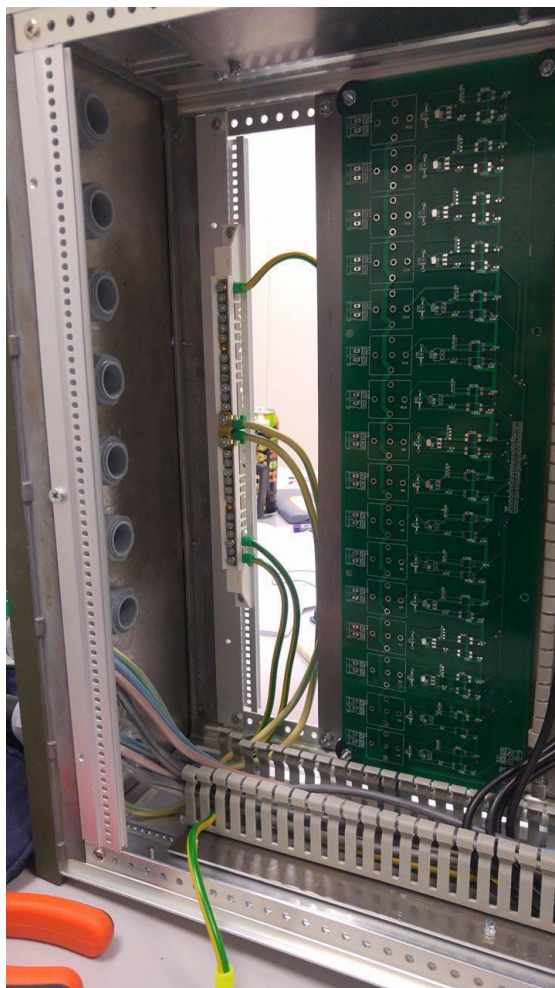
Figur 86: Ferdig front panel

14.5 Modifisering av chassis og kabling

Før vi kunne begynne å plassere komponenter inne i det tomme chassiset vi hadde fått fra oppdragsgiver, trengte vi noen plater som vi kunne montere alt vårt utstyr på uten å lage hull og fester i selve chassiset. Grunnen for at vi ikke ville dette var for å ikke endre noen på utseende på selve chassiset slik at oppdragsgiver eventuelt kan bruke chassiset på nytt til andre ting senere om de vil det. Innvendig i chassiset går det allerede noen skinner, både i bunn og på lang sidene som vi tenkte å benytte oss av til å feste selve platene i. Vi fant så en plate i verkstedet på skolen som vi kunne få til dette formålet, men platen var ikke stor nok til bunnen av chassiset, så av denne platen lagde vi 2 mindre plater som skulle stå i langsidene av chassiset. Til selve bunn platen reiste vi og fikk handlet inn en stor plate. Av denne fikk vi klipt ut en passende stor bunn plate. Vi har tatt hensyn til lufting på en slik måte at bunn platen ikke dekker hele bunn av chassiset og står med avstandsklossen ned mot selve bunnplaten til chassiset som har luftehull i seg. Da vi endelig hadde fått montert fast disse platene kunne vi begynne å se på komponentplasseringen.

Det første som måtte på plass var relékortet, ettersom dette tar opp vesentlig med plass. Dette kortet er plassert lengst mulig bak i chassiset slik at det er nærmere der hvor kursene kommer inn.

Helt bakerst i chassiset har vi festet en jordskinne. Denne jordskinnen sørger for en god utjevningsforbindelse opp mot alle forbruker kursene. Grunnen til at den står der den gjør er for at alle kursene skal kobles inn på denne skinnen med jordlederne. Se figur 87.



Figur 87: Rele kort jordskinne

Helt i front er det plassert rekkeklemmer som fordeler hovedstrømmen ut til sikringene til forbrukerkursene og et sett med rekkeklemmer til minus lederne til kursene. Ettersom alle sikringene er en pol så er det kun pluss lederen som blir brutt.

For å måle strømforbruket til forbrukerkursene, har vi en ampere måler. For at denne skal sitte trygt fast, har vi valgt å plassere denne inne i en tett koblingsboks som står like bak hovedsikringene.

Selve mikrokontrolleren som styrer skjermen sitter fastmontert på selve skjermen som igjen sitter i front panelet, men den siste mikrokontrolleren og de resterende kretskortene sitter montert på den ene side veggen i chassiset.

På motsatt side går all hovedstrømmen igjennom kabelkanaler som vi har montert fast. Vi har valgt å legge ledningene i slike kabelkanaler for at det skal være pent og ryddig inne i enheten.

14.6 Konklusjon

Det har gått med mye tid til utformingen av chassiset i sin helhet, men takket være nøye forarbeid og detaljerte tegninger med nøyaktige mål har resultatet blitt meget bra. Gruppen er godt fornøyd med hvordan enheten ser ut, både innvendig og utvendig. Den tilfredsstillende alle kravene fra oppdragsgiver, med unntak av et krav som er blitt endret. Det har vært en del utfordringer underveis, men gruppen har tatt utfordringene og løst de på en god tilfredsstillende måte.

15 Konklusjon

Dette dokumentet beskriver hvordan Longevity har utviklet og bygget prototypen som er laget i construction fasen av prosjektet. Konseptutviklingen, teknologivalgene og arkitekturplanen fra elaboration fasen har i construction fasen blitt videreutviklet fra papir og teori til praktisk prototyp. Dette har vært en svært lærerik prosess. Det at prototypen inneholder mange av fagdisiplinene innenfor elektrofaget gjør at det prototypen har en hel del grensesnitt som vi har måtte forholde oss til gjennom denne fasen. Her kan det nevnes samspillet mellom bruker og software, software til relestyring og relestyring av hovedstrømmen. Kompleksiteten dette medfører gjør at det settes store krav til systems engineerings prosessen for å få ett fullverdig produkt. Gjennom arbeidet har vi fått bruk for flere system engineerings verktøy og ikke minst tankegangen som medfølger. Vi har forsøkt å bruke disse verktøyene så proaktivt som mulig slik at vi på tidligst mulig tidspunkt har fått øye på problemer eller mulige utfordringer langs veien. Viktigheten av gode kretstegninger i CAD og oversikts skjema i Microsoft Visio har vist seg å være avgjørende i forhold til å illustrere forskjellige «interfaces» i prosjektet og skaffe seg en totaloversikt manns ellers ikke ville ha fått i ett slikt prosjekt.

16 Referanser

adafruit, 2016. *Adafruit-MAX31855-library*. [Internett]

Available at: <https://github.com/adafruit/Adafruit-MAX31855-library>
[Funnet 3 april 21016].

Andersen, P. B., 2016. *Store Norske Leksikon*. [Internett]

Available at: https://snl.no/elektromagnetisk_kompatibilitet

Anon., 2003. *IPC-2221 - Generic standard on printed board design*, Northbrook: IPC.

Anon., 2012. *BATTERY VOLTMETER SOC TEMPERATURE CORRECTION*. [Internett]

Available at: <http://all-about-lead-acid-batteries.capnfatz.com/all-about-lead-acid-batteries/lead-acid-battery-maintenance/battery-voltmeter-soc-temperature-correction/>
[Funnet 14 april 2016].

Anon., 2015. *National Instruments - How to Choose the Right Relay*. [Internett]

Available at: <http://www.ni.com/white-paper/2774/en/>
[Funnet 21 02 2016].

Anon., 2016. *Electronic circuit breakers*. [Internett]

Available at:

https://www.phoenixcontact.com/online/portal/us?1dmy&urile=wcm:path:/usen/web/main/products/subcategory_pages/electronic_device_circuit_breakers_p-17-01-05/921456f4-b52a-4bd8-bf30-b383f7a5e9f3

[Funnet 10 02 2016].

Anon., 2016. *High Performance Circuit Breakers | 4930 | E-T-A*. [Internett]

Available at: http://www.e-t-a.com/products/circuit_protection_devices/high_performance_circuit_breakers/p/4930/
[Funnet 25 02 2016].

Anon., 2016. *Thermocouple*. [Internett]

Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/Thermocouple>
[Funnet 10 Mai 2106].

Anon., u.d. [Internett].

Anon., u.d. l: s.l.:s.n.

Anon., u.d. *Arduino*. [Internett]

Available at: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
[Funnet 25 02 2016].

Anon., u.d. *Remote Control Circuit Breaker 4930 (RCCB)*. [Internett]

Available at: http://www.e-t-a.com/fileadmin/user_upload/Ordnerstruktur/pdf-

Data/Products/Elektromechanik/4 pdf Leistungsschutz/4 pdf englisch/D 4930 ENG.pdf
[Funnet 15 02 2016].

Anon., u.d. *Wikipedia*. [Internett]
Available at: <https://no.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>
[Funnet 14 02 2016].

Arduino, u.d. *Arduino Mega*. [Internett]
Available at: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>
[Funnet 11 mai 2016].

Brad, 2006. *Circuitcalculator*. [Internett]
Available at: <http://circuitcalculator.com/wordpress/2006/01/31/pcb-trace-width-calculator/>

Comrod, u.d. *ComPact 2400 AC/DC*. [Internett]
Available at:
<http://www.comrod.com/getfile.php/Datasheets/T%20Power/Compact2400acdc.pdf>
[Funnet 05 02 2016].

Douglas, S., 2012. *Electromechanical vs. Solid-State Relays*. [Internett]
Available at: <http://blog.heilind.com/2012/10/electromechanical-vs-solid-state-relays-decisions-decisions/>
[Funnet 16 02 2016].

Energy development co-operative limited, 2016. *Cable Size Calculator Tool - DC Power Cables*. [Internett]
Available at: <http://www.solar-wind.co.uk/cable-sizing-DC-cables.html>
[Funnet 15 Mai 2016].

Henning Karlsen, 2016. *Library: UTouch*. [Internett]
Available at: <http://www.rinkydinkelectronics.com/library.php?id=55>
[Funnet 10 04 2016].

Henning Karslen, 2016. *Library: UTFT*. [Internett]
Available at: <http://www.rinkydinkelectronics.com/library.php?id=51>
[Funnet 12 April 2016].

Henry, 2016. *Henry's Bench*. [Internett]
Available at: <http://henrysbench.capnfatz.com/henrys-bench/arduino-current-measurements/acs758-arduino-current-sensor-tutorial/>
[Funnet 2 april 2016].

Henrys Bech, u.d. *ACS758*. [Internett]
Available at: <http://henrysbench.capnfatz.com/henrys-bench/arduino-current-measurements/acs758-arduino-current-sensor-tutorial/>
[Funnet 14 Mai 2016].

howtomechatronics, 2016. *How I2C Communication Works and How To Use It with Arduino*. [Internett]

Available at: <http://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/how-i2c-communication-works-and-how-to-use-it-with-arduino/>

[Funnet 15 April 2016].

Karlsen, H., 2016. *Rinky-Dink electroics*. [Internett]

Available at: <http://www.rinkydinkelectronics.com/>

[Funnet 12 April 2106].

Kongsberg gruppen, u.d.

<http://www.kongsberg.com/en/kds/products/groundbasedairdefencesystems/nasams/>

[Internett]

Available at:

<http://www.kongsberg.com/en/kds/products/groundbasedairdefencesystems/nasams/>

[Funnet 16 02 2016].

Lervik, E., 2011. *Mal for sluttrapport*. [Internett]

Available at: <https://www.ntnu.no/iie/fag/maler-standarder/rapportmaler/sluttrapport.html>

[Funnet 15 02 2016].

Mahaffey, T. R., 2012. *Electromechanical Relays Versus Solid-State: Each Has Its Place*.

[Internett]

Available at: <http://electronicdesign.com/components/electromechanical-relays-versus-solid-state-each-has-its-place>

[Funnet 25 02 2016].

Margolis, M., 2012. *Arduino cookbook*. I: *Arduino cookbook*. s.l.:O'Reilly , p. 724.

Otra, 2016. *1074553 - H07RN-F LX 5G6 H07RN-F LX 5G6*. [Internett]

Available at: <http://www.otranorge.no/E-Commerce/Product-Catalogue/ProductDetails/d842dcba-75ef-4eb8-b704-0fe32b6cb36b>

[Funnet 3 April 2016].

Otra, 2016. *1268802 - REKKEKLEMME WDU 6 NR.102020*. [Internett]

Available at: <http://www.otranorge.no/E-Commerce/Product-Catalogue/ProductDetails/60b357d2-8081-4a65-a679-609ae3b55380>

[Funnet 02 Mai 2016].

Otra, 2016. *1268873 - LASK WQV 2,5 10P NR 105446 FOR WDU*. [Internett]

Available at: <http://www.otranorge.no/E-Commerce/Product-Catalogue/ProductDetails/561506bb-03fe-4b4c-9e51-88b291fd7883>

[Funnet 02 Mai 2106].

Otra, 2016. *1611167 - A9N18446 Aut.sikr C120H 1P 80A/C*. [Internett]

Available at: <http://www.otranorge.no/E-Commerce/Product-Catalogue/ProductDetails/9a3c8803-ddc6-4b52-8e2f-37d9b0e0e553>

[Funnet 03 Mai 2016].

- Otra, 2016. *1633771 - JORDINGSLIST KLB 24*. [Internett]
Available at: <http://www.otranorge.no/E-Commerce/Product-Catalogue/ProductDetails/f84206a1-0440-4e5a-b5ab-75972ca8f384>
[Funnet 02 Mai 2016].
- Otra, 2016. *1725549 - PLASTHOLDER FOR KLB 16 ABB*. [Internett]
Available at: <http://www.otranorge.no/E-Commerce/Product-Catalogue/ProductDetails/05c7cdba-7b98-4892-9e7c-6bb05ef5a99d>
[Funnet 2 Mai 2016].
- Pentair, 2016. *PCB Accessories / Retainers - Schroff*. [Internett]
Available at: <http://www.pentairprotect.com/en/schroff/Product-Printed-Circuit-Board-Hardware-PCB-Wedge-Card-Loks>
[Funnet 13 02 2016].
- Perez, R., 1993. *Lead-Acid Battery State of Charge vs. Voltage*, Boston: Home power.
- RapidTables, 2016. *RGB Color Codes Chart*. [Internett]
Available at: http://www.rapidtables.com/web/color/RGB_Color.htm
[Funnet 10 April 2016].
- Ritchey, T., 2002. *General Morphological Analysis*. [Internett]
Available at: <http://www.swemorph.com/ma.html>
[Funnet 12 02 2016].
- Sainsmart, u.d. *SainSmart 4.3" TFT LCD Touch Screen+ TFT LCD Shield for Arduino Mega2560 R3*. [Internett]
Available at: <http://www.sainsmart.com/sainsmart-4-3-tft-lcd-touch-screen-tft-lcd-shield-for-arduino-mega2560-r3.html>
[Funnet 25 02 2016].
- ST, 2013. *3 A low drop positive voltage regulator: adjustable and fixed*, s.l.: ST.
- Taylor, A., 2012. *schroff 19" 3u-case*. [Internett]
Available at: <https://grabcad.com/library/schroff-19-3u-case>
[Funnet 2012 03 18].
- Unknown, u.d. *Wikipedia*. [Internett]
Available at: https://no.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi
[Funnet 01 03 2016].
- Vartech, u.d. *VarTech's 8.4" All-Weather, All-Terrain, Harsh-Duty LCD Display System*. [Internett]
Available at: <http://www.vartechsystems.com/products/model/aw/VT084XA4.asp>
[Funnet 26 02 2016].
- VIS, P. J., 2010. *Heat Sink Voltage Regulator*. [Internett]
Available at:
http://www.petervis.com/electronics/Voltage_Regulator_Heatsink/Heatsink_for_TO-

220 Voltage Regulator.html

[Funnet 9 Mai 2016].

Wikipedia, 2015. *Galvanic isolation*. [Internett]

Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Galvanic_isolation

[Funnet 5 05 2016].

XIAMEN AMOTEC DISPLAY CO.,LTD, 2008. *Spesifications of LCD Moudule*. [Internett]

Available at: <https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/ADM1602K-NSA-FBS-3.3v.pdf>

[Funnet 16 02 2016].

http://media.draka.no/2015/06/Teknisk-H%C3%A5ndbok-2010_final-til-web.pdf

17 Vedlegg

17.1 Innholdsfortegnelse vedlegg

<u>1.</u>	<u>Kabelvedlegg</u>
<u>2.</u>	<u>AutoCad tegninger</u>
<u>3.</u>	<u>Febdok</u>
<u>4.</u>	<u>RCCB Sikring</u>
<u>5.</u>	<u>Push to reset Sikringer</u>
<u>6.</u>	<u>Automotive relay</u>
<u>7.</u>	<u>Hovedsikringer</u>
<u>8.</u>	<u>Eagle krets utlegg</u>
<u>9.</u>	<u>Arkitekturskisse</u>
<u>10.</u>	<u>Programmering</u>
<u>11.</u>	<u>Batterier</u>



KONGSBERG



-Increase the longevity of your battery powered system

Transition Rapport

Longevity

Oppdragsgiver:

Kongsberg Defence Systems

Gruppemedlemmer

Navn

Initialer

Arber Demiri

AD

Thor Erik Sivertsen

TES

Magnus Thorkildsen

MT

Tore Martin Flataas

TMF

Versjon

Revisjon

Dato

**Godkjent
av**

**Antall
sider**

0.1

11.05.16

TES

11

0.2

19.05.16

TES

13

1.0

22.05.16

TES

20

1 Sammendrag

Denne transisjons-rapporten beskriver hvordan prosjektgruppen har gjennomført den siste fasen av prosjektet. Dette dokumentet beskriver hvilke prosesser som er blitt gjennomført for å avslutte dokumentasjonen av prosjektet og hva som gjenstår å gjøre frem mot den siste fremføringen. Dokumentet inneholder også en de individuelle gruppemedlemmene sin analyse av prosjektet og en felles analyse.

Etter å ha lest dette dokumentet bør leseren ha en forståelse av hva gruppen har gjort for å runde av prosjekt jobbingen, hvilke resterende tester som er blitt utført, hvilke arbeid som er blitt lagt ned i ferdigstillelse av slutt produktet, hvordan prosjekt gruppen har analysert prosjektet og hvordan gruppen har tenkt å jobbe med de siste detaljene opp mot den siste fremføringen.

2 Dokumenthistorie

Revisjon	Dato	Godkjent av	Beskrivelse
0.1	11.05.16	TES	Oppretting av dokument.
0.2	19.05.16	TES	Revisjon av dokument.
1.0	22.05.16	TES	Ferdigstillelse av dokument.

3 Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	2
2	Dokumenthistorie	2
3	Innholdsfortegnelse	3
4	Fasens mål og omfang	4
5	Ferdigstillelse	5
6	Testing	5
7	Slutt revisjon av dokumenter	7
8	Etter analyse av prosjekt arbeidet	7
8.1	Analyse av den administrative delen	7
8.2	Analyse av den tekniske delen	11
8.3	Individuell evaluering	12
9	Slutt konklusjon for prosjektet	20



4 Fasens mål og omfang

Transition phase:

I slutten av denne fasen skal gruppen ha ferdigstilt all dokumentasjon opp mot siste innlevering. Gruppen skal også ha gjennomført en analyse av prosjektet i sin helhet og gjennomført en individuell analyse. Gruppen skal også ha planlagt hvordan vi skal jobbe frem mot siste fremføringen. Vi skal også ha laget en plakat som skal introdusere prosjektet.

1. Gruppen skal ha ferdigstilt bygging av enheten.
2. Gruppen skal ha testet og validert kravene som er satt.
3. Gruppen skal ha programmert ferdig LCD displayet til enheten.
4. Gruppen skal ha fullført rapporten for transisjons-fasen.
5. Gruppen skal ha en revisjon av alle dokumenter opp imot endelig innlevering.
6. Gruppen skal vise frem det endelige produktet og lage samt fremføre hoved presentasjon for prosjektet.

Trans#1:

Denne fasen har kun bestått av denne ene iterasjonen som har tatt for seg ferdigstillelse av produktet, fullskala testing og ferdigstillelse av slutt dokumentasjonen.

Gruppen skal ha benyttet seg av følgende programmer:

- Power Point.
- Excel.
- Word.
- Arduino.

Gruppen skal fortsette med følgende programmer opp mot presentasjonen:

- Prezi.
- Power Point.
- Slide Dog.



5 Ferdigstillelse

For å ferdigstille dokumentasjonen i prosjektet har vi vært nødt til å dele opp dokumentasjons arbeid på en måte slik at vi rakk å bli ferdig. Hvert enkelt gruppe medlem har derfor vært nødt til å ta hver sin del av slutt dokumentasjonen for så til slutt føre disse sammen til et dokument. Hvert medlem har derfor analysert hvordan arbeidet med sitt ansvarsområde har foregått, tatt og revidert hvert sitt dokument som tidligere ikke har vært levert inn og til slutt sittet sammen med en felles gjennomgang for å luke ut eventuelle feil eller mangler.

Samtidig som vi har jobbet med ferdigstillelse av dokumentasjonen så har vi også jobbet med å ferdigstille programmeringen av LCD skjermen og byggingen av chassiset. På programmerings siden har vi fått til de aller fleste funksjonene som har vært satt som krav. Vi har fått dekket alle krav fra oppdragsgiver, men er noen krav som vi har satt selv som vi ikke har klart å møte. Dette skyldes blant annet vår mangel på kunnskap i programmering og kjennskap til hvor komplekst programmeringen av enkelte funksjoner faktisk er.

Ferdigstillelsen av chassiset er ikke helt ferdig. Vi har på grunn av dårlig tid, måtte lage til litt provisoriske løsninger slik at vi fikk testet funksjonene til enheten. Dette gjorde vi for å få oppdatert test spesifikasjonene før siste innleveringen. Det som gjenstår er i all hovedsak litt finpuss på kabling og festing av de siste kretskortene før fremføringen.

6 Testing

I denne siste fasen av prosjektet har vi som nevnt over gjennomfør en del testing. Vi har testet alle systemets funksjoner og sjekket at de virker som de skal.

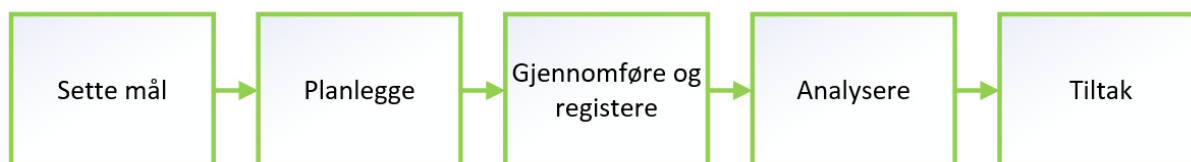
Vi startet testingen med å se på kraftelektronikken til enheten. Dette innebærer strømmen inn til enheten fra strømforsyningen, igjennom enheten vår og ut på forbrukerkursene. Vi så da samtidig på styringen av reléene og at de faktisk kuttet strømmen som tiltenkt. Før vi koblet på strømmen fra strømforsyningen, gikk vi grundig over alle tilkoblinger i enheten og fulgte nøye etter skjemaene vi hadde laget. Deretter målte vi ut at vi hadde kontakt på alle de riktige stedene, og at vi ikke hadde kontakt der vi ikke skulle ha det. Etter at vi hadde godkjent kablingen og tilkoblingene satte vi på strømmen på Comrod en, altså strømforsyningen vår. Deretter målte vi at vi hadde de riktige spenningene der vi skulle ha det. Vi fikk 28V ut på forbrukerkursene og 5V inn på styringselektronikken.

Videre var vi nødt til å teste skjermen med alle tilhørende funksjoner. Dette gjaldt da testing av nedtrapping av nivåer, varsling ved nedtrapping av nivåer, og batteri overvåkingen. Vi koblet opp skjermen til resten av enheten for å gjennomføre testingen. Vi begynte med å se på batteri overvåkingen og beregningen av «State of Charge» (SoC), som er gjenværende

batterikapasitet i %. Vi har da en ampere måler som gir oss strømforbruket til enhver tid, kombinerer vi dette med spenningen på batteriet, kan vi gå inn i en «look up table» basert på strømforbruk på slike batterier, og lese av gjenværende batteri kapasitet i %, altså SoC. Vi satt så prioritet på de ulike kursene for å se om nedtrappingen virket som tiltenkt. Etter hvert som spenningen gikk ned, så skrudde enheten av kursene satt til prioritet 3, deretter prioritet 2 og til slutt prioritet 1. Enheten varslet også ved hjelp av både lys og lyd. Testene var derfor en suksess.

7 Økonomi

Fra starten av prosjektet har disponert et budsjett fra arbeidsgiver på 50 000kr. Vi lagde oss derfor en modell som vi har fulgt opp under prosjektet.



Figur 1: Fremdrifts modell

I starten av prosjektet så har vi estimert en pris på 27 782kr. Det tar da med seg utstyr, programvare, montering og bygging. Vi fikk høre fra oppdragsgiver at det var et optimistisk budsjett ettersom de har god kunnskap over hvor dyre spesifikke militær deler er.

Ettersom prosjektet gikk og vi begynte å planlegge å gjøre research på ulike konsepter til enheten så fant vi også ut priser på enkelte faktiske komponenter. Vi måtte her gjøre vurderinger over hva vi ville gå for ettersom både pris og levering var kritisk for prosjektet.

Vi startet da med prosessen med å legge ut for komponenter selv da dette gikk fortere enn å gå gjennom arbeidsgiver. Gjennom gjennomføring av bestillinger var det derfor viktig å registrere hva/fra hvor og hvor mye komponentene kostet å lage en liste over utlegg med kvitteringer/faktura slik at oppdragsgiver kunne tilbakebetale utgiftene vi har hatt gjennom prosjektet.

Etter komponentene var mottatt startet vi en ny prosess med å evaluere deg som vi hadde mottatt. Fungerer komponenten slik det var tiltenkt. Hvis ikke så måtte vi vurdere hvorfor den i såfall ikke gjorde det. I noen tilfeller så har vi gjort tiltak ved å etterbestille deler som følge av testing som har avdekket feil fra leverandøren sin side

Per dags dato har vi lagt ut for 11 798kr det mangler da enkelte frakt/tollkostnader som tar tid før man mottar dette i posten. Det gjenstår også en stor regning over alt elektro materiell fra elektrogrossist Otra som blir lagt ved endelig overtagelse og kostnader knyttet til utskrift av plakater til fremføringen. Vi ser da at vi havner rundt det vi har estimert og kan til og med gå under hva som er estimert. Vi har da langt igjen fra å nå arbeidsgivers totale budsjett noe som begge parter bør være godt tilfreds med.



8 Slutt revisjon av dokumenter

Mye av tiden i den siste fasen har gått til slutt revisjon av dokumenter. Vi har revidert både test og krav spesifikasjonene, transisjons-rapporten, refleksjonsnotater og gått over gamle dokumenter etter feil og eventuelle mangler.

I test spesifikasjonene har vi ført inn alle resultatene fra testene som er gjort i denne fasen. Vi har også ført inn hvilke tester som ikke er godkjent og hvilke som ikke er testet. Dette er riktignok bare et fåtall av testene og gjelder kun tester som er satt av egne krav og ikke oppdragsgiver sine. Vi har også pyntet litt på oppsettet for at sporbarheten skal være bedre.

Kravspesifikasjonen har også gjennomgått samme endring som test spesifikasjonen på oppsettet. Vi har også lagt de få kravene som har utgått som følge av endringer underveis i prosjektet. Dette gjelder spesielt opp mot operatørstasjon som ikke lenger er aktuelt.

Transisjons-rapporten er blitt ferdigstilt og er klar til innlevering. I denne rapporten har hovedfokuset vært å oppsummere prosjektet så langt ved å gjennomføre en analyse. Denne analysen er basert på gruppens og hvert enkelt gruppemedlems refleksjon av prosjektet.

Det siste steget som er gjort er at vi gikk igjennom alle tidligere dokumenter og så etter avvik fra endelig oppsett. Her måtte enkelt dokumenter endres i liten grad, og vi måtte endre versjon nummer ettersom dette er en ny innlevering.

9 Etter analyse av prosjekt arbeidet

I dette kapitlet har vi foretatt en evaluering av bachelor prosjektet vårt. Den første delen av etter analysen handler om hvordan det administrative har fungert i prosjektarbeidet og tar for seg tids estimering, planlegging, møter og presentasjonene. I den andre delen av analysen har vi sett på hvordan den tekniske delen av prosjektet har gått. Så kommer den individuelle evaluering fra hvert av gruppemedlemmene. Deretter har vi en slutt evaluering av hele prosjektet i sin helhet og en konklusjon helt til slutt. Etter å ha lest dette kapitlet vil leseren ha en god forståelse av hvordan gruppen selv mener prosjekt arbeidet ha gått.

9.1 Analyse av den administrative delen

9.1.1 Tids estimering



Tidsestimeringen av prosjektet ble foretatt i den innledende fasen av prosjektet allerede i januar. Vi baserte antall timer på tidligere prosjekter og bestemte at alle gruppemedlemmene skulle legge inn 600 timer hver, altså 2400 timer totalt. Vi hadde da tatt hensyn til eventuelle ferier, innleveringer og eksamener. Alle medlemmene har lagt inn de timene de skal og litt til.

Vi forstod etter hvert at vi hadde feilberegnet hvor mye tid som ville gå til innleveringene i Reguleringssteknikk 2, noe som gjorde at vi kom litt på etterskudd. Vi måtte derfor jobbe mye sene kvelder etter hver innlevering for å ta igjen tapt tid, noe vi fikk til på en god måte.

Vi fikk også erfare at de administrative oppgavene tok lang tid. Vesentlig lengre enn hva vi hadde forutsett. Vi fant fort ut av dette og justerte da tidsplanleggingen deretter.

Hvert gruppemedlem har bidratt med sine timer og vi har gått forbi de 600 timene som var opprinnelig planlagt. Vi har i ettertid sett at dette prosjektet og dets omfang er stort nok til å dekke arbeid til flere gruppemedlemmer. Vi har reflektert oss frem til at vi helst skulle hatt så mye som 2 medlemmer til, helst da fra data linjen på skolen som kunne jobbet nesten selvstendig med programmering.

9.1.2 Planlegging

Gruppen hadde bestemt seg allerede før oppstart av prosjektet at vi trengte en god og detaljert nok fremdriftsplan som vi kunne følge underveis i prosjektet. Denne fremdriftsplanen er opparbeidet med grunnlag i prosjektmodellen vi har valgt å gå for. På denne måten fikk vi lagt inn alle de ulike fasene i modellen og hvor mange iterasjoner vi skulle ha i hver fase. Vi la også inn ulike milepæler slik som innleveringsfrister og presentasjoner.

Gruppen har fulgt denne fremdriftsplanen nøye gjennom hele prosjektet og har stort sett holdt oss til de ulike tidsfristene. Vi kom som nevnt over litt på etterskudd etter hver innlevering i Reguleringssteknikk 2, men fikk hentet oss godt inn etter kort tid. Fordelen med den detaljerte fremdriftsplanen, var at vi lett kunne se hvor vi var og faktisk skulle være ved de ulike tidspunktene. På denne måten fant vi ut hvor mye vi måtte jobbe for å hente oss inn, og når vi faktisk var på riktig spor igjen. Vi endte opp med kun en vesentlig endring av fremdriftsplanen hvor vi måtte endre litt på noen datoer for å få planen til å stemme. Dette var rett i etterkant av Reguleringssteknikk 2 innlevering 1. Vi har fulgt prosjektmodellen som heter «Unified Process», denne modellen har vært til god hjelp å følge ettersom den har tillatt oss å jobbe med ulike deler av prosjektet til forskjellig tider, noe som har passet dette prosjektet utmerket.

9.1.3 Møter

Gruppen har hatt ukentlig veiledningsmøter med intern veileder, med kun få unntak. På disse møtene har vi oppdatert veileder med status på prosjektet, ukentlige timelister, oppfølgingsnotater, vist fremgangen siden sist møte, vist nye komponenter, stilt tekniske spørsmål om ting vi har lurt på og detaljer rundt prosjekt fremgangen og dokumentasjonen.

Disse møtene har vært til hjelp for prosjektgruppen i den grad at vi har fått svar på de aller fleste spørsmålene vi har lurt på, hvis ikke veileder har kunnet svare på spørsmålet direkte har vedkommende vært flink til å ta spørsmålet videre til noen som har kunnet svare. Vi har også fått nyttige tips opp imot dokumentasjonen og ikke minst i forhold til de ulike fremføringene. Veileder har også virket fornøyd med fremgangen i prosjektet, og resultatene underveis.

Det har også vært holdt jevnlig møter med ekstern veileder. Til disse møtene har vi på forhånd sendt mail om agenda for møtene, tidspunkt for møte og eventuelle spørsmål slik at veileder har kunnet forberedt seg til møte.

Møtene med ekstern veileder har vært veldig produktive for vår del hvor vi har fått svar på spørsmålene våre, enten direkte eller på mail i etterkant. Vi har også på disse møtene fått



utstyr som vi har bedt om på forhånd og oppdatert ekstern veileder om fremdriften til prosjektet og selve resultatet underveis.

9.1.4 Presentasjoner

I dette prosjektet har det underveis vært holdt 2 presentasjoner og skal holdes en avsluttende presentasjon etter all dokumentasjon er innlevert. Disse presentasjonene har hatt vært sitt hovedfokus, hvor første presentasjon var en introduksjon til oppgaven. Her introduserte gruppen de ulike gruppemedlemmene, deres bakgrunn, oppdragsgiver og hva prosjektet gikk ut på. Vi la frem hvilken prosjekt-modell vi hadde valgt å gå for og hvordan vi hadde tenkt å følge denne. Vi la også frem en foreløpig kravspesifikasjon med krav fra både oppdragsgiver og gruppen selv, med tilhørende testspesifikasjon. Til slutt hadde vi med foreløpig fremdriftsplan og hvordan vi hadde tenkt å jobbe videre i neste fase av prosjektet.

Vi var godt fornøyd med hvordan første presentasjon gikk, men var samtidig skuffet over oss selv, ettersom vi ikke hadde fått luket ut vesentlige skrivefeil som vi fikk påpek for. Både de interne og eksterne sensorene og veilederne virket ellers godt fornøyd med selve presentasjonen. Vi fikk også gode skussmål for dokumentasjonen som fulgte med.

På andre presentasjon fremla gruppen valgt konsept som gruppen skulle jobbe videre mot. Vi fremla da de ulike konseptvalgene og teknologi valgene vi hadde foretatt oss for å komme opp med det endelige konseptet. Vi hadde også en foreløpig konsept-skisse av hvordan vi så for oss at enheten ville se ut. Vi presenterte så hvordan vi lå an i prosjektet så langt og hvordan vi så for oss veien videre frem mot selve konstruksjonen av enheten og slutt dokumentasjonen.

Vi fikk til denne presentasjonen jobbet mer med å luke ut skrivefeil, og fikk ingen påpekning på dette denne gangen. Vi var også meget godt fornøyd med det vi leverte på denne presentasjonen, men skulle gjerne ha brukt litt lenger tid på forberedelsene til selve presentasjonen. Vi måtte kutte ned på veldig mye i forkant og følte ikke vi fikk med absolutt alt vi ville ha med. Vi fikk allikevel med det absolutt viktigste på presentasjonen.

Siste presentasjonen skal være en tredelt presentasjon på totalt 1 time. Her skal vi først ha en salgs del av produktet hvor gruppen omtaler de positive sidene, sammenligner produktet mot andre produkter og forteller hvor bra dette produktet er. Den andre delen er den tekniske presentasjonen hvor vi tar for oss timeforbruket, de tekniske løsningene osv. Den siste delen av presentasjonen er en felles spørreunde hvor gruppen i sin helhet skal svare på eventuelle spørsmål. Hver del er på 20 minutter.



9.2 Analyse av den tekniske delen

9.2.1 Hardware design

Gruppen fikk tidlig utlevert et chassis som vi skulle benytte oss av fra oppdragsgiveren vår. Derfor hadde vi tidlig en viss formening om hvordan vi så for oss slutt produktet. Dette gjelder da selvfølgelig bare den utvendige delen av chassiset slik som front og bak panel med komponent plassering. Det har derimot vært store utfordringer med å finne riktig type komponenter som tålte miljøkravene satt fra oppdragsgiveren. De aller fleste komponentene vi fant taklet disse kravene, men på grunn av enkelte komponenter, var vi nødt til å søke om å endre temperaturkravet. Dette gjaldt da kravet om å tåle ekstrem kulde. Vi fikk godkjent søknaden om å endre på dette kravet og alle komponentene er da innenfor de nåværende miljøkravene.

Innvendig i enheten har gruppen valgt å feste komponentene godt slik at de tåler kravet om 15G sjokk. Vi i gruppen er godt fornøyd med hvordan innsiden av enheten har blitt.

På grunn av budsjettet for prosjektet har gruppen dessverre måtte gå bort fra en del ønskede komponenter. Dette gjelder spesielt da valg av sikringer og kontakter. Vi har derfor valgt å bruke langt mer standardiserte komponenter som er mye rimelige enn de vi først fant. Dette har til tross for enkelte design endringer bare ført til minimale endringer i funksjonalitet. Vi har blant annet måtte kombinere sikringer med reléer for å få ønsket funksjon på styring av kursene. Vi har også måtte gått for bruk av PG nipler på bak panel i stedet for kontakter som var opprinnelig planlagt. Dette har ført til at kabler til forbruker kurser må fysisk frakobles inne i enheten i stedet for å bare koble fra kontaktene. Dette er selvfølgelig mer tungvint, men funksjonen forblir den samme.

Kretskort design har bydd på en del utfordringer for prosjektgruppen ettersom vi har hatt begrenset med kunnskap innenfor kretskort design på forhånd. Det har vært veldig viktig for prosjekt gruppen å få tidlig produsert kretskort design slik at dette ble bestilt fortest mulig. Spesielt da fordi gruppen ikke har hatt tidligere erfaring fra hvor lang leveringstid det er på kretskort. Vi fikk riktignok en positiv overraskelse over hvor fort slike kretskort blir produsert og levert. Dette har ført til at vi har hatt tid til nøye testing og feilsøking av kretskortene, slik at vi har fått gjort nødvendige endringer som måtte gjøres og bestilt nye kretskort innenfor tidsfristene.

Det endelige slutt resultatet på hardware siden er veldig lik den planlagte konsept skissen som ble fremlagt på 2. presentasjonen. Dette er prosjekt gruppen veldig fornøyd med.



9.2.2 Software design

Software design for dette prosjektet tar i all hovedsak for seg selve kodingen av mikrokontrollerne med alle tilhørende funksjoner. Dette er tett knyttet opp imot kretskortene ettersom disse styres av mikrokontrollerne. Alle vesentlige funksjonene til systemet er styrt av mikrokontrollerne som igjen representerer hjernen til enheten. Gruppen har hatt svært liten forkunnskap til programmering foruten det vi har hatt i undervisning på skolen. Programmeringen har derfor bydd på noen utfordringer underveis i prosjektet.

Vi har hatt problemer med Shield en (TFT LCD Mega Shield V1.0) og 4.3 " touch skjerm fra leverandøren Sain Smart. Underveis i programmeringen møtte vi en del utfordringer med dette produktet. Skjermen begynte noen ganger å tegne inn tilfeldige streker ved trykk av kurs knapper på skjermen. Den begynte også å skru seg av tilfeldig når koden begynte å bli større. Vi greide ikke å finne feilen på hverken hardware eller software siden og endte med å kjøpe en ny Shield (v2.0 SHD10) og 4.3 " touch skjerm fra en annen leverandør, nemlig Elecfreaks. Denne gangen fungerte alt utmerket og vi ble kvitt det plagsomme problemet.

9.3 Individuell evaluering

Denne individuelle evalueringen inneholder gruppemedlemmenes egne evalueringer av prosjektet i sin helhet. Hvert gruppemedlem har sett på sitt ansvars område og hva vedkommende har bidratt med, hvilke erfaringer som er gjort underveis, hvordan samarbeidet i gruppen har vært og hvilke verktøy som har verdt til hjelp. Vedkommende skal ha sett litt på hvordan det har vært å bruke prosjekt modellen og følge den, hvordan kommunikasjonen med veilederne har vært, hvordan forløpet til prosjektet har gått og hvilke utfordringer som har vært underveis.

9.3.1 Tore Martin Flataas – Prosjekt leder

Min rolle i dette prosjektet har vært prosjektleder for gruppa. Dette har medført at jeg har sittet med totaloversikten i prosjektet som er en rolle jeg trives svært godt i. Av utdanning har jeg våpenteknisk befalsskole og har der jobbet som elektrooptisk våpenteknikker med fagbrev som automatiker. Dette har gitt gode kunnskaper innen elektroteknikk, automasjon og data. Ettersom jeg elsker å jobbe med teamarbeid og systems engineering ble dette en rolle som ble delegert til meg.

I inception fasen jobbet jeg mye med prosjektplanlegging sammen med resten av gruppen. Valg av prosjekt modell var noe som ble grundig vektlagt, da vi ønsket en modell som passet oss. Under elaborasjons fasen jobbet jeg mye med konseptutvikling, research og bygget opp mye bakgrunns teori som vi senere fikk bruk for i konstruksjonsfasen. I konstruksjonsfasen har jeg vært den som har stått ansvarlig for kretsdesign, kretskort konstruksjon og implementering. Dette er også ett fagfelt jeg brenner for og liker å jobbe med. Parallelt med dette har jeg jobbet mye med dokumentasjon.

Jeg er først og fremst veldig glad for at vi la såpass vekt på prosjektmodellen som vi gjorde i inception fasen da vi har fått brukt prosjektmodellen som ett godt verktøy under prosjektet. Dette har gjort at vi selv føler vi har fått en god flyt i blant annet dokumentasjonen.

En erfaring jeg har gjort meg er også hvor mye dokumentasjon som medfølger ett slikt prosjekt. Vår eksterne veileder sa innledningsvis i prosjektet at «alt som ikke er dokumenter, er ikke gjort!» dette er noe vi har prøvd og følge gjennom prosjektet.

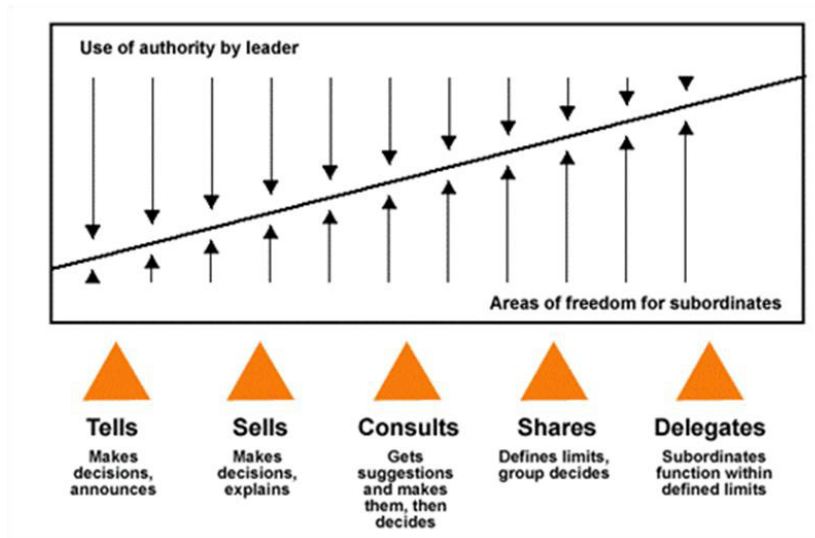
Personlig føler jeg at gruppesamarbeidet har fungert meget godt. Dette er ingen selvfølge da vi 98% av tiden har sittet i et 15m² stort rom jobbet på spreng med til tider høylytte diskusjoner. Som leder av en «kompis gjeng» kan det være vanskelig og bryte gjennom og ta styringen men det har det sjeldent vært behov for. Dette skyldes at gruppemedlemmene utfyller hverandre svært godt selv om 3 av gruppemedlemmene har så å si lik bakgrunn. Dette gjør også at gruppemedlemmene har gjensidig respekt for hverandre og har gitt gode takhøyde for ulike meninger og ideer.

Verktøy som jeg har brukt:

Unified process model

Modellen har latt oss jobbe med de ulike aspektene igjennom hele prosjektet uten å låse oss til og kun se ett aspekt av gangen. Dette har gitt oss en svært god og naturlig flyt gjennom prosjektet. Jeg føler dette har bidratt til å øke forståelsen rundt hvilke deler som må utbedres underveis, og at dette igjen har ført til et godt resultat.

Tannenbaum und Schmidt Führungskontinuum



Jeg vil også fremheve Tannenbaum und Schmidt Führungskontinuum. Her ser vi hvordan lederens ledelsesstrategi bør endres ut ifra forskjellige oppgaver. I løpet av prosjektet har vi jobbet med mange forskjellige oppgaver. I mange av utfordringene i prosjektet har det vært stor usikkerhet knyttet til hvordan ting bør gjøres. Da har det vært behov for en som kan sette ned foten og si hvordan ting skal gjøres og hva som er bra nok eller ikke. Selv om både leder og resten av gruppen er usikker på hva som er riktig i det aktuelle tilfelle, er det noen ganger behov for at en avgjørelse blir tatt slik at arbeidet kan komme videre. Under dette prosjektet har det likevel vært veldig lite behov for denne type ledelse og de fleste avgjørelser som er blitt tatt er tatt ut ifra en felles forståelse.

Black box thinking

En annen ting jeg vil trekke frem er bruken av «black box» tankegang. Dette har vi brukt til å finne den underliggende årsaken til hva som faktisk er nødvendig. Denne type tankegang har vært nyttig i prosjektet både opp mot kravspesifikasjon og konseptutvikling.

T-shape thinking

Som «Black box thinking», har «T-shape thinking» et svært bredt spekter av bruksområder. Denne modellen kan brukes i alt fra å fremføre en forretningsplan til V-modellen. For min del har jeg forsøkt og være på toppen av t-en for å ha totaloversikt i prosjektet. Likevel har jeg gjort et dypdykk i t-en i for eksempel kretsdesign og PCB konstruksjon.

Opp imot kommunikasjonen med interne og eksterne veiledere føler jeg at vi har jobbet veldig selvstendig med prosjektet. Dette henger sammen med at vi gjerne ønsker å få til ting selv uten å hele tiden «grille» veilederne våre. Likevel har det vært fint og hatt fredags møter med intern veileder for å høre hans meninger og kunne forhøre oss om hans tanker rundt forskjellige ting. Ekstern veileder har også vært meget behjelpelig med spørsmål vi har til oppdragsgiver og bruker. Han har også skaffet oss utstyr til prosjektet som vi ellers ikke kunne skaffet og hatt masse råd og tips langs veien som vi har satt stor pris på.



Gruppen har helt fra starten av prosjektet vært klare på å ha en god fremdriftsplan, med klare definerte oppgaver og milepæler. Jeg føler dette har bidratt til god fremdrift i prosjektet til tross for enkelte utsekelser som følge av feil oppfatning av størrelsen på diverse arbeidsoppgaver. Vi har da på grunn av en god fremdriftsplan hatt en god oversikt over hvor i prosjektet vi har kommet og hvor langt vi har skulle vært, som igjen har ført til at vi har klart å ta igjen eventuell tapt tid.

Jeg føler de største utfordringene underveis har vært å få til en god og ryddig dokumentasjon, å finne riktige komponenter til å bruke i prosjektet, bli kjent med de ulike programvarene brukt i prosjektet og ikke minst få til alle de faktiske funksjonene vi har ønsket oss fra start. Min erfaring rundt dette er at gruppemedlemmene har samarbeidet meget godt for å få løst disse utfordringene underveis. Vi har også fått god hjelp av de ulike veilederne her på skolen og vår veileder i KDS. I tillegg føler jeg det har vært vanskelig å estimere timer på de forskjellige arbeidsoppgavene.

Alt i alt er jeg meget godt fornøyd med hva vi har klart å få til på noe jeg vil anse som relativt kort tid. Alle har bidratt med hva de kan og litt til. Det er dessuten ingen i gruppen som har prøvd å «hvile» på de andres arbeid, noe jeg mener har bidratt mye til å holde en god motivasjon oppe. Vi har dessuten vært enige fra start om hvor mye arbeid som måtte legges inn i prosjektet, som igjen har ført til at alle har jobbet mot et felles mål. Er det en ting dette prosjektet har lært meg så er det viktigheten av nøye planlegging og hvor mye tid som går med for å få en god dokumentasjon.



9.3.2 Magnus Thorkildsen

Min rolle og hovedansvar i dette prosjektet har vært å ta hånd om den administrative delen, økonomi, fremdrift, design utforming og sterkstrøms beregning/mekanisk bygging, inne i selve enheten. Dette omfatter kontinuerlig kontakt med Interne/eksterne sensorer og veiledere. Det omfatter også bestilling av deler, hvor research på deler og leverandører er en viktig del. Dette fordi vi trenger delene til riktig tid og for en pris som er gunstig ut ifra budsjettet som vi har tilgjengelig. Gjennom å være økonomi ansvarlig så har jeg dokumentert hvilke deler som har blitt bestilt gjennom prosjektet samt oversendt kvitteringer og budsjett til KDA for godkjenning. Jeg har laget Solid Works tegningen ut ifra konseptet som vi hadde kommet frem til etter elaborasjons fasen. Jeg har også laget AutoCAD tegninger av systemoversikten til hovedstrømmen, beregnet kabel tverrsnitt og spenningstap, funnet aktuelle sikringer og hatt ansvar for byggingen av sterkstrømmen inne i selve enheten. Ellers har jeg jobbet en del med oppfølging av fremdriftsplanen og generell dokumentasjon/revisjon.

Jeg har bakgrunn som elektriker med fagbrev og bestått Teknisk fagskole innen elkraft. Jeg har derfor mye erfaring med sterkstrøm og også en del erfaring med blant annet tekniske tegninger. Jeg har fått erfaringer innenfor forsvars industri en, der alt av komponenter som skal bestilles i forbindelse med å opprettholde typiske militære standarder går typisk ut over både pris og leveringstider. Jeg har fått innsikt i hvordan avdelingen i KDA tenker og løser problemer som de vanligvis kommer over i hverdagen. Jeg har også utarbeidet meg god kunnskap når det kommer til DC spenningsområder, til forskjell fra AC spenninger som man primært driver med som elektriker.

Den største erfaringen jeg har hatt i dette prosjektet har vært muligheten til å jobbe med et nytt teknisk prosjekt med mange nye aspekter enn hva jeg er tidligere har vært vant til. Å delta på et prosjekt fra startfase (problemstilling) til en faktisk prototype i samarbeid med KDA som er ledende på teknologiske forsvarsmaterieller i Norge, har vært både utfordrende og spennende.

Jeg synes gruppesamarbeidet har gått bra der alle på gruppen har fått ytret sine meninger. Det har vært en del diskusjoner gjennom prosjekt arbeidet, men disse har blitt løst på en god og effektiv måte. Gruppesamarbeidet tror jeg har gått så smertefritt på grunn av at alle har kjent hverandre i lang tid og jobbet sammen i andre relevante prosjekter. Dette har ført til at vi kjenner styrker og svakheter på enkeltpersoner slik at vi kan bruke ressursene i gruppen best mulig.

I dette prosjektet har vi valgt å følge en prosjektmodell som heter Unified Process. Dette er en modell som lar en jobbe med ulike faser igjennom hele prosjektet og som ikke låser en fast til kun å fokusere på en del av gangen. Ved å bruke denne modellen så har vi hele tiden bygd videre på hver av fasene, noe som jeg synes har lettet prosessen underveis mot et godt sluttprodukt.



Selve kommunikasjonen opp mot veilederne, både intern og ekstern veileder føler jeg har vært god gjennom prosjektet. Dette mye takket være jevnlige møter og god kommunikasjon via mail. Vi har også benyttet oss av muligheten til å kontakte veiledere direkte her på skolen om vi har hatt behov for det. Jeg fornøyd med hvor tilgjengelige og hjelpsomme de ulike veilederne her på skolen har vært. Jeg er også svært fornøyd med vår eksterne veileder som har ansvar for sitt første bachelorprosjekt. Han har vært veldig behjelpelig og har kunnet stille seg raskt til disposisjon ved behov.

Gruppen har fra tidligere prosjekter lært hvor viktig planlegging av prosjektet er for å til slutt oppnå et godt resultat. Ut ifra dette så har vi brukt mye tid på å sette sammen en god og realistisk fremdriftsplan som driver prosjektet fremover og som samtidig gir rom for endringer som måtte komme underveis i prosjektet. Dette synes jeg vi har lykkes godt med, det eneste som jeg synes vi har feil estimert litt på er hvor mye tid reguleringsteknikk 2 innleveringer kommer til å ta. Denne tapte tiden tok vi igjen ved å jobbe litt lengre i enkelte perioder.

Det har vært flere utfordringer underveis i prosjektet. Vi hadde en utfordring når det kom til valg av sikringer. De egentlige sikringene vi hadde tenkt å gå for, RCCB (remote control circuit breaker) var vanskelig å finne og når vi først hadde funnet en leverandør så var prisen ekstremt høy. Noe som førte til at vi gikk for et annet konsept men som hadde samme funksjonalitet. Ellers har vi hatt utfordringer med å finne militær utsyr på grunn av pris og leveringstider. Vi har også hatt en del utfordringer med den første LCD skjermen og «shieldet» som fulgte med, da det hengte seg i tide og u tide. Ellers så har det vært utfordrende å sette seg inn i flere programvarer og oppnå en så ryddig og oversiktlig dokumentasjon som overhodet mulig. Problemene som har oppstått synes jeg vi har løst godt ved hjelp av godt samarbeid, både mellom gruppemedlemmene men også mellom interne og eksterne veiledere/sensorer.

Alt i alt er jeg meget godt fornøyd med hva vi har klart å få til på noe jeg vil anse som relativt kort tid. Alle gruppemedlemmene har bidratt med sine ressurser og satt seg inn i nye utfordringer gjennom prosjektet. Alle på gruppen har hatt et felles mål om å få til en fungerende prototype selv om det er ambisiøst med kun 4 personer. Dette hadde aldri vært mulig hvis ikke alle på gruppen hadde brukt godt over 600 timer per person og prioritert vekk andre oppgaver. En annen erfaring jeg har hatt er at vi har hatt stort utbytte av å planlegge nøye gjennom å lage en god fremdriftsplan. Jeg har også fått erfaringer fra beregning og dimensjonering av DC.



9.3.3 Arber Demiri

Min rolle i dette prosjektet har vært hardware- og software- ansvarlig. Det har vært krevende å kartlegge det komplekse systemet fra start til slutt, med tanke på at forskjellige gruppe-medlemmer har gjort hvert sitt bidrag til enheten. Dette har ført til at jeg har vært nødt til å sette meg inn i det meste av det tekniske i prosjektet. Jeg har bakgrunn som elektriker med fagbrev og bestått fagskole som Elkraft ingeniør. Jeg har derfor erfaringer med både store og små systemer og dette har hjulpet meg med å se sammenhengen mellom software- og hardware- implementasjonen i prosjektet.

Underveis i prosjektet har jeg jobbet på både hardware- og software- siden. På hardware- siden har jeg blant annet bidratt med å finne løsninger på utforming av elektriske kretser, mens på software siden har jeg programmert enheten. Det har vært utfordrende å programmere enheten med tanke på omfanget av oppgaven, og kravene som gruppen satte til prosjektet, samt implikasjoner som har dukket opp underveis i prosjektet.

Det har også vært interessant og krevende med tanke på all dokumentasjon som har måttet skrives under alle fasene i prosjektet. Erfaringer som jeg har fått ved å jobbe med et slikt prosjekt, er blant annet fra hvordan det er å jobbe tett sammen med andre gruppe-medlemmer, oppdragsgivere og veiledere. Prosjektet har gitt meg innsyn i hvordan det er å jobbe som ingeniør for arbeidsgiver KDS (Kongsberg Defence Systems).

Når det kommer til prosjektets modell har vi valgt å følge «Unified Process». Dette er en modell som lar en jobbe parallelt med flere ting, uten å låse seg fast til en del av gangen. Denne modellen har gjort det enklere å planlegge, og reflektere gjennom hele prosjektet på grunn av oppbygningen av modellen med tanke på de forskjellige iterasjonene/fasene. Modellen har hjulpet oss med å tenke systematisk gjennom hele prosjektperioden frem mot et sluttprodukt/prototype.

Kommunikasjonen med veilederne både intern og ekstern, vil jeg si har vært god gjennom hele prosjektperioden. Dette er mye takket være jevnlig møter og god kommunikasjon via mail. Vi har også benyttet oss av muligheten til å kontakte veiledere direkte på skolen når det har vært noe ved prosjektet som har vært uklart.

Prosjektet generelt er jeg meget fornøyd med. Vi har klart å få til mye på en veldig kort periode. Alle gruppe-medlemmene har bidratt jevnt gjennom hele prosjektperioden, noe som har vært med på å holde motivasjonen oppe. Vi har vært avhengige av at alle på gruppen har siktet mot ett felles mål med prosjektet, og denne målbevisstheten har hjulpet oss med å nå et sluttprodukt. Jeg har også lært viktigheten av nøye planlegging i prosjektet, og dokumentasjon som kreves gjennom prosjektets livssyklus.



9.3.4 Thor Erik Sivertsen

Min rolle i dette prosjektet har vært det mekaniske aspektet i prosjektet. Det tar for seg blant annet design og utforming av front og bak panel, valg av komponenter til dette, plassering av de ulike komponentene inne i chassiset, montering av disse og mesteparten av kablingen inne i enheten. Jeg har også bidratt mye med dokumentasjon og har også vært oppsett og dokumentasjons ansvarlig. Jeg har bakgrunn som elektriker med fagbrev og bestått fagskole som Elkraft ingeniør. Jeg har derfor mye erfaring med kabling og også en del erfaring med blant annet tekniske tegninger. Jeg har også stor interesse for mekanikk med tilgang til verksted og en del verktøy. Derfor har jeg hatt dette ansvarsområdet.

De største erfaringen jeg har hatt i dette prosjektet har vært muligheten til å jobbe med et slikt teknisk utfordrende prosjekt med mange nye aspekter enn hva jeg er vant med fra tidligere. Å kunne samarbeide tett med de andre gruppemedlemmene, oppdragsgiver og veiledere har vært meget lærerikt, spesielt med tanke på å høre de andres meninger og tips til løsninger. Jeg føler alle i gruppen har hatt sin rett til å ytre sine meninger til tross for ulikt syn på ting. Det har selvfølgelig vært en del diskusjoner igjennom prosjekt arbeidet, men disse har blitt løst på en god og effektiv måte. Prosjektet har også gitt meg innsyn i hvordan det eventuelt vil være å jobbe som en ingeniør for oppdragsgiveren vår Kongsberg Defence Systems.

I dette prosjektet har vi valgt å følge en prosjektmodell som heter Unified Process. Dette er en modell som lar en jobbe med de ulike aspektene igjennom hele prosjektet og ikke låser en fast til kun å se på en del av gangen. Jeg føler dette har bidratt til å øke forståelsen rundt hvilke deler som må utbedres underveis, og at dette igjen har ført til et godt resultat.

Selve kommunikasjonen opp mot veilederne, både intern og ekstern veileder føler jeg har vært god gjennom prosjektet. Dette mye takket være jevnlig møter og god kommunikasjon via mail. Vi har også benyttet oss av muligheten til å kontakte veiledere direkte her på skolen om det har vært nødvendig.

Gruppen har helt fra starten av prosjektet vært klare på å ha en god fremdriftsplan, med klare definerte oppgaver og milepæler. Jeg føler dette har bidratt til god fremdrift i prosjektet til tross for enkelte utskielser som følge av feil oppfatning av størrelsen på innleveringer i Reguleringssteknikk 2. Vi har da på grunn av en god fremdriftsplan hatt en god oversikt over hvor i prosjektet vi har kommet og hvor langt vi har skulle vært, som igjen har ført til at vi har klart å ta igjen eventuell tapt tid.

Jeg føler de største utfordringene underveis har vært å få til en god og ryddig dokumentasjon, å finne riktige komponenter til å bruke i prosjektet, bli kjent med de ulike programvarene brukt i prosjektet og ikke minst få til alle de faktiske funksjonene vi har ønsket oss fra start. Min erfaring rundt dette er at gruppemedlemmene har samarbeidet meget godt for å få løst disse utfordringene underveis. Vi har også fått god hjelp av de ulike veilederne her på skolen og vår veileder i KDS.



10 Slutt konklusjon for prosjektet

Denne konklusjonen oppsummerer hva gruppen har fått til igjennom dette prosjektet i samarbeid med Kongsberg Defence System. Vi har nå jobbet med dette prosjektet siden tidlig januar og frem mot siste innlevering 23. mai 2016. Oppgaven vår gikk ut på å designe, dokumentere og eventuelt bygge en enhet som styrer «graceful degradation» av 28V DC abonnenter i et C2 system. Det som menes med dette er at enheten som vi har hatt i prosjekt å skulle designe og dokumentere, skal være et mellomledd mellom strømforsyning, batteri banken og forbrukerkursene.

Oppgaven til denne enheten er at hvis strømforsyningen faller bort og systemet blir forsynt med strøm fra batteriene som er en reserve løsning, så skal enheten stenge ned ikke prioriterte forbruker kurser etter hvert som batteri nivået synker. Dette skal foregå over flere trinn hvor kun de mest prioriterte kursene skal ha strøm lengst mulig.

Gruppen bestemte seg tidlig i prosjektet for at vi skulle gi alt for å få en ferdig prototype i slutten av dette prosjektet selv om det sto som eventuelt i oppgavebeskrivelsen fra Kongsberg Defence Systems. Dette har vi fått til og etter testing av enheten så har gruppen klart å møte alle kravene oppdragsgiver har satt, med unntak av kravet om å tåle omgivelses temperatur ned til -40°C. Dette var noe gruppen fant tidlig ut at ikke var mulig å møte på grunn av budsjett rammer og ikke minst tidsrammene for prosjektet. Komponenter som tåler slik temperatur er både veldig dyre og lang leveringstid på. Derfor har gruppen søkt og fått innvilget en endring av dette kravet ned til -20°C, noe alle komponentene til systemet er godkjent for.

Gruppemedlemmene har samarbeidet godt sammen under hele prosjektet og alle har bidratt mer enn hva noen kunne forvente før vi begynte. Samarbeidet mellom gruppen og oppdragsgiver har også gått på skinner og kunne ikke vært gjort annerledes. Vi er også fornøyd med samarbeidet med skolen, hvor vi har fått den hjelpen vi trengte.

Så for kort å oppsummere det hele så er gruppen veldig godt fornøyd med det resultatet som vi har fått til. Vi var usikre i begynnelsen på om vi skulle klare å nå alle kravene og allikevel få til en ferdig prototype, men det gjorde vi. Alle i gruppen har lagt inn mer timer enn det vi satt som en standard i begynnelsen og det har gjenspeilet seg i resultatet. Gruppen har jobbet hardt for å overkomme de utfordringene som har dukket opp underveis og er stolte over å kunne vise frem hva vi har fått til å produsere både av dokumentasjon og selve prototypen.