

Sensur av hovedoppgaver

Høgskolen i Sørøst-Norge

Fakultet for teknologi og maritime fag



Prosjektnummer: **2017-11**

For studieåret: **2016/2017**

Emnekode: **SFHO3201**

Prosjektnavn:

tecBAT

Utført i samarbeid med: DRONERA A/S

Ekstern veileder: Erik Solberg, Kåre Særen

Sammendrag: Problemstillingen som ble presentert var å lage en boks som skal frakte medisinske artikler. Temperaturregulering og optimalisering i forbindelse med vekt har vært hovedfokusområder gjennom prosjektet.

Stikkord:

- Drone
- Kjølesystem
- Blodtransport

Tilgjengelig: NEI

Prosjekt deltagere og karakter:

Navn	Karakter
Fredrik Rasmussen	
Martin Kvia Wigaard	
Vegard Tverrås Haugen	
Niclas Holmen Thoresen	
Tor Stangeland	

Dato: 9. Juni 2017

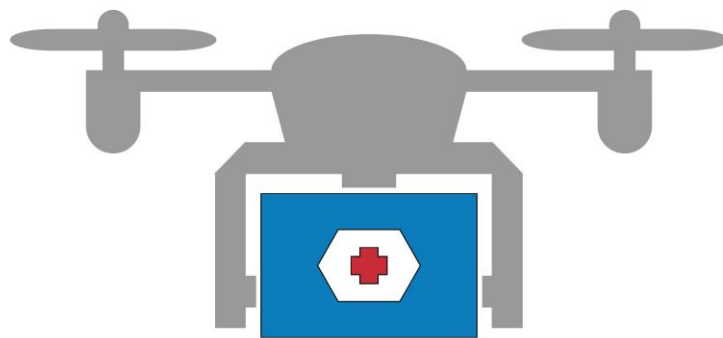
Jamal Safi
Intern Veileder

Karoline Moholth
Intern Sensor

Andreas Myhre
Ekstern Sensor

tecBAT / Gruppe 11

BACHELOR 2017





INNHOLDSFORTEGNELSE

PROSJEKTPLAN 3

KRAVSPESIFIKASJON 53

TESTSPESIFIKASJON 95

DESIGN DOKUMENT 137

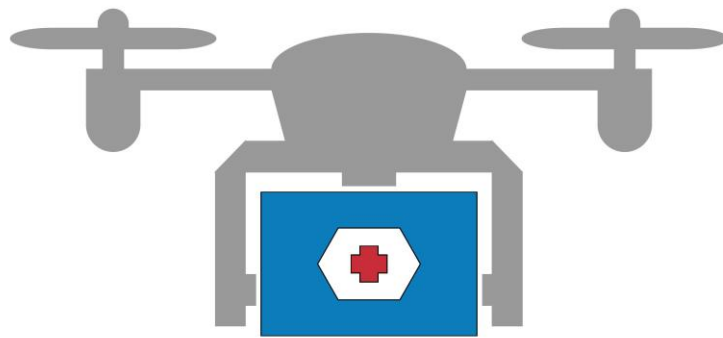
TEKNISK DOKUMENT 188

RREFLEKSJONS DOKUMENT 340

VEDLEGG 347

tecBAT / Gruppe 11

PROSJEKTPLAN



VERSJONSHISTORIKK

Dato	Versjon	Kommentar	Av	Godkjent av
19.01.17	0.1	Lagt til Kapittel 2	RE	
24.01.17	0.2	Endring i dokumentet	RE	
25.01.17	0.3	Kapittel 3 lagt til	RE	
30.01.17	0.4	Endring i tidslinje	RE	
02.02.17	0.5	Endring i dokumentasjon	RE	
20.05.17	0.6	Endring i dokumentets oppbygning	FR	
21.05.17	0.7	Utfylt kapitler, implementert risikoanalyse og prosjektmodell.	FR MW	
22.05.17	0.8	Supplementert noe tekst i Kap.Bakgrunn	TS	MW
23.05.17	3.0	Lagt til iterasjoner og konklusjon	MW	

FORKORTELSER

Forkortelse	Beskrivelse
DR	Dronera UAV
RIH	Oslo Universitetssykehus HF Rikshospitalet
BR	Bruker
SK	Skolen
LU	Luftfartstilsynet
OM	Omgivelser
PR	Produsent
FR	Fredrik Rasmussen
MW	Martin Kvia Wigaard



ABSTRAKT

Dette dokumentet tar for seg bakgrunn for prosjektoppgaven og mål for prosjektet. Dokumentet gir en beskrivelse av hvorfor vi trenger prosjektmodell, hvilken prosjektmodell vi har valgt, grunnprinsippene til prosjektmodellen og hvordan vi har tenkt til å bruke den i vårt prosjekt. Dokumentet tar også for seg noen generelle arbeidsmetoder som vi skal bruke som verktøy i produktutviklingsprosessen. Identifiserte risikoområder vedrørende prosjektets ulike aspekt og tiltak for å begrense disse. Gruppens prosjektplan med milepæler og fremdrift blir presentert, samt endringer som har blitt gjort fortløpende i prosjektperioden.



INNHALDSFORTEGNELSE

ABSTRAKT.....	6
FIGURLISTE.....	10
TABELL LISTE.....	11
INTRODUKSJON	13
BAKGRUNN	13
DAGENS SITUASJON	13
BLODOVERFØRING	13
BLODPRØVER.....	14
RADIOAKTIVE ISOTOPER.....	14
LØSNING	14
SYSTEM GRENSE	15
OMFANG	15
SYSTEMS ENGINEERING.....	16
PROSJEKTMODELL.....	16
UNIFIED PROCESS	17
OPPSTART.....	18
KARTLEGGE INTERESSENER	18
INTERESSENERES INNFLYTELSE	19
UTDYPNING	20
KONSTRUKSJON	20
FULLFØRING.....	20

ITERASJONER	21
HOVEDAKTIVITETER OG UNDERAKTIVITETER.....	23
«RAPID PROTOTYPING».....	24
RISIKO ANALYSE.....	25
PROSESS.....	25
IDENTIFISERE RISIKO.....	26
VURDERE RISIKO	27
PROSJEKT RISIKO	27
TEKNISK RISIKO	27
INTERN RISIKO.....	28
EKSTERN RISIKO	28
PRIORITERE RISIKO	29
TILTAK FOR RISIKOBEGRENSNING.....	29
EVALUERING AV RISIKO.....	29
RISIKOANALYSETABELL	30
ITERASJONER	40
OPPRINNELIGE MILEPÆLER.....	40
ENDELIGE MILEPÆLER.....	41
UTKLIPP GANTT.....	42
ITERASJON 1	43
EVALUERING AV ITERASJON 1	43
ITERASJON 2	44
EVALUERING AV ITERASJON 2.....	44



ITERASJON 3 45

 EVALUERING AV ITERASJON 3 45

ITERASJON 4 46

 EVALUERING AV ITERASJON 4 46

ITERASJON 5 47

 EVALUERING AV ITERASJON 5 47

ITERASJON 6 48

 EVALUERING AV ITERASJON 6 48

ITERASJON 7 49

 EVALUERING AV ITERASJON 7 49

ITERASJON 8 50

 EVALUERING AV ITERASJON 8 50

KONKLUSJON 50

FIGURLISTE

Figur 1 - Oppgavens tekniske omfang	15
Figur 2- Unified Process	17
Figur 3 - Interessenter og interesseområder	18
Figur 4 - Mendelow's matrise	19
Figur 5 - Arbeidsflyt	21
Figur 6 - Iterasjonsplan og evaluering	22
Figur 7 - WBS - Tekniske komponenter	23
Figur 8 - Risikoanalyse prosess.....	25
Figur 9 - Microsoft project.....	42
Figur 10 - Systemets komponenter og funksjoner slik det ser ut etter iterasjon 4.	44
Figur 11 - Første utkast til elektroniske komponenter og deres sammenkobling.	45
Figur 12 - Etter iterasjon 4: Elektronikk og kjølesystem integrert i boksens hoved-skall.....	46
Figur 13 - Før iterasjon 4: Løsning med kjølesystem og elektronikk i egen modul.	46
Figur 14 - Luftekanal	47
Figur 15 - Koblingsskjema av elektroniske komponenter.	48
Figur 16 - 3D modellerte låseklips som erstatning av tredjepartskomponenter.....	49
Figur 17 - Bilder fra test av isolasjonsskum	49
Figur 18 - Kjøleboksens endelige design sett fra utsiden	50
Figur 19 - Systemets totale vekt fordelt under 4 hovedkategorier.	50



TABELL LISTE

Tabell 1 - Konsekvens tabell.....	26
Tabell 2 - Parameter tabell	26
Tabell 3 - Prosjekt risiko tabell	27
Tabell 4 - Teknisk risiko tabell	27
Tabell 5 - Intern risiko tabell.....	28
Tabell 6 - Ekstern risiko tabell	28
Tabell 7 - Risikomatrise	29
Tabell 8 - Risikotabell PR-1.....	30
Tabell 9 - Risikotabell PR-2.....	31
Tabell 10 - Risikotabell PR-3.....	31
Tabell 11 - Risikotabell PR-4.....	32
Tabell 12 - Risikotabell TR-5	32
Tabell 13 - Risikotabell TR-6	33
Tabell 14 - Risikotabell TR-6.1	33
Tabell 15 - Risikotabell TR-6.2	34
Tabell 16 - Risikotabell TR-6.3	34
Tabell 17 - Risikotabell TR-6.4	35
Tabell 18 - Risikotabell TR-6.5	35
Tabell 19 - Risikotabell TR-7	36
Tabell 20 - Risikotabell IR-8.....	36
Tabell 21 - Risikotabell IR-9.....	37



Tabell 22 - Risikotabell IR-10..... 37

Tabell 23 - Risikotabell IR-11..... 38

Tabell 24 - Risikotabell IR-12..... 38

Tabell 25 - Risikotabell ER-13 39

Tabell 26 - Risikotabell ER-14 39

INTRODUKSJON

Dronera UAV (DR) er en av verdens ledende fabrikanter av spesial produserte droner. De spesialisierer seg innenfor leveranse av droneløsninger for det profesjonelle markedet, statlige marked og filmindustri, hvor dronen skreddersys etter kundens ønske. Deres sortiment består av kompakte bærbar drone løsninger med nyttekapasitet fra noen få gram opptil 250 kg. DR er et Norsk foretak med internasjonal annerkjennelse.

BAKGRUNN

DAGENS SITUASJON

Blodprøver, blod brukt til blodoverføring og radioaktive isotoper fraktes i dag med bil. Denne transporten blir fordelt på Oslo universitetssykehus HF Rikshospitalets (RIH) egne biler samt bruk av taxi. Denne type transport utgjør en stor kostnad for det Norske samfunn. Med bakgrunn i informasjon fra oppdragsgiver er disse kostnadene estimert til å ligge i overkant av 300 millioner kroner per år. I tillegg til å være kostbar er dagens løsning lite effektiv. Transporten omhandler frakt av varer med lite volum og lav vekt, over korte avstander i et trafikkert område. Leveransetiden på de aktuelle strekningene varierer med tettheten av trafikk og er derfor utfordrende å anslå. Videre er reduksjon i trafikk tettheten i Oslos bybilde et viktig politisk fokusområde, noe et dronebasert transportsystem i stor grad vil være i stand til å behjelpe.

BLODOVERFØRING

Leveransetiden på blod, og dets øyeblikkelige tilgang kan være avgjørende i kritiske situasjoner der en pasient har akutt behov for blodoverføring. Grunnet usikkerhet i forbindelse leveransetid er det derfor nødvendig for sykehusene å ha lokale beredskapslager av blod. Blod har, etter det er donert, en begrenset holdbarhet og dette fører til at store mengder blod fra beredskapslagrene må destrueres dersom det ikke blir brukt innen påsatt holdbarhetsdato.

BLODPRØVER

Kompleksitetsgraden i forbindelse med analyse av blodprøver er varierende. Dette fører til at kompleksitetsgraden og omfanget av påkrevd analyseutstyr også er varierende. Som følge av dette er kapasiteten i forbindelse med analyse av blodprøver spredt på ulike laboratorier, og blodprøver må fraktes til laboratoriet som har egnet utstyr til de analysene som skal gjennomføres. Dette resulterer i at en enkelt blodprøve potensielt må deles opp i flere reagensrør og sendes til samtlige av de fem sykehusene i Oslo. Dette betyr i verstefall fire rekvisisjoner av taxi til transport.

RADIOAKTIVE ISOTOPER

Radioaktive isotoper brukes i flere sammenhenger, deriblant som markør i medisinske sammenhenger. I denne oppgavens sammenheng er det primært diskutert som diagnoseverktøy til å diagnostisere kreft. De aktuelle isotopene har kort halveringstid og blir produsert på Syklotronsenter av en GE PETrace syklotron [1]. Syklotronsenterets lokaler er underlagt RIH og ligger på sykehusets område. De radioaktive isotopene produsert ved Syklotronsenteret benyttes av flere sykehus i Oslo området og må derfor fraktes mellom hvert sykehus. Fordi isotopene har rask halveringstid må dosene som produseres mangedobles. Dette skyldes den ugunstige transportmetoden av varene.

LØSNING

Problemstillingen som DR har påtatt seg å komme med en løsning på kan deles opp i tre faktorer; Behovet for å lette trafikk tettheten i Oslos bybilde, kostnadsbesparelser i forbindelse med rekvisisjoner av taxi til transport, og økt pålitelighet samt hurtigere levering av kritiske artikler mellom sykehusene. Ved et hurtigere og mer pålitelig leveringssystem vil størrelsen på beredskapslagrene av blod kunne reduseres, og tap av radioaktive materialer reduseres under transport. Dette vil kunne oppnås ved at sykehusene i Oslo i større grad kan basere seg på hverandres beredskapslagre, og dermed ha en økt kollektiv beredskap. DR presenterte dette konseptet for Bachelorgruppe 11 den 17.januar 2017, og ga oss oppgaven med å utvikle selve kjøleboksen som resten av systemet deres skulle kunne transportere mellom sykehusene ved hjelp av autonome droner og landingsplattformer.

Gruppen har etter disse retningslinjer og krav utviklet en selvstendig batteridrevet kjøleboks om er i stand til å romme artiklene beskrevet i kravspesifikasjonen, og holde det ved en konstant temperatur på 4°C i 90 minutter.

SYSTEM GRENSE

Systemet skal ta plass som en vital del i et større komplekst system. Det totale systemet består av: Landings plattform med en automatisk funksjon for batteribytte og lasthåndtering, autonom drone og kjøleboks. Prosjektgruppens system er avgrenset ved boksens ytre skall.

OMFANG

Med systemomfanget menes det område av hovedsystemet som bachelorgruppen skal jobbe med, dette inkluderer:

- Konstruksjon, form og dimensjonering av kjøleboksen.
- Valg av type og dimensjonering av isolasjon, derunder også metode.
- Energiforsyning, styring og tilhørende programvare.



Figur 1 - Oppgavens tekniske omfang

SYSTEMS ENGINEERING

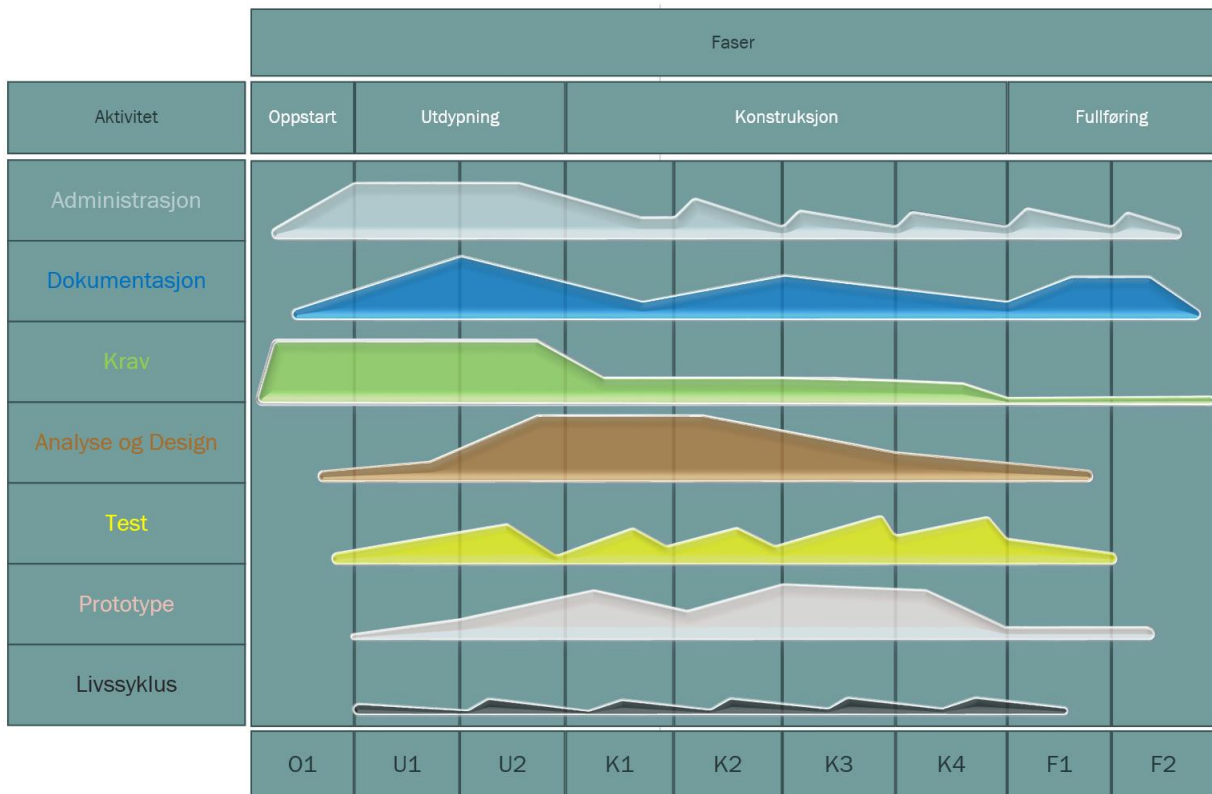
PROSJEKTMODELL

Valg av prosjektmodell avhenger i hovedsak av prosjektets kompleksitet og prosjektgruppens erfaring. Dersom prosjektets kompleksitetsgrad er lav og de involverte i prosjektet besitter rikelig relevant erfaring kan det være fordelaktig å benytte en tradisjonell vannfallsmodell [2]. Denne prosjektmodellen benytter prinsippet om å dele opp prosjektet i blokker der hver blokk representerer en fase i prosjektet som skal være ferdig før neste fase påbegynnes. Ved å identifisere og beskrive alle arbeidsoppgaver fra start til slutt for å så jobbe seg kronologisk gjennom disse kan man oppnå høy grad av effektivitet. Denne måten å jobbe på er helt avhengig av at man klarer å identifisere alle krav og arbeidsoppgaver, og hvordan de skal løses, i starten av prosessen. Dersom man eksempelvis har gjort ferdig de 4 første stegene i prosjektet og finner ut at man skulle endret noe i steg 2 vil dette bli ekstra kostbart i og med at steg 2 allerede er ansett som ferdig. Dersom man gjør endringer vil det som oftest påvirke andre ledd videre og dette kan føre til en negativ kjedeeffekt.

I prosjekter der prosjektgruppen ikke har forutsetninger til å forutsi alle stegene i prosjektet eller at prosjektet er av en kompleksitetsgrad som gjør dette vanskelig, kan iterative prosjektmodeller kan være avgjørende for å løse oppgaven på en adekvat måte [3]. Iterative prosjektmodeller bygger på prinsippet om at man skal jobbe med oppgaver i en repeterende orden og identifisere hele systemet med alle interessenter og deres krav eller behov. Arbeidsoppgaver og løsninger skal drives av kravene og behovene til de aktuelle interessentene. Ved å bryte ned systemet til delsystemer kan man lettere identifisere oppgaver og forstå hva som må gjøres for å komme i mål. Kontinuerlig verifisering og validering skal sikre at interessentenes behov er ivaretatt og at de er oppnådd med tilfredsstillende løsninger. I tillegg til å dele opp systemet skal prosjektmodellen hjelpe prosjektgruppen med å holde «kursen». Interessentene bør holdes i fokus og utviklingsteamet må være bevist på hva det endelige målet for kunden er. Da reduserer man risiko for å designe feil produkt. Prosjektmodellen skal bidra til å gi et helhetlig overblikk av systemet gjennom hele utviklingsprosessen slik at riktig produkt blir produsert på rett måte.

UNIFIED PROCESS

Prosjektmodellen gruppen har valgt å bruke er en iterativ og trinnvis prosjektmodell som heter Unified Process [4]. Unified Process deler prosjektets løpetid i 4 faser; Oppstart, Utdypning, Konstruksjon og Fullføring. Hver av fasene har et forhåndsbestemt antall Iterasjoner som avgjør hvor mange iterasjoner som blir gjennomført i hver fase. En iterasjon kan beskrives som en gjennomgang av vannfallsmodellen der planlegging, analyse og design, verifisering og validering blir gjennomgått i kronologisk rekkefølge. Én kolonne i diagrammet representerer én Iterasjon. Arbeidsområdene i hver fase er i hovedsak de samme men de vektet ulikt avhengig av hvilken fase man er i.



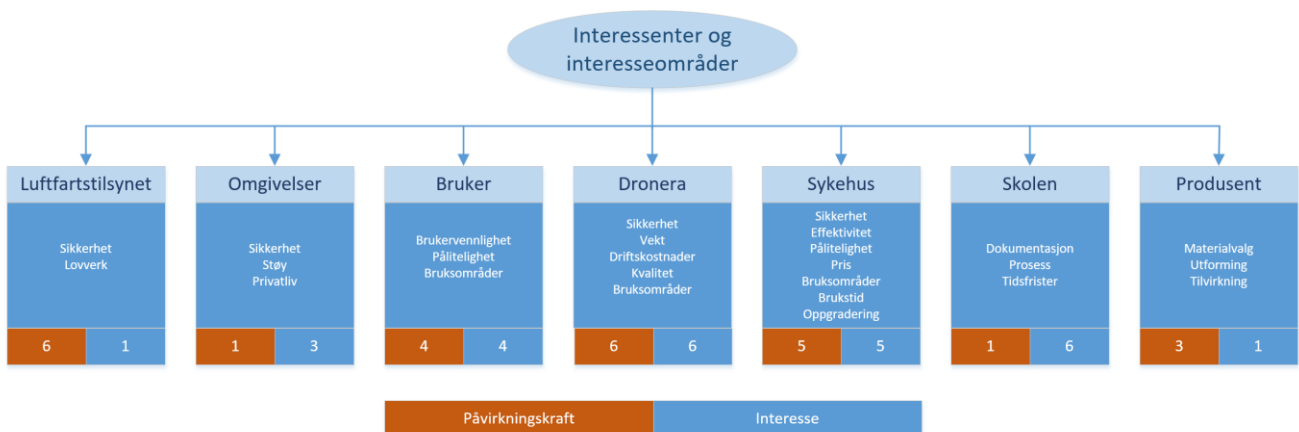
Figur 2- Unified Process - Illustrasjon av arbeidsfordeling gjennom prosjektets ulike faser.

OPPSTART

Oppstartsfasen omhandler forståelsen av prosjektet. Ved å ha grundig forståelse av hva som ligger til grunn for prosjektet kan man lettere begynne å definere risikoområder og krav som er drivende faktorer for veien videre. Oppstartsfasen definerer på mange måter grunnmuren og omrisset av problemstillingen. Her har vi jobbet mye med omfanget av oppgaven. Vi har kartlagt systemet som vårt produkt er en del av, hvilken rolle vårt produkt har og dets grensesnitt mot aktuelle enheter. Risikoområder har blitt kartlagt og mye tid har blitt brukt til å finne ut hvilke krav som stilles til vårt produkt og hvorfor disse kravene er aktuelle.

KARTLEGGE INTERESSENER

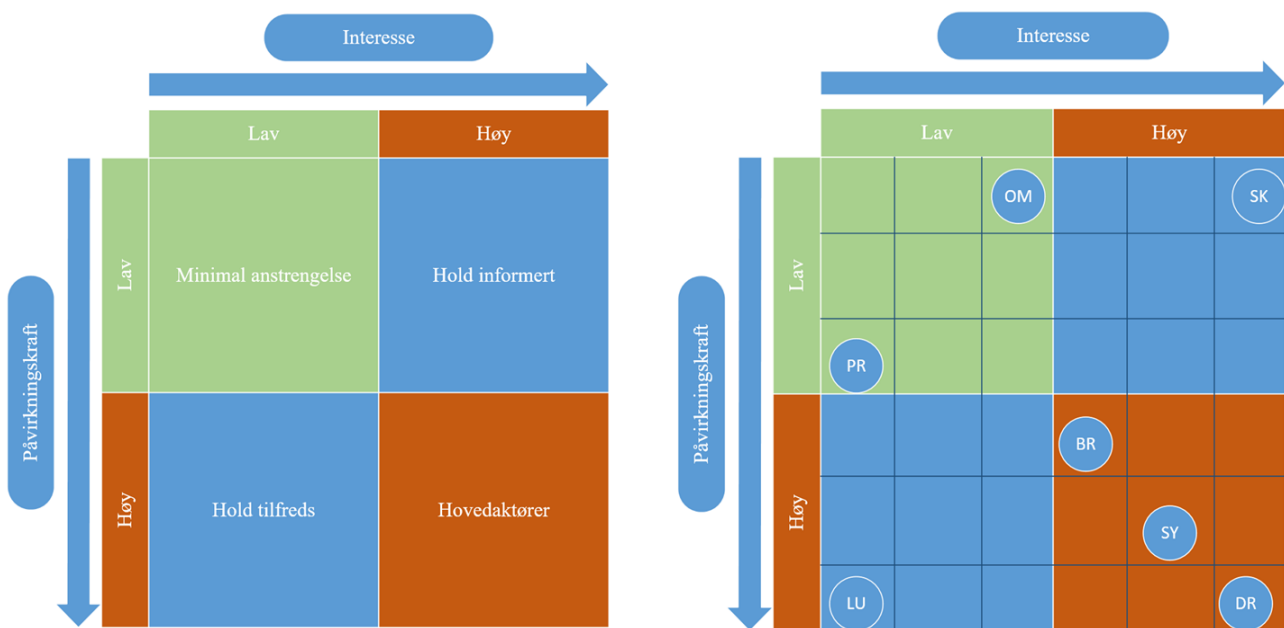
Vi startet prosjektet med korte tidsbokser på 15 minutter for å kartlegge systemet, grensesnitt og interessenter. Disse korte, veldig grove gjennomgangene av systemet gjorde at vi kjapt fikk et grunnlag å jobbe videre på. Vår forståelse av oppgaven, dens interessenter og deres behov, sammen med krav og beskrivelse fra oppdragsgiver har vært fundamentet vi har bygget kravspesifikasjon på.



Figur 3 - Interessenter og interesseområder

INTERESSENTERS INNFLYTELSE

For å kartlegge interessenter og deres rolle i systemet har vi valgt å evaluere de identifiserte interessenter opp mot Mendelow's matrise [5]. Mendelow's matrise sammenligner hver interessents interesse i produktet mot hvor stor påvirkningskraft de har til å få igjennom sine ønsker og krav.



Figur 4 - Mendelow's matrise

Mendelow's matrise gir en oversikt over hvilke aktører som har størst innflytelse på prosjektet i sin helhet. Denne oversikten er imidlertid vanskelig å definere presist men gir et grovt overblikk over hvor hovedfokuset bør ligge.

UTDYPNING

Utdypningsfasen påfølger oppstartsfasen. I denne fasen skal krav og risikofaktorer defineres i mer detalj enn i oppstartsfasen. I tillegg til dette skal også system arkitekturen defineres. Med system arkitektur menes arbeidsmetoder, modeller og diagrammer som kan brukes som hjelpemidler for å systematisere arbeidet i prosjektet.

KONSTRUKSJON

Konstruksjonsfasen bygger videre på Utdypningsfasen. I denne fasen er det design og løsningsorienterte komponenter som kommer i fokus. Sub komponenter designes, valideres og testes i flere iterasjoner og settes sammen til en prototype av produktet.

I denne fasen har vi fått til et samarbeid med fagskolen. Samarbeidet omhandler fagdisiplinen kompositt. Deres prosjekt er et 3 studiepoengs prosjekt som går fra uke 10 og ut semesteret. Planen er å integrere de aktuelle studentene i vårt prosjekt der de kan jobbe med aktuelle problemstillinger i henhold til deres fagfelt. Eksempelvis når vi har designet og analysert boksen ved hjelp av CAD verktøy kan komposittstudentene jobbe, i samarbeid med oss, med selve konstruksjonen på kompositt laben.

Konkrete arbeidsoppgaver og mål blir definert i starten av hver iterasjon. Vi har planlagt å møte fagskolestudentene på onsdager for å integrere og koordinere deres og vårt arbeid.

FULLFØRING

Fullføringsfasen fokuserer på overgangen fra utvikling til produksjon. Her skal produksjon, tilvirkning og opplæring/brukermanualer konstrueres samt kontroll av at produktet møter de kravene som er satt og at interessentenes behov er ivaretatt. Dette prosjektet har i praksis ikke kommet til fullføringsfasen. Det opprinnelige målet om konstruksjon av fullskala prototype ble ikke oppfylt. Det ble imidlertid laget en detaljert plan om hvordan en fullskala prototype skal produseres og sammenstilles. Mot slutten av prosjektet ble det laget en oversikt over estimerte kostnader tilknyttet produksjon av fullskala modell. Prosjektgruppen har konkludert med at videre testing av fullskala modell er nødvendig før produksjon av produktet iverksettes.

Iterasjoner skal planlegges ved å bestemme hvilke oppgaver som skal jobbes med, hvem som skal jobbe med hva og hvor mange timer som skal brukes. Målet for de aktuelle arbeidsoppgavene skal beskrives og tidsforbruk skal estimeres. Siste dagen i iterasjonen skal iterasjonsevalueringen fylles ut og denne skal beskrive grad av måloppnåelse og faktisk tidsbruk. På dette tidspunktet skal også neste iterasjon planlegges.

Plan

Navn	Hovedaktivitet	Underaktivitet	Evaluering (I hvilken grad ble mål oppnådd)	Timer brukt
Fredrik				
Martin				
Tor				
Niclas				
Vegard				

Evaluering

Navn	Hovedaktivitet	Underaktivitet	Beskrivelse	Mål	Timer
Fredrik					
Martin					
Tor					
Niclas					
Vegard					

Figur 6 - Iterasjonsplan og evaluering

HOVEDAKTIVITETER OG UNDERAKTIVITETER

Hovedaktiviteter er listet opp i aktivitetslisten til prosjektmodellen. Hovedaktiviteter innebefatter også tekniske hovedkomponenter. Hovedkomponenter og deres grensesnitt utgjør til sammen hele systemet. Hver hovedkomponent har et sett underkomponenter og disse underkomponentene med sine grensesnitt utgjør til sammen hovedkomponenten. Videre kan underkomponenter brytes ned på samme måte. Ved hjelp av en *WBS- Work Breakdown Structure* [6] har vi forsøkt å kartlegge disse komponentene for å kunne definere arbeidsoppgaver og aktiviteter i hver iterasjon. Alle komponenter og deres tilhørende underkomponenter kan imidlertid være vanskelig å få en komplett oversikt over i starten av et prosjekt så antall komponenter har økt etter hvert som vi har tilegnet oss mer kunnskap og innsikt i systemet fra iterasjon til iterasjon.



Figur 7 - WBS - Tekniske komponenter

«RAPID PROTOTYPING»

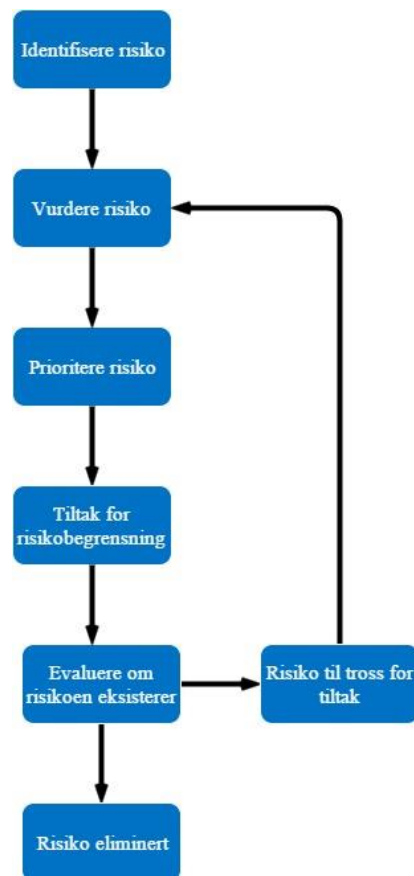
Rapid Prototyping [7] er en arbeidsmetode vi har benyttet oss av aktivt gjennom prosessen. Prinsippet med metoden er å produsere fysiske modeller som kan simulere ønskede funksjoner. På denne måten vil vi kunne tilegne oss kunnskap og innsikt i produktet og løsninger som kan være vanskelig å estimere analytisk. Dette skal også hjelpe oss å avdekke eventuelle problemområder som vi ikke har oppdaget i forkant.

RISIKO ANALYSE

Analysen er utarbeidet for å kunne identifisere eventuelle risikoer og vil bli brukt som et verktøy i prosjektarbeidet. En risiko oppstår i forskjellige former til forskjellige anledninger i prosjektet, det er derfor viktig med god risikostyring og kontroll for å kunne behandle risikoene på rett måte til rett tid. Måten vi kontrollerer de identifiserte risikoene for prosjekt vil bli presentert i dette dokumentet. Prosessen for hvordan en risiko behandles vil også bli gjennomgått.

PROSESS

En identifisert risiko vil analyseres gjennom en risikoanalyse prosess. Analysen er viktig for å kunne avdekke eventuelle problemer tilknyttet til risikoen/risikoene som oppstår. Prosessen blir beskrevet visuelt i sin helhet av Figur 8.



Figur 8 - Risikoanalyse prosess

IDENTIFISERE RISIKO

Å identifisere risiko er en metodisk prosess. Prosessen startes ved å bryte ned prosjektet i deler slik at man kan få et overblikk over hvilke risikoer som ligger til grunne. Gruppearbeid og bruk av Use Case hjelper oss til å identifisere risikoene i prosjektet. Prosjektgruppen er avhengig av å registrere og klassifisere alle de identifiserte risikoene for å være i stand til å jobbe videre med prosjektet på en effektiv og god måte. De identifiserte risikoene karakteriseres med 5 forskjellige konsekvenser. Skalaen går fra 1, ubetydelig, til 5, veldig alvorlig.

	Konsekvens	Beskrivelse
1	Ubetydelig	Minimum til ingen betydning
2	Liten	Kan skape mindre problemer
3	Moderat	Skaper et problem og forsinkelse
4	Alvorlig	Skaper store forsinkelser og problemer
5	Veldig alvorlig	Stopper prosjektet

Tabell 1 - Konsekvens tabell

	Sannsynlighet	Beskrivelse
1	Veldig lav	Mindre enn 1 gang per 600
2	Lav	1 gang per 600
3	Moderat	Mer enn 1 gang per 600 time
4	Høy	2 ganger per 600 time
5	Veldig høy	Mer enn 2 ganger per 600 time

Tabell 2 - Parameter tabell. Tabellen viser et gjennomsnitt av timeantall for et prosjekt hvor det er sett på sannsynligheten for at det forekommer en hendelse i løpet av prosjektet

VURDERE RISIKO

Alle risikoer skal vurderes. Etter identifiseringsprosessen skal risikoen vurderes og det skal etableres en oversikt over hvilken type risiko det er. Vi opprettet en matrise over alle de identifiserte risikoene hvor hver enkelt risiko har en kode markert med en R etterfulgt av risikonummer.

PROSJEKT RISIKO

Risiko nummer	Beskrivelse
PR-1	Ikke fullføre prosjektet
PR-2	Ikke møte kundens krav
PR-3	Gå over budsjett
PR-4	Ikke rekke tidsfrister

Tabell 3 - Prosjekt risiko tabell

TEKNISK RISIKO

Risiko nummer	Beskrivelse
TR-5	Ikke nødvendig kompetanse
TR-6	Ikke møte kvalitetskrav
TR-7	Skader under testing

Tabell 4 - Teknisk risiko tabell

INTERN RISIKO

Risiko nummer	Beskrivelse
IR-8	Korttids Sykdom og fravær
IR-9	Langtids sykdom og fravær
IR-10	Dårlig kommunikasjon i gruppen
IR-11	Alvorlige uenigheter
IR-12	Dårlig kommunikasjon med interne veiledere

Tabell 5 - Intern risiko tabell

EKSTERN RISIKO

Risiko nummer	Beskrivelse
ER-13	Dårlig kommunikasjon med ekstern rådgiver
ER-14	Svikt hos leverandører

Tabell 6 - Ekstern risiko tabell

PRIORITERE RISIKO

Det å sette eksakt sannsynlighet på parameterne våre vil være en unøyaktig måte å se på risikoene. Vi opprettet risikomatrisen som viser risiko og konsekvens med en skala fra 1-5. Maks poengsum er 25.

	1	2	3	4	5	
Veldig alvorlig	5	10	15	20	25	5
Alvorlig	4	8	12	18	20	4
Moderat	3	6	9	12	15	3
Liten	2	4	6	8	10	2
Ubetydelig	1	2	3	4	5	1
	Veldig lav	Lav	Moderat	Høy	Veldig høy	

Tabell 7 - Risikomatrise

TILTAK FOR RISIKOBEGRENSNING

Alle risikoer skal behandles med tiltak for å begrense risikoen. Tiltak er nødvendig for å kunne kontrollere at risikoen ikke utgjør et problem for prosjektets videre utvikling. Alle tiltak for risikobegrensning listes i risikoens respektive tabell.

EVALUERING AV RISIKO

Alle risikoer evalueres med hensyn på om risikoen fortsatt eksisterer. En evaluert eksisterende risiko kan defineres som eliminert hvis den ikke utgjør alvorlige komplikasjoner eller har lav sannsynlighet for at den inntreffer i prosjektet. En risiko hvor tiltakene ikke begrenser risikoen tilstrekkelig skal vurderes på nytt gjennom en ny iterasjons runde.

RISIKOANALYSETABELL

Risikoanalyse	
PR-1	
Dato opprettet	16/2
Type	Ikke fullført prosjekt
Interessent påvirkning	Prosjektgruppen og Dronera
Sannsynlighet	Sannsynligheten for å ikke fullføre prosjektet er lav, da motivasjonen i gruppen er god. Score: 1
Konsekvens	Konsekvensen blir at vi ikke får karakter og Dronera får ikke produktet sitt. Score: 5
Risikofaktor	Score: 5
Tiltak	Gjør oss klar over risikoen ved å ikke fullføre.

Tabell 8 - Risikotabell PR-1

Risikoanalyse	
PR-2	
Dato opprettet	16/2
Type	Ikke møte kundens krav
Intressentpåvirkning	Dronera
Sannsynlighet	Vi jobber daglig med å følge kravene til kunden. Score: 3
Konsekvens	Få dårlig vurdering fra ekstern veileder. Score: 4
Risikofaktor	Score: 12
Tiltak	Lager kravspesifikasjon og jobber ut ifra dette.

Tabell 9 - Risikotabell PR-2

Risikoanalyse	
PR-3	
Dato opprettet	16/2
Type	Gå over budsjett.
Intressentpåvirkning	Prosjektgruppe og Dronera
Sannsynlighet	Vi har ikke fått noe budsjett. Score: 2
Konsekvens	Score: 3
Risikofaktor	Score: 6
Tiltak	Vi har ikke fått noe spesifikt budsjett, men fokuserer på å holde oss innenfor rimelighetens grenser.

Tabell 10 - Risikotabell PR-3

Risikoanalyse	
PR-4	
Dato opprettet	16/2
Type	Ikke rekke tidsfrister
Intressentpåvirkning	Prosjektgruppe, Dronera og skole
Sannsynlighet	Noen tidsfrister er vanskelig og rekke. Score: 4
Konsekvens	Kan skape store forsinkelser i prosjektet. Score: 4
Risikofaktor	Score: 16
Tiltak	Vi har laget prosjektplan og prøver å følge denne. Noe avvik er ventet.

Tabell 11 - Risikotabell PR-4

Risikoanalyse	
TR-5	
Dato opprettet	16/2
Type	Ikke nødvendig kompetanse
Intressentpåvirkning	Prosjektgruppe og Dronera
Sannsynlighet	Skolen har godkjent prosjektet så det er lite sannsynlighet for mangel på kompetanse. Score: 2
Konsekvens	Dette skaper ikke så store konsekvenser da vi har god mulighet til å søke opp den nødvendige kompetansen som trengs. Score: 3
Risikofaktor	Score: 6
Tiltak	Bruke skolens fagpersoner innenfor deres respektive fagområder.

Tabell 12 - Risikotabell TR-5

Risikoanalyse	
TR-6	
Dato opprettet	16/2
Type	Ikke møte kvalitetskrav
Intressentpåvirkning	Dronera og Rikshospitalet
Sannsynlighet	Det er et stort krav om høy kvalitet. Score: 2
Konsekvens	I verste fall kan liv gå tapt. Score: 5
Risikofaktor	Score: 10
Tiltak	Analysere og simulere faktabaserte løsninger.

Tabell 13 - Risikotabell TR-6

Risikoanalyse	
TR-6.1	
Dato opprettet	21/3
Type	Svikt i kjølesystem
Intressentpåvirkning	Dronera og Rikshospitalet
Sannsynlighet	Sannsynligheten for at et god designet system svikter er liten. Score: 1
Konsekvens	Om kjølesystemet svikter vil konsekvensen være svinn i form av at transportgodset ødelegges. Score: 3
Risikofaktor	Score: 3
Tiltak	Ved å benytte kvalitets komponenter og designe systemet med hensyn på å begrense mulighetene for svikt.

Tabell 14 - Risikotabell TR-6.1

Risikoanalyse	
TR-6.2	
Dato opprettet	21/3
Type	Går tom for strøm
Intressentpåvirkning	Dronera og Rikshospitalet
Sannsynlighet	Sannsynligheten for at batteripakken går tom for strøm er liten da batteriene er pålitelige og strømforbruket blir kalkulert. Score: 1
Konsekvens	Konsekvensen vil være at kjølesystemet ikke får strøm og vil derfor ikke kunne kjøle innholdet i boksen. Score: 3
Risikofaktor	Score: 3
Tiltak	Kalkulerte beregninger over hvor mye strøm batteripakken må inneholde for å kunne forsyne kjølesystemet med strøm under operativ tilstand.

Tabell 15 - Risikotabell TR-6.2

Risikoanalyse	
TR-6.3	
Dato opprettet	21/3
Type	Innfrestningen mot drone svikter
Intressentpåvirkning	Dronera og Rikshospitalet
Sannsynlighet	Sannsynligheten for at innfestningen mot drone svikter er liten da løsningen for innfestningen skal ha redundans. Score: 1
Konsekvens	Konsekvensen vil være at boksen faller av dronen under flygning og kan i verste fall føre til tap av liv. Score: 5
Risikofaktor	Score: 5
Tiltak	Analysering, simulering og testing av løsningen.

Tabell 16 - Risikotabell TR-6.3

Risikoanalyse	
TR-6.4	
Dato opprettet	21/3
Type	Låsmekanismen mot lokk svikter
Intressentpåvirkning	Dronera og Rikshospitalet
Sannsynlighet	Sannsynligheten for at låsmekanismen svikter er liten da den skal være mekanisk. Score: 1
Konsekvens	Denne risikoen har to konsekvenser, lokket kan være låst i lukket posisjon og ikke vil låses opp eller lokket ikke kan låses og vil være åpent. Score: 3
Risikofaktor	Score: 3
Tiltak	Konstruere/eller benytte en mekanisk lås som er pålitelig.

Tabell 17 - Risikotabell TR-6.4

Risikoanalyse	
TR-6.5	
Dato opprettet	21/3
Type	Mekaniske belastninger fører til svikt i materiale og/eller komponenter
Intressentpåvirkning	Dronera og Rikshospitalet
Sannsynlighet	Sannsynligheten for at mekaniske belastninger fører til svikt er liten da Score: 1
Konsekvens	Konsekvensen vil være at kjøleboksen blir ødelagt. Score: 3
Risikofaktor	Score: 3
Tiltak	Gjennom analysering, simulering og test av faktabaserte løsninger tilegnes en indeks verdi som kan benyttes til å fatte en beslutning for den endelige løsningen.

Tabell 18 - Risikotabell TR-6.5

Risikoanalyse	
TR-7	
Dato opprettet	16/2
Type	Skader under testing
Intressentpåvirkning	Prosjektgruppen
Sannsynlighet	Vi tar forhåndsregler med tanke på sikkerhet. Score: 1
Konsekvens	Vi jobber mye med elektrisitet så konsekvens kan være høy. Score: 5
Risikofaktor	Score: 5
Tiltak	Passer på sikkerheten når vi tester.

Tabell 19 - Risikotabell TR-7

Risikoanalyse	
IR-8	
Dato opprettet	16/2
Type	Korttids sykdom/fravær
Intressentpåvirkning	Prosjektgruppen
Sannsynlighet	Fravær forekommer. Score: 4
Konsekvens	Korttidsfravær skaper ikke så store forsinkelser. Score: 2
Risikofaktor	Score: 8
Tiltak	Er enige internt i gruppa at fravær kun skal forekomme ved høyst nødvendighet.

Tabell 20 - Risikotabell IR-8

Risikoanalyse	
IR-9	
Dato opprettet	16/2
Type	Langtids sykdom/fravær
Intressentpåvirkning	Prosjektgruppe
Sannsynlighet	Alle forstår at prosessen avhenger av at alle er til stede så mye som mulig. Score: 1
Konsekvens	Dette kan skape store forsinkelse og utfordringer. I verste fall kan det skade prosjektet betraktelig. Score: 5
Risikofaktor	Score: 5
Tiltak	Andre i gruppen må ta over oppgavene ved langtidsfravær.

Tabell 21 - Risikotabell IR-9

Risikoanalyse	
IR-10	
Dato opprettet	16/2
Type	Dårlig kommunikasjon i gruppen
Intressentpåvirkning	Prosjektgruppen
Sannsynlighet	Vi har gruppemøter og prater godt sammen. Score: 2
Konsekvens	Dette kan skape store forsinkelser for arbeidet. Score: 4
Risikofaktor	Score: 8
Tiltak	Gruppen jobber sammen på skolen med kjernetid fra 0900-1500

Tabell 22 - Risikotabell IR-10

Risikoanalyse	
IR-11	
Dato opprettet	16/2
Type	Alvorlige uenigheter
Inntressentpåvirkning	Prosjektgruppe
Sannsynlighet	Sannsynlig i enhver demokratisk gruppesammenheng. Score: 3
Konsekvens	Operer med demokrati, men alle trenger ikke være enige. Score: 3
Risikofaktor	Score: 9
Tiltak	Grupped medlemmene har skrevet under på kontrakt. Her sies det at det stemmes om uenigheter og flertallet bestemmer.

Tabell 23 - Risikotabell IR-11

Risikoanalyse	
IR-12	
Dato opprettet	16/2
Type	Dårlig kommunikasjon med intern rådgiver
Inntressentpåvirkning	Prosjektgruppe
Sannsynlighet	Har god kontakt med rådgiver. Score: 2
Konsekvens	Dette kan skape forsinkelser i prosjektet. Score: 3
Risikofaktor	Score: 6
Tiltak	Ukentlig oppfølging.

Tabell 24 - Risikotabell IR-12

Risikoanalyse	
ER-13	
Dato opprettet	16/2
Type	Dårlig kommunikasjon med ekstern rådgiver
Intressentpåvirkning	Dronera og prosjektgruppe
Sannsynlighet	Har god kontakt med ekstern rådgiver. Score: 4
Konsekvens	Kan skape store forsinkelser i prosjekt. Score: 3
Risikofaktor	Score: 12
Tiltak	Kontinuerlig kontakt via telefon og epost.

Tabell 25 - Risikotabell ER-13

Risikoanalyse	
ER-14	
Dato opprettet	16/2
Type	Svikt hos leverandører
Intressentpåvirkning	Prosjektgruppe og Dronera
Sannsynlighet	Vi trenger mange små komponenter og er avhengig av flere leverandører. Score: 3
Konsekvens	Dette kan skape forsinkelser. Score: 3
Risikofaktor	Score: 9
Tiltak	God planlegging og oversikt over komponenter som må bestilles.

Tabell 26 - Risikotabell ER-14

ITERASJONER

Iterasjonsplanlegning har hatt en sentral rolle for prosjektets fremdrift. Opprinnelig var det planlagt 6 iterasjoner fra datoen prosjektgruppen valgte prosjektmodell frem til innlevering av oppgave. Løpetiden på iterasjonene var planlagt til 14 dager og grad av måloppnåelse på aktuelle arbeidsoppgaver skulle evalueres ved iterasjonsslutt. Etter andre iterasjon var ferdig bestemte prosjektgruppen i samråd med intern veileder å endre iterasjonenes løpetid fra 14 dager til 7 dager og antall iterasjoner gikk fra 6 til 8. Hyppige iterasjoner la til rette for hyppig validering av iterasjonens utfall som førte til økt grad av fleksibilitet og endringsmulighet.

Den overordnede prosjektplan, med milepæler tilknyttet hver iterasjon, samt en «work breakdown structure» har vært grunnlaget for iterasjonsplanlegningen. Ved å se en milepæl i sammenheng med en WBS har dette vært med på å skape oversiktighet over arbeidet som må utføres for å komme i mål i henhold til prosjektplan.

Prosjektets milepæler ble satt i oppstartsfasen. Disse representerer mål gjennom prosjektets løpetid og måloppnåelse av milepælene reflekterer om prosjektet er i rute. Noen av målene klarte vi ikke imøtekomme, så endringer ble gjort underveis.

OPPRINNELIGE MILEPÆLER

- Presentasjon 1 – 22.02.2017
- Overlevere tekniske spesifikasjoner for prototype 1 – 09.03.2017
- Definere teknisk arkitektur – 23.03.2017
- Presentasjon 2 – 31.03.2017
- Analyse av prototype 1 – 06.04.2017
- Implementering av undersystemer – 20.04.2017
- Komplette prototype 2 – 04.05.2017
- Levere inn rapport – 24.05.2017
- Presentasjon 3 – 09.06.2017

ENDELIGE MILEPÆLER

- Presentasjon 1 – 22.02.2017
- Overlevere tekniske spesifikasjoner for prototype 1 – 06.03.2017
- Definere teknisk arkitektur – 23.03.2017
- Presentasjon 2 – 27.03.2017
- Kartlegge elektronisk grensesnitt – 16.04.2017
- Bestemme elektroniske komponenter – 20.04.2017
- Implementering av undersystemer – 30.04.2017
- Termisk analyse av prototype 2 – 07.05.2017
- Komplette prototype 2 – 14.05.2017
- Kostnadsbudsjett – 20.05.2017
- Levere inn bachelor oppgave – 24.05.2017
- Presentasjon 3 – 01.06.2017

UTKLIPP GANTT



Figur 9 - Microsoft project – plan for iterasjon 1

ITERASJON 1

EVALUERING AV ITERASJON 1

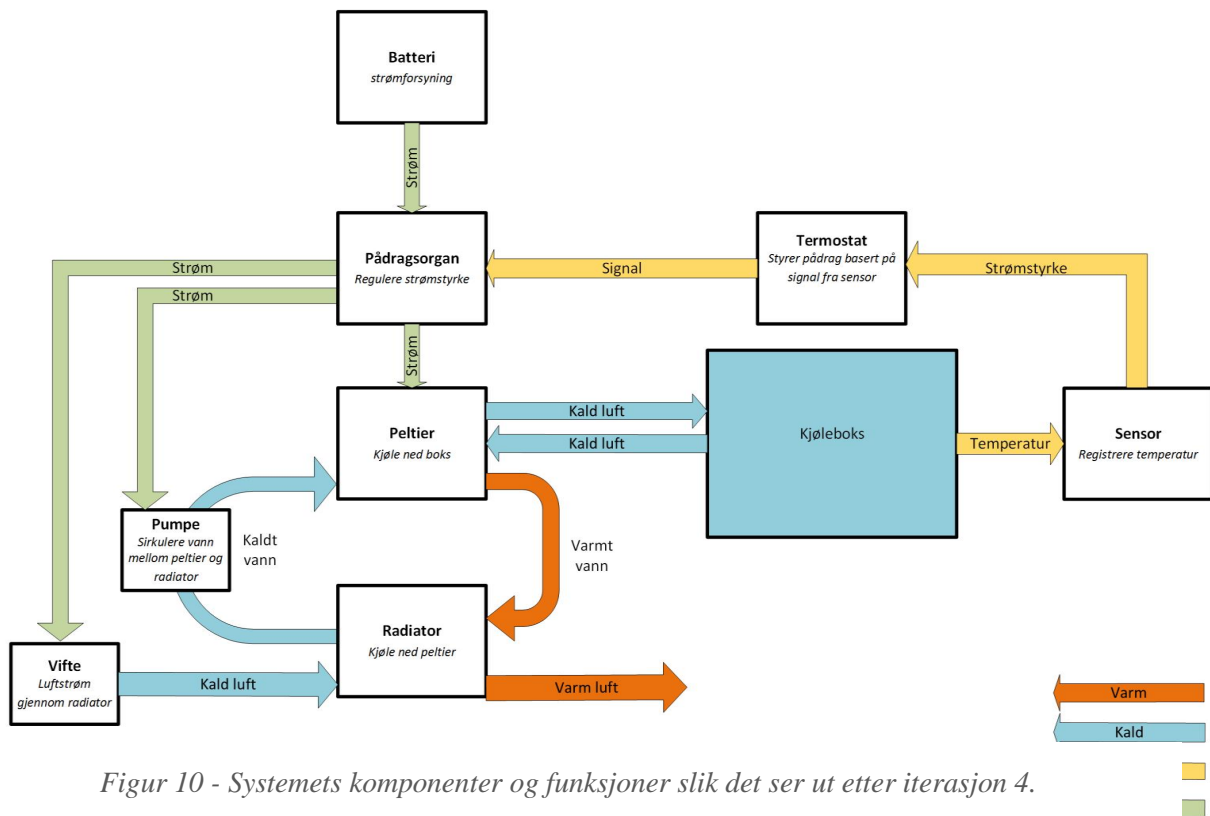
Det overordnede målet for første iterasjon var å ha ferdig tekniske spesifikasjoner til bygging av kjøleboksen. Vi ble forespeilet at fagskolen skulle ha prosjekt i uke 10 og for å få til samarbeid med kompositt klassen måtte vi derfor ha spesifikasjonene ferdig før deres prosjekt startet. Planen var å 3D-printe boksen slik at fagskolen kunne bruke denne modellen til å lage form til karbon fiber støpning. Vi ble ferdig med design og mål av ytre boks, men fikk ikke 3D-printet boksen fordi 3D-printeren for øyeblikket ikke er operativ. Dette fikk imidlertid ikke så store konsekvenser for samarbeidet med fagskolen da deres prosjekt ikke er intensivt i uke 10 som vi hadde forstått, men 3 timer per uke og har løpetid frem til juni. Vi har vært i kontakt med de aktuelle elevene og de er positive til prosjektet så samarbeidet blir en realitet.

Vi har sett på sirkulering av den kalde luften internt i boksen. Her konkluderte vi med at dette må vi kjøre flere tester på når vi får isolasjonen vi trenger. Per dags dato har vi for dårlig isolert test-boks så tapet er for stort til å få nøyaktig tall på dette. Ulike prinsipper for å evakuere varme har blitt undersøkt. Designet av hoved boksen tok lenger tid enn antatt. Dette på grunn av uforutsette problemer angående innerboksens geometri og radius på overganger. Designet av lokk tok kortere tid enn antatt. Etter ny informasjon angående valg av radiator til kjøleboksen ble denne radiatoren modellert i Fusion 360. Ferdigstillingen av versjon 2.0 tok lengere tid enn antatt, dette fordi store deler av dokument 1.0 måtte omskrives. Versjon 2.0 er derfor ikke ferdigstilt og krever mer arbeid. Vi har også jobbet med å ferdigstille peltier-forsøkene med tilhørende rapport, samt starte bygging av kompressor testen. Vi så først for oss at peltier-forsøkene ville bli ferdige i løpet av den første uken, men det utviklet seg fort til å bli flere og mer omfattende tester enn vi hadde sett for oss. Flere og mer kompliserte forsøk fører til mye mer fabrikasjon, som tar mye tid. Det første heatpipe forsøket alene tok 7 timer å bygge, med gjennomføring av forsøket dagen etter. Dermed ble vi ikke ferdig med de planlagte oppgavene i denne iterasjonen, men vi føler allikevel det var viktig og vel anvendt tid. Læringsutbytte i et forsøk som dette er svært nyttig, derfor er det naturlig å utvide og teste nye ideer som kommer fortløpende i prosessen.

ITERASJON 2

EVALUERING AV ITERASJON 2

Det overordnede målet for iterasjon 2 var å definere den tekniske arkitekturen til vårt system. Med teknisk arkitektur mener vi hvilke komponenter som systemet er avhengig av for å imøtekomme kravene som er satt. Vi har jobbet mye med løsninger som er knyttet til bruk av peltier elementer. Ved hjelp av testing har vi tilegnet oss ytterligere kunnskap om hvor de svake og sterke sidene til denne løsningen ligger. Vi har, ved hjelp av testing, samlet inn konkret data om effektforbruk som er direkte relevant til dimensjonering av både batteripakke og antall peltier elementer som er passende for vårt system. Vi har jobbet med dimensjonering og type isolasjon. På dette området har vi gjort beregninger og analyser i Fusion 3D og kommet med en konklusjon på hvilken type og dimensjon vi trenger. Det ytre designet til boksen er ferdig i den grad av at vi har kommet frem til en løsning, men det er gode muligheter for endringer på dette området. De resterende komponentene til systemet som i hovedsak omhandler elektronikk har vi laget en grafisk fremstilling på, men vi har ikke kommet med noen konkrete løsningsforslag. Avvikene fra planen til hva som har blitt gjort ser vi på som minimale og det endelige målet for prosjektet forblir det samme.

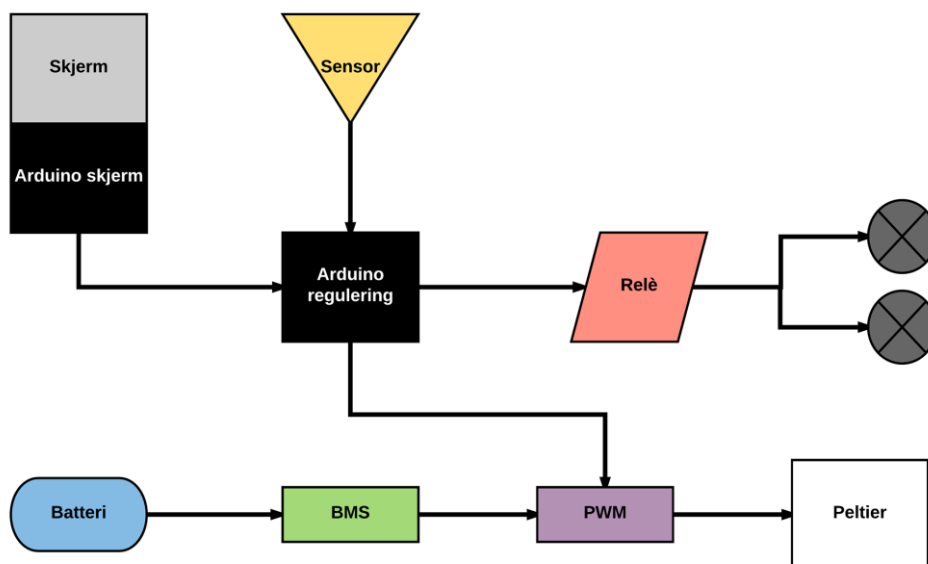


ITERASJON 3

EVALUERING AV ITERASJON 3

Prosjektplan har blitt noe endret siden forrige iterasjon. Etter andre presentasjon ble vi enige i samråd med veileder om å halvere de kommende iterasjoners løpetid. Vi gjorde dette for å øke antallet iterasjoner frem til prosjektslutt da dette gir økt fleksibilitet i forbindelse med justeringer og endringer. Det opprinnelige målet om termisk analyse av prototype 2 har vi ikke fått gjennomført. Dette skyldes primært tekniske utfordringer vedrørende 3D-print av støpeformer. Vi har derfor valgt å sette mer fokus på elektronikken på nåværende tidspunkt og forskyve målet for termisk test til iterasjon 5.

Målet for iterasjon 3 var å få ferdig FEM analysen av hoved boksen, sette opp et forslag til løsning på de elektroniske komponentene og å få ferdig lab rapport om peltier elementer. FEM analysen har ikke blitt ferdig grunnet feil i solidworks i forbindelse med analyse av karbonfiber. Arbeidet med denne analysen fortsetter i iterasjon 4. Et forslag på elektroniske komponenter, deres virkemåte og samspill har blitt foreslått. Disse komponentene vil bli jobbet videre med i iterasjon 4 der vi også vil se på muligheter for forbedringer i forhold til løsningen vi har i dag.



Figur 11 - Første utkast til elektroniske komponenter og deres sammenkobling.

ITERASJON 4

EVALUERING AV ITERASJON 4

Implementering av undersystemer var hovedmålet i iterasjon 4. Vi har jobber mye med elektronikken og hvordan den skal implementeres i boksen. Vi hadde i starten av prosjektet tiltenkt en avtakbar modul som skulle romme kjølesystem, batteripakke og andre elektroniske komponenter. Denne løsningen innebærer produksjon av en modulær boks som i selg selv vil være like kostbar og tidkrevende som selve hoved boksen så dette var noe vi ville forenkle. Den første løsningen vi kom frem til var å implementere alt tilknyttet kjølesystem og elektronikk i lokket til boksen. Denne løsningen er en videreutvikling av et konsept fra oppstartsfasen. På denne måten ville vi kvitte oss med modulen og dermed spare både vekt og kostnad. Denne løsningen var ikke gjennomførbar da luftkjøling i toppen av boksen ikke var mulig å få til på grunn av hvordan boksen er festet mot drone. Neste løsning var å implementere elektronikk i bunnen av kjøleboksen, men da som en del av hoved-boksen og ikke som en selvstendig modul. Som skille mellom kjølesystem og rommet der kjølevarer skal oppbevares er det tiltenkt en aluminiumsplate som skal fungere som fysisk skille og samtidig ha funksjon som kjøle ribber. Peltier elementer skal festes direkte på undersiden av aluminiumsplaten. Varmen fra peltier elementene skal fraktes ned til 2 heatpipes via varme broer. Luftkjøling skal frakte varme videre ut av boksen, Med denne løsningen har vi forenklet produksjonsprosessen, spart vekt, og oppnådd fullstendig tetning mellom elektronikk og varer som skal fraktes. Fullstendig tetning er nødvendig i tilfelle søl eller fuktighet som ellers ville skadet elektronikken. Denne løsningen skal arbeides videre med i iterasjon 5.



Figur 13 - Etter iterasjon 4: Elektronikk og kjølesystem integrert i boksens hovedskall



Figur 12 - Før iterasjon 4: Løsning med kjølesystem og elektronikk i egen modul.

ITERASJON 5

EVALUERING AV ITERASJON 5

Arbeidet med implementering av undersystemer har hatt mye fokus også i denne iterasjonen. Mye arbeid har blitt gjort i forbindelse med 3D modellering av komponenter og deres sammenstilling i Fusion 3D. 3D modeller av tredjeparts komponenter har blitt prioritert for å kunne visualisere deres samspill og grensesnitt i kjølesystemet. Tredjeparts komponenter som har blitt modellert er heatpipe, peltier elementer, varme-bro og Komponent for regulering av spenning har ankommet og vi er klar til å sette sammen de elektroniske komponentene for å teste funksjon. Det vil si systemet med temperatursensor, h-bro, Arduino og strømforsyning. Termisk analyse av hovedboks, som var hovedmålet med iterasjonen, har vi blitt ytterligere forsinket. Forsinkelsen skyldes problemer med 3D-printing av støpeformer. Disse problemene omfatter feil med steppermotor i 3D-printer som har ført til støpeformer som må forkastes. Problemene med 3D-printing har blitt løst og denne uken har test boksen blitt støpt i karbonfiber av gruppen fra fagskolen. Det gjenstår noe konstruksjonsarbeid før den er klar for testing. Milepæl om termisk test har blitt flyttet til iterasjon 6. I forbindelse med lukkemekanisme har alternativer blitt undersøkt og vurdert. Hovedutfordringen i forbindelse med lukkemekanisme har vært vektreduksjon. Mye tid har gått med til å undersøke alternativer som gir ønsket funksjon ved lavest mulig vekt. Forslag til lukkemekanisme er lagt frem. Håndteringsmekanisme har i denne iterasjonen blitt omgjort fra tredjeparts komponent til bærehåndtak i boksens luftekanal. Med denne 2-i-1 funksjonen blir vekt redusert ytterligere.



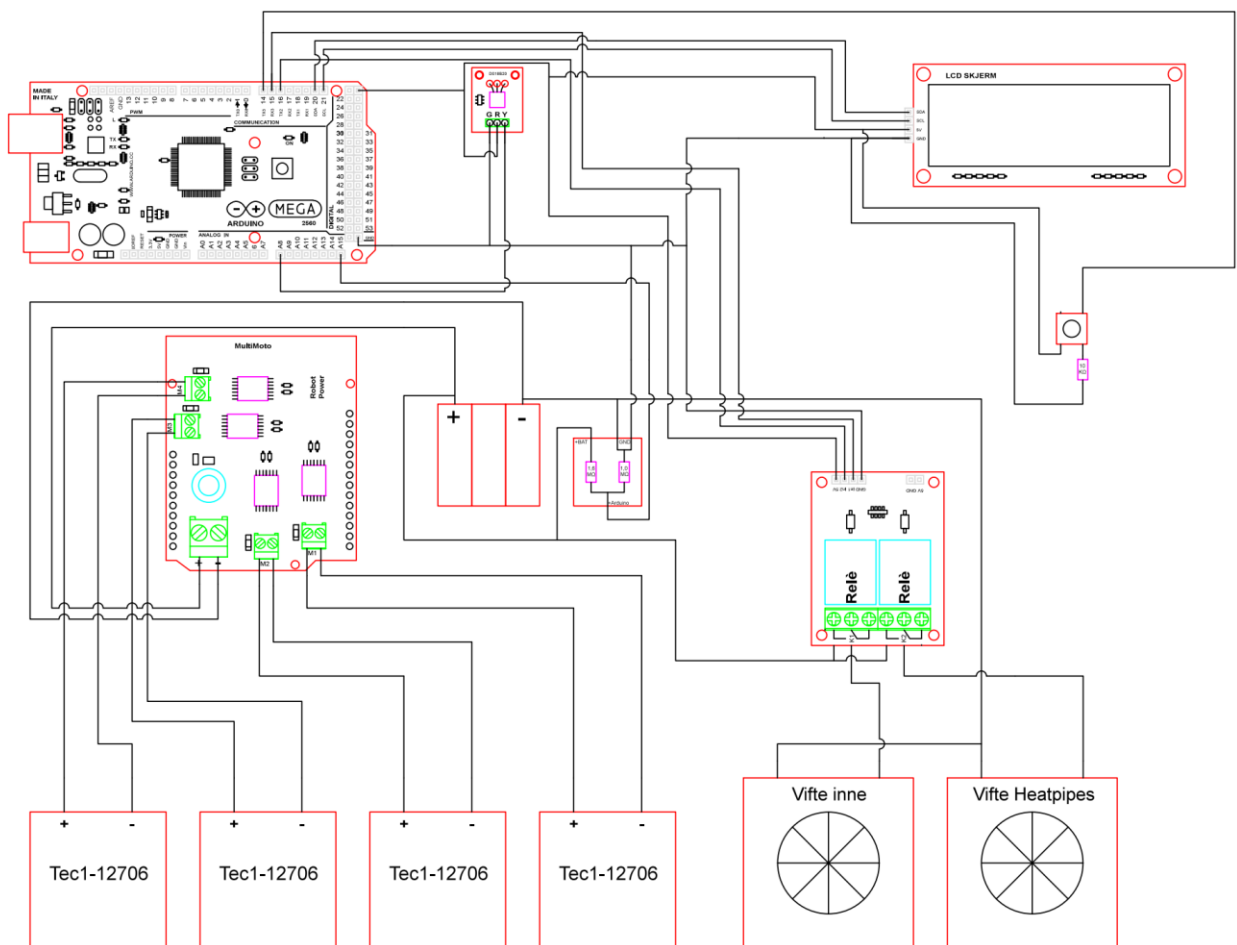
Figur 14 - Luftekanal til boksens kjølesystem og håndtak for brukershåndtering kombinert i samme løsning

ITERASJON 6

EVALUERING AV ITERASJON 6

Prototype 2, som ble ferdig støpt i iterasjon 5, har blitt ferdig bygget og testet med kjølesystem. De elektroniske komponentene i forbindelse med regulering av spenning som funksjon av temperatur har blitt satt sammen og testet. Det har også blitt montert en LCD skjerm (HD44780) på test boksen som viser temperatur og pådrag. Resultatene fra funksjonstest med kjølesystem og regulerings system har vært svært gode og vi har oppnådd stabil temperatur inne i boksen på $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Mot slutten av iterasjonen ble også batteripakken sveiset sammen og den fungerer tilsynelatende som tiltenkt.

Utover spenningsregulering og batteripakke har vi oppdatert WEB siden og fått koblet den til link fra fronter. 3D modeller har blitt utbedret i forbindelse med produksjonsklargjøring.



Figur 15 - Koblingskjema av elektroniske komponenter.

ITERASJON 7

EVALUERING AV ITERASJON 7

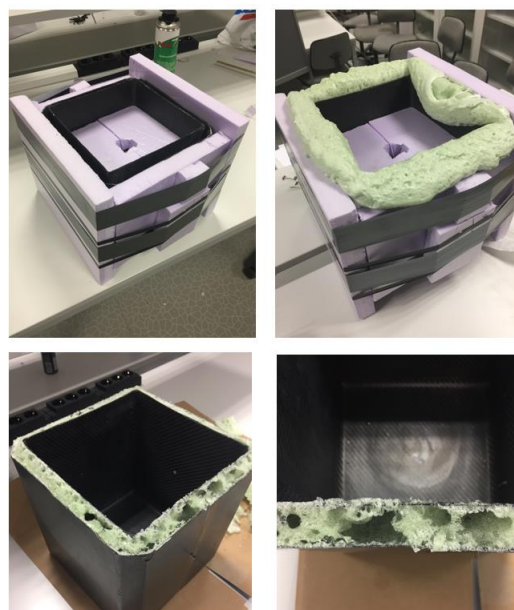
Iterasjon 7 hadde som hovedmål at et økonomisk budsjett skulle opprettes. Dette har blitt noe forsinket da 3D modeller av boksens skall ikke har vært ferdig i forbindelse med produksjonsklargjøring til fullskala versjon. 3D modeller er nå ferdig og gruppen anser nåværende modell som endelig løsning til fullskala prototype.

Festemekanisme mellom lokk og boks har blitt noe endret. Opprinnelig var det planlagt å bruke tredjeparts komponenter og forslag på disse ble lagt frem i starten iterasjonen. I samråd med oppdragsgiver ble det bestemt å 3D modellere denne mekanismen selv for å spare vekt. Denne mekanismen har blitt modellert ferdig og 3D-printet. Mekanismen ble testet i strekkprøve-maskin. Resultatene fra testen vil bli fremlagt i egen rapport.

Skum har blitt testet som et alternativ til plater i forbindelse med isolasjonsmateriale. Det viste seg imidlertid å være vanskelig å oppnå homogen struktur og isolasjonsevnen ble dårligere med skum enn med plater. Gruppen konkluderer med at plater skal benyttes til isolasjon da metoden med skumming krever mer testing.



Figur 16 - 3D modellerte låseklips som erstatning av tredjepartskomponenter



Figur 17 - Bilder fra test av isolasjonsskum

ITERASJON 8

EVALUERING AV ITERASJON 8

Iterasjon 8, og prosjektets siste iterasjon før innlevering av oppgaven, har i hovedsak bestått av klargjøring av dokumenter. Vektregnskap og økonomisk budsjett har blitt opprettet i forbindelse med produksjon av fullskala prototype. Tilvirkning, sammenstilling og vedlikehold av systemet har blitt beskrevet.



Figur 18 - Kjøleboksens endelige design sett fra utsiden



■ Karbonfiber ■ Isolasjon ■ Batteri ■ Kjølesystem

Figur 19 - Systemets totale vekt fordelt under 4 hovedkategorier.

Til sammen 4969.25 gram.

KONKLUSJON

Unified Process har vært prosjektmodellen og verktøyet som har formet prosjektets fremdrift og struktur. Prosjektgruppen hadde ingen tidligere erfaring med modellen før prosjektet startet så prosessen har vært svært læringsrik. Modellens fleksible struktur har tillatt endringer og justeringer underveis ettersom mål ikke har blitt oppnådd eller uforutsette utfordringer har dukket opp. I en utviklingsprosess som dette, har oppdelingen av prosjektets løpetid i iterasjoner vært vesentlig i forbindelse med optimalisering. De tidlige designforslagene baserte seg på hva man trodde var den beste løsningen på de aktuelle oppgavene, noe som uten unntak endret seg i løpet av prosjektet. Løsningene etter hver iterasjon baserte seg imidlertid på erfaring, testing eller analyse. Ved å gjenoppta et løsningsforslag og evaluere dette mot de overordnede kravene og ønskene til produktet, tillot prosjektmodellens struktur å gjøre forbedringer gjennom hele prosjektperioden. Denne fremgangsmetoden har også gjort det mulig å takle utfordringer som har ligget utenfor prosjektgruppens fagfelt ved å gå inn i en iterasjon med en ide om ønsket funksjon, og ut av iterasjonen med kunnskap om hvordan denne funksjonen kan oppnås. Deretter har disse oppgavene gått igjennom flere iterasjoner der mer kunnskap og erfaring har bidratt til forbedringer.

Rapid prototyping har også vært et uvurderlig verktøy gjennom hele prosessen. Analytisk metode, kombinert med fysiske modeller, har gitt innsikt i problemstillinger og designkonsept på et dypere nivå enn hva hver av metodene hadde gjort alene.

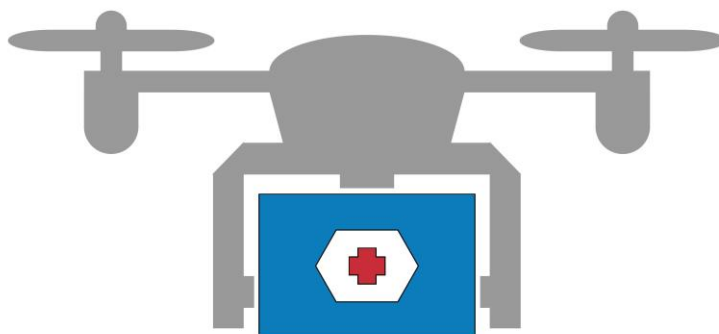
Prosjektmodellen har ledet prosjektgruppen gjennom prosjektperioden på en strukturert måte og kan i alle høyeste grad anbefales til fremtidige prosjekter.



tecBAT / Gruppe 11

KRAVSPESIFIKASJON

GJENNOMGANG AV KRAV FOR PROSJEKTET



VERSJONSHISTORIKK

Dato	Versjon	Kommentar	Av	Godkjent av
25.01.17	0.1	Oppretting av dokumentet	NT	
07.02.17	0.2	Lagt til krav fra DR1.0 - DR10.0	NT FR	
08.02.17	0.3	Lagt til krav DR11.0A – DR15.0A og krav BAT1.0B	FR	
11.02.17	0.4	Endring av kravkode fra formen DR1.0A til formen DR-P1-A. Lagt til krav DR16-21. Lagt til krav BAT-S1 – BAT-S4. Lagt til BAT-D1 – BAT-D6	FR	
13.02.17	1.0	Lagt til krav BAT-S5 – BAT-S24. Lagt til krav BAT-D7 – BAT-D8. Skrevet innledning, kravoppsett og sporbarhet.	FR	NT
21.03.17	1.1	Endret status på krav DR-P9-A, BAT-S11-A og BAT-D6-A til utgått. Endret status på krav DR-P2-A, DR-P3-A og BAT-S4-A til utgått. Endringer i krav BAT-S2-A. Opprettet krav DR-P23-A, DR-P24-A, BAT-S25-A og BAT-S26-A.	FR	
10.04.17	2.0	Endret semantikk i forbindelse med de fleste krav	MW	FR
23.05.17	3.0	Implementert tabell liste	FR	NT

FORKORTELSER

Forkortelse	Beskrivelse
P	Primærkrav
S	Systemkrav
D	Designkrav
K	Komponentkrav
DR	Dronera UAV
BAT	tecBAT
FR	Fredrik Liebak Rasmussen
NT	Niclas Thoresen
MW	Martin Kvia Wigaard

ABSTRAKT

Kravspesifikasjons dokument representerer en oversikt over alle identifiserte krav som er relevante til prosjektet. Dokumentet i seg selv skal bidra til å gi en oversikt over alle behov systemet skal ivareta og benyttes som et verktøy i prosjektarbeidet. I dokumentet er metoden for hvordan krav er dekomponert beskrevet. Kravene listet i dette dokumentet er viktige for å kunne realisere et ferdig produkt og stammer først og fremst fra oppdragsgiver, Dronera.

Videre blir kravkoden beskrevet. Hvert krav har en unik individuell kode og følger kravet videre gjennom test fasen. Kravkoden gir også muligheten til å spore hvert krav tilbake til sin opprinnelse eller interessant. Sporbarhet i forhold til krav vil også bli beskrevet.

Dokumentet avsluttes med en liste over alle krav der hvert krav beskrives i sin helhet.



INNHALDSFORTEGNELSE

ABSTRAKT.....	56
FIGURLISTE.....	58
TABELL LISTE.....	58
KRAV DEKOMPONERING.....	61
KRAV OPPSETT.....	62
KRAVKODE.....	62
KRAV PÅ TABELL FORM.....	63
SPORBARHET.....	64
KRAVSPESIFIKASJON.....	65
PRIMÆRKRAV.....	65
SYSTEMKRAV.....	77
DESIGNKRAV.....	90



FIGURLISTE

Figur 1 - Krav dekomponering.....	61
Figur 2 - Kravkode.....	62
Figur 3 - Utklipp fra kravmatrise	64

TABELL LISTE

Tabell 1 - Krav på tabell form.....	63
Tabell 2 - Krav DR-P1-A.....	65
Tabell 3 - Krav DR-P2-A.....	65
Tabell 4 - Krav DR-P3-A.....	66
Tabell 5 - Krav DR-P4-A.....	66
Tabell 6 - Krav DR-P5-A.....	67
Tabell 7 - Krav DR-P6-A.....	67
Tabell 8 - Krav DR-P7-A.....	68
Tabell 9 - Krav DR-P8-A.....	68
Tabell 10 - Krav DR-P9-A.....	69
Tabell 11 - Krav DR-P10-A.....	69
Tabell 12 - Krav DR-P11-A.....	70
Tabell 13 - Krav DR-P12-A.....	70
Tabell 14 - Krav DR-P12-A.....	71
Tabell 15 - Krav DR-P14-A.....	71
Tabell 16 - Krav DR-P15-A.....	72



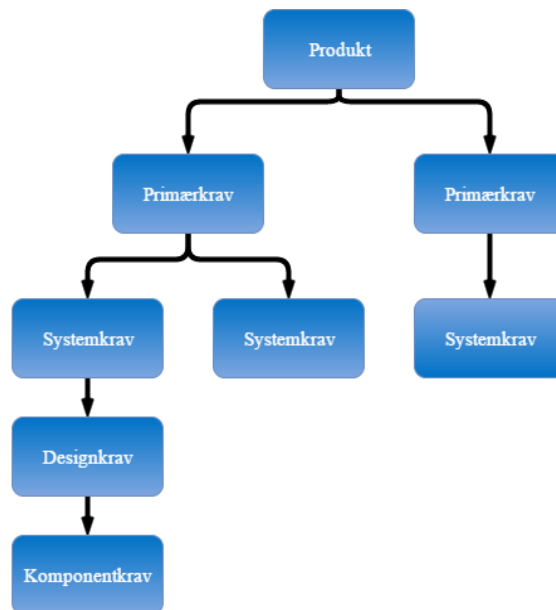
Tabell 17 - Krav DR-P16-B	72
Tabell 18 - Krav DR-P17-A.....	73
Tabell 19 - Krav DR-P18-A.....	73
Tabell 20 - Krav DR-P19-B	74
Tabell 21 - Krav DR-P20-B	74
Tabell 22 - Krav DR-P21-A.....	75
Tabell 23 - Krav DR-P22-A.....	75
Tabell 24 - Krav DR-P23-A.....	76
Tabell 25 - Krav DR-P24-A.....	76
Tabell 26 - Krav BAT-S1-A	77
Tabell 27 - Krav BAT-S2-A	77
Tabell 28 - Krav BAT-S3-A	78
Tabell 29 - Krav BAT-S4-A	78
Tabell 30 - Krav BAT-S5-A	79
Tabell 31 - Krav BAT-S6-A	79
Tabell 32 - Krav BAT-S7-A	80
Tabell 33 - Krav BAT-S8-A	80
Tabell 34 - Krav BAT-S9-A	81
Tabell 35 - Krav BAT-S10-A	81
Tabell 36 - Krav BAT-S11-A	82
Tabell 37 - Krav BAT-S12-A	82
Tabell 38 - Krav BAT-S13-A	83



Tabell 39 - Krav BAT-S14-A	83
Tabell 40 - Krav BAT-S15-A	84
Tabell 41 - Krav BAT-S16-A	84
Tabell 42 - Krav BAT-S17-A	85
Tabell 43 - Krav BAT-S18-B.....	85
Tabell 44 - Krav BAT-S19-A	86
Tabell 45 - Krav BAT-S20-A	86
Tabell 46 - Krav BAT-S21-B.....	87
Tabell 47 - Krav BAT-S22-B.....	87
Tabell 48 - Krav BAT-S23-A	88
Tabell 49 - Krav BAT-S24-A	88
Tabell 50 - Krav BAT-S25-A	89
Tabell 51 - Krav BAT-S26-A	89
Tabell 52 - BAT-D1-A.....	90
Tabell 53 - BAT-D2-A.....	90
Tabell 54 - BAT-D3-A.....	91
Tabell 55 - BAT-D4-B	91
Tabell 56 - BAT-D5-A.....	92
Tabell 57 - BAT-D6-A.....	92
Tabell 58 - BAT-D7-A.....	93
Tabell 59 - BAT-D8-A.....	93

KRAV DEKOMPONERING

Systemets sett med krav representeres av fire hovedtyper av krav; Primærkrav (P), Systemkrav (S), Designkrav (D) og Komponentkrav (K). Primærkrav er behov eller ønsker som kommer fra oppdragsgiver og er absolutt nødvendige krav systemet skal innfri ved ferdigstilling, disse kravene kan ikke endres. Systemkrav er krav avledet fra Primærkrav, disse kravene uttrykker en funksjon systemet skal utføre for å kunne innfri Primærkravet, disse kravene er ikke satt av oppdragsgiver og kan endres i løpet av prosjektarbeidet. Videre er Designkrav avledet av Systemkrav og er som oftest fysiske krav til systemet, disse kravene går mer detaljert inn på egenskaper og-/eller karakteristikker av løsninger som f. eks material, vekt og dimensjoner som må innfris for å kunne innfri Systemkravet. Komponentkrav er avledet av Designkrav, disse kravene går helt ned på komponent nivå der det stilles spesifikke krav til komponenten for å kunne innfri Designkravet.



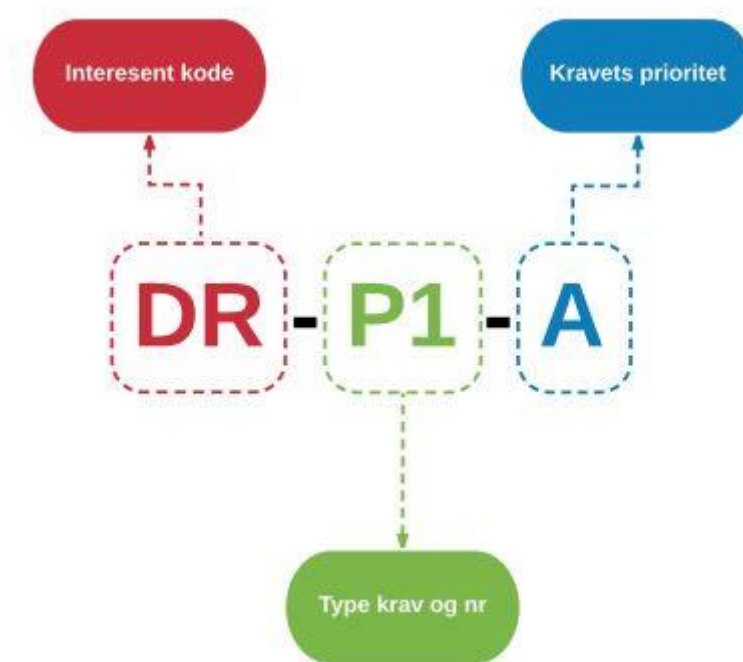
Figur 20 - Krav dekomponering

Når alle Komponentkrav er innfridd vil Designkravet automatisk være innfridd. Denne prosessen er gjennomgående for alle krav helt til man kan innfri Primærkravet.

KRAV OPPSETT

KRAVKODE

Hvert krav er unikt og må derfor ha en unik kravkode.



Figur 21 - Kravkode Kravkoden består av en interessent kode, type krav, nummer og kravets prioritet.

Interessent koden gir informasjon om hvem som stiller kravet. Et krav kan prioriteres på tre måter; A krav skal være, B krav burde være og C krav kan være. Type krav defineres ut fra hovedkrav (P, S, D, K) og kravet får tildelt et nummer.

Ett eksempel på en unik kravkode er DR-P1-A. Koden leses slik; Primærkrav fra Dronera med prioritet A.

KRAV PÅ TABELL FORM

Hvert krav blir satt i en individuell tabell for å opprette en oversikt over det spesifikke kravet. Tabellen skal gi all nødvendig informasjon om kravet.

Kravspesifikasjon	
Kravkode	
Interessent	
Opprinnelse	
Dato identifisert	
Prioritet	
Beskrivelse	
Status	

Tabell 27 - Krav på tabell form

Kravspesifikasjonen for det enkelte kravet blir representert med kravets unike krav kode for å kunne skille kravene. Ved å tilføre kravets opprinnelse kan man enkelt spore kravet, enten tilbake til interessenten eller til et annet krav av høyere rang. Kravet blir beskrevet og man gir kravet en status. Kravets status kan være:

- Identifisert
- Godkjent
- Utgått
- Slettet.

Når et kravs status er gitt kan man lett se hvor i prosessen kravet er.

SPORBARHET

Sporbarhet er viktig for å kunne dokumentere et krav historikk og tillater sporing av et krav tilbake til sin opprinnelse og interessant. For og lett kunne ha kontroll over kravets historikk opprettes en sporbarhets matrise/krav matrise (Figur 22).

Krav Matrise										
Interessen	Opprinnelse	Type krav	Krav nr	Prioritet	Krav kode	Beskrivelse	Status	Test kode	Test resultat	Dato identifisert
DR		P	1	A	DR-P1-A	Systemets total vekt skal ikke være mer enn 3 kg	Identifisert			19.01.2017
DR		P	2	A	DR-P2-A	Systemet skal ha en innetemperatur fra -25°C til +4°C	Identifisert			19.01.2017
DR		P	3	A	DR-P3-A	Systemet skal kunne operere i temperaturområde fra -40°C til +50°C	Identifisert			19.01.2017
DR		P	4	A	DR-P4-A	Systemet skal ha et volum tilsvarende 1600 5 liters luftposser	Identifisert			19.01.2017
DR		P	5	A	DR-P5-A	Systemet skal ha en driftstid på 90 min	Identifisert			19.01.2017
DR		P	6	A	DR-P6-A	Systemet skal være vannrett	Identifisert			19.01.2017
DR		P	7	A	DR-P7-A	Systemet skal ha redundans i forbindelse med måling i drone	Identifisert			19.01.2017
DR		P	8	A	DR-P8-A	Indretningen til dronen skal motstå belastninger fra vind opp til 20 m/s	Identifisert			19.01.2017
DR		P	9	A	DR-P9-A	Systemet skal ha minimum 3-5 års levetid	Identifisert			19.01.2017
DR		P	10	A	DR-P10-A	Skal kunne bytte batteri og middele i løpet av 30 sek	Identifisert			19.01.2017
DR		P	11	A	DR-P11-A	Systemet skal kunne gåle fall fra arbeids høyde (71cm)	Identifisert			19.01.2017
DR		P	12	A	DR-P12-A	Systemet skal kunne kobles av og på dronen i løpet av 30 sek	Identifisert			19.01.2017
DR		P	13	A	DR-P13-A	Systemet skal ha en åpne-ubekensensur	Identifisert			08.02.2017
DR		P	14	A	DR-P14-A	Systemet skal ha en ås i åpne-ubekensensur	Identifisert			08.02.2017
DR		P	15	A	DR-P15-A	Systemet skal ha et unikt serienummer	Identifisert			08.02.2017

Figur 22 - Utlipp fra kravmatrise

KRAVSPESIFIKASJON

PRIMÆRKRAV

Kravspesifikasjon	
DR-P1-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	19.01.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemets total vekt ≤ 5 kg
Status	Identifisert

Tabell 28 - Krav DR-P1-A

Kravspesifikasjon	
DR-P2-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	19.01.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Temperaturområde for systemets lukkede volum: 25°C til +4°C
Status	Utgått. Endret til krav DR-P23-A

Tabell 29 - Krav DR-P2-A

Kravspesifikasjon	
DR-P3-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	19.01.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Ambient temperaturområde for systemet: -40°C til +50°C
Status	Utgått. Endret til krav DR-P24-A

Tabell 30 - Krav DR-P3-A

Kravspesifikasjon	
DR-P4-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	19.01.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemets lukkede volum tilsvarende 16x0.5 liters blodposer
Status	Identifisert

Tabell 31 - Krav DR-P4-A

Kravspesifikasjon	
DR-P5-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	19.01.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemet driftstid \geq 90 min
Status	Identifisert

Tabell 32 - Krav DR-P5-A

Kravspesifikasjon	
DR-P6-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	19.01.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemet støv og vannmotstand \geq IP67
Status	Identifisert

Tabell 33 - Krav DR-P6-A

Kravspesifikasjon	
DR P7-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Redundans i forbindelse med innfestning til drone
Status	Utgått

Tabell 34 - Krav DR-P7-A

Kravspesifikasjon	
DR P8-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Innfestingen mot dronen: motstandsdyktig mot vind opptil 20 m/s
Status	Utgått

Tabell 35 - Krav DR-P8-A

Kravspesifikasjon	
DR P9 A	
Interessent	DR
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemet levetid: 5 år
Status	Utgått

Tabell 36 - Krav DR-P9-A

Kravspesifikasjon	
DR P10 A	
Interessent	DR
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Tid batteribytte \leq 30sekunder
Status	Utgått

Tabell 37 - Krav DR-P10-A

Kravspesifikasjon	
DR-P11-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	19.01.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Motstandsdyktig mot fall fra 70cm
Status	Identifisert

Tabell 38 - Krav DR-P11-A

Kravspesifikasjon	
DR-P12-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemet kobles av og på drone i løpet av 30 sek.
Status	Utgått

Tabell 39 - Krav DR-P12-A

Kravspesifikasjon	
DR-P13-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	08.02.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Lås i åpne/lukkemekanisme
Status	Identifisert

Tabell 40 - Krav DR-P12-A

Kravspesifikasjon	
DR-P14-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	08.02.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Arealet for systemets åpne/lukkemekanisme $\geq 34 \times 34$ cm
Status	Identifisert

Tabell 41 - Krav DR-P14-A

Kravspesifikasjon	
DR-P15-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Unikt serienummer for hver systemenhet
Status	Utgått

Tabell 42 - Krav DR-P15-A

Kravspesifikasjon	
DR-P16-B	
Interessent	DR
Dato identifisert	08.02.17
Prioritet	B
Beskrivelse	Systemets geometriske utforming: kvadratisk
Status	Identifisert

Tabell 43 - Krav DR-P16-B

Kravspesifikasjon	
DR-P17-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemet består av et ytre skall
Status	Utgått

Tabell 44 - Krav DR-P17-A

Kravspesifikasjon	
DR-P18-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemet består av et indre skall
Status	Utgått

Tabell 45 - Krav DR-P18-A

Kravspesifikasjon	
DR-P19-B	
Interessent	DR
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	B
Beskrivelse	Systemets lukkede volum temperatur isoleres mot ambient temperatur
Status	Utgått

Tabell 46 - Krav DR-P19-B

Kravspesifikasjon	
DR-P20-B	
Interessent	DR
Dato identifisert	11.02.17
Prioritet	B
Beskrivelse	Eget oppbevaringssystem for blodposer
Status	Identifisert

Tabell 47 - Krav DR-P20-B

Kravspesifikasjon	
DR-P21-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	11.02.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemet betjenes via et instrumentpanel
Status	Identifisert

Tabell 48 - Krav DR-P21-A

Kravspesifikasjon	
DR-P22-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	10.04.2017
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemet betjenes av en bruker
Status	Utgått

Tabell 49 - Krav DR-P22-A

Kravspesifikasjon	
DR-P23-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	21.03.2017
Prioritet	A
Beskrivelse	Stabil lufttemperatur for systemets lukkede volum: +4°C
Status	Identifisert

Tabell 50 - Krav DR-P23-A

Kravspesifikasjon	
DR-P24-A	
Interessent	DR
Dato identifisert	21.03.2017
Prioritet	A
Beskrivelse	Ambient operasjonstemperatur: -40°C til +45°C
Status	Utgått

Tabell 51 - Krav DR-P24-A

SYSTEMKRAV

Kravspesifikasjon	
BAT-S1-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P1-A
Dato identifisert	12.02.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemets total vekt ≤ 5 kg
Status	Identifisert

Tabell 52 - Krav BAT-S1-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S2-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P2-A DR-P3-A DR-P23-A DR-P24-A
Dato identifisert	09.02.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemets lukkede volum temperatur reguleres ved et kjølesystem
Status	Identifisert

Tabell 53 - Krav BAT-S2-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S3-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P2-A
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Temperaturområde for systemets lukkede volum: -25°C til +4°C
Status	Utgått

Tabell 54 - Krav BAT-S3-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S4-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P3-A
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Ambient operasjonstemperatur: -40°C til +45°C
Status	Utgått.

Tabell 55 - Krav BAT-S4-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S5-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P4-A
Dato identifisert	12.02.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemets lukkede volum \geq 16x0.5 liters blodposer
Status	Identifisert

Tabell 56 - Krav BAT-S5-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S6-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P5-A
Dato identifisert	12.02.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemet driftes av et batterisystem
Status	Identifisert

Tabell 57 - Krav BAT-S6-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S7-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P5-A
Dato identifisert	12.02.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemets driftstid \geq 90min
Status	Identifisert

Tabell 58 - Krav BAT-S7-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S8-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P6-A
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemet støv og vannmotstand $>$ IP67
Status	Identifisert

Tabell 59 - Krav BAT-S8-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S9-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P7-A
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Trippel redundans i forbindelse med innfesting til drone
Status	Utgått

Tabell 60 - Krav BAT-S9-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S10-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P8-A
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Innfestingen til dronen skal motstandsdyktig mot vind opptil 20 m/s
Status	Utgått

Tabell 61 - Krav BAT-S10-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S11-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P9-A
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemets levetid: 5år
Status	Utgått

Tabell 62 - Krav BAT-S11-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S12-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P10-A
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Tid batteribytte \leq 30sek
Status	Utgått

Tabell 63 - Krav BAT-S12-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S13-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P11-A
Dato identifisert	12.02.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Motstandsdyktig mot fall fra 70cm høyde
Status	Identifisert

Tabell 64 - Krav BAT-S13-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S14-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P12-A
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemet kobles av og på dronen i løpet av 30 sek
Status	Utgått

Tabell 65 - Krav BAT-S14-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S15-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P14-A
Dato identifisert	12.02.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Arealet for systemets åpne/lukkemekanisme $\geq 34 \times 34$ cm
Status	Identifisert

Tabell 66 - Krav BAT-S15-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S16-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P13-A
Dato identifisert	12.02.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Lås i åpne-/lukkemekanismen
Status	Identifisert

Tabell 67 - Krav BAT-S16-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S17-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P15-A
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Unikt serienummer for hver systemenhet
Status	Utgått

Tabell 68 - Krav BAT-S17-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S18-B	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P16-B
Dato identifisert	12.02.17
Prioritet	B
Beskrivelse	Systemets geometriske utforming: kvadratisk
Status	Identifisert

Tabell 69 - Krav BAT-S18-B

Kravspesifikasjon	
BAT-S19-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P17-A
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemet består av et ytre skall
Status	Utgått

Tabell 70 - Krav BAT-S19-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S20-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P18-A
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemet består av et indre skall
Status	Utgått

Tabell 71 - Krav BAT-S20-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S21-B	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P19-A
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	B
Beskrivelse	Systemets lukkede volum isoleres mot ambient lufttemperatur
Status	Utgått

Tabell 72 - Krav BAT-S21-B

Kravspesifikasjon	
BAT-S22-B	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P20-A
Dato identifisert	12.02.17
Prioritet	B
Beskrivelse	Oppbevaringssystem for blodposer
Status	Identifisert

Tabell 73 - Krav BAT-S22-B

Kravspesifikasjon	
BAT-S23-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P21-A
Dato identifisert	12.02.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemet betjenes via et instrumentpanel
Status	Identifisert

Tabell 74 - Krav BAT-S23-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S24-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P22-A
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemet betjenes av en bruker
Status	Utgått

Tabell 75 - Krav BAT-S24-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S25-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P23-A
Dato identifisert	21.03.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Stabil lufttemperatur på 4°C for systemets lukkede volum
Status	Identifisert

Tabell 76 - Krav BAT-S25-A

Kravspesifikasjon	
BAT-S26-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	DR-P24-A
Dato identifisert	21.03.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Ambient operasjonstemperatur -40°C til +45°C
Status	Utgått

Tabell 77 - Krav BAT-S26-A

DESIGNKRAV

Kravspesifikasjon	
BAT-D1-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	BAT-S1-A
Dato identifisert	09.02.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemets totale vekt ≤ 5 kg
Status	Identifisert

Tabell 78 - BAT-D1-A

Kravspesifikasjon	
BAT-D2-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	BAT-S5-A BAT-S20-A
Dato identifisert	09.02.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemets lukkede volum $\geq 0,796$ m ³
Status	Identifisert

Tabell 79 - BAT-D2-A

Kravspesifikasjon	
BAT-D3-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	BAT-S8-A
Dato identifisert	09.02.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemets IP grad > 67
Status	Identifisert

Tabell 80 - BAT-D3-A

Kravspesifikasjon	
BAT-D4-B	
Interessent	BAT
Opprinnelse	BAT-S9-A
Dato identifisert	09.02.17
Prioritet	B
Beskrivelse	Systemets inn-festes til drone i 4 punkter
Status	Identifisert

Tabell 81 - BAT-D4-B

Kravspesifikasjon	
BAT-D5-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	BAT-S10-A
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Innfestningen mellom drone og boks: motstå spenning > 1483,91 Nm ²
Status	Utgått

Tabell 82 - BAT-D5-A

Kravspesifikasjon	
BAT-D6-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	BAT-S11-A
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemet levetid: 5år
Status	Utgått

Tabell 83 - BAT-D6-A



Kravspesifikasjon	
BAT-D7-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	BAT-S13-A
Dato identifisert	12.02.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Systemets ytre skall: motstandsdyktig mot spenning > 55 kPa
Status	Identifisert

Tabell 84 - BAT-D7-A

Kravspesifikasjon	
BAT-D8-A	
Interessent	BAT
Opprinnelse	BAT-S14-A
Dato identifisert	10.04.17
Prioritet	A
Beskrivelse	Batteribytte og bytting av innhold gjøres på under 30 sekunder
Status	Utgått

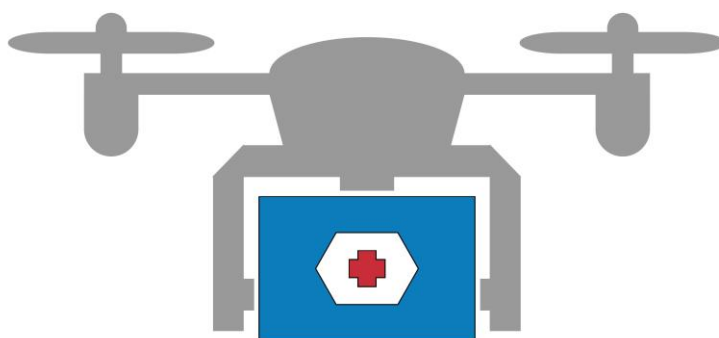
Tabell 85 - BAT-D8-A



tecBAT / Gruppe 11

TESTSPESIFIKASJON

GJENNOMGANG AV TESTER FOR PROSJEKT



VERSJONSHISTORIKK

Dato	Versjon	Kommentar	Av	Godkjent av
25.01.17	0.1	Oppretting av dokumentet	NT	
13.02.17	0.2	Skrevet inn tester	NT, MW	
15.02.17	0.3	Lagt til innholdsfortegnelse og finpusset	NT	
16.02.17	1.0	Endret oppsett	FR	FR
23.02.17	1.1	Endret i henhold til kravspesifikasjon	NT/FR	MW
23.02.17	2.0	Lagt til tabelliste	NT	FR



ABSTRAKT

I dette dokumentet vil vi beskrive hvordan vi skal teste og hvilke tester som skal utføres. Kravspesifikasjonen der det dokumentet som ligger til grunn for testspesifikasjonen. For å kunne vite om vi innfrir interessentenes krav så må disse testes.



INNHALDSFORTEGNELSE

ABSTRAKT.....	97
INNHALDSFORTEGNELSE	98
FIGURLISTE.....	99
TABELLISTE	99
V&V.....	102
VERIFISERING.....	102
VALIDERING.....	102
SPORBARHET	103
TESTSPESIFIKASJON	104
TEST AV PRIMÆRKRAV.....	104
TEST AV SYSTEMKRAV.....	117
TEST AV DESIGNKRAV.....	139



FIGURLISTE

Figur 1 - V&V	102
Figur 2- Sporbarhet	103

TABELLISTE

Tabell 1 - Test T-DR-P1-A	104
Tabell 2 - Test T-DR-P2-A	105
Tabell 3 - Test T-DR-P3-A	105
Tabell 4 - Test T-DR-P4-A	106
Tabell 5 - Test T-DR-P5-A	106
Tabell 6 - Test T-DR-P6-A	107
Tabell 7 - Test T-DR-P7-A	107
Tabell 8 - Test T-DR-P8-A	108
Tabell 9 - Test T-DR-P9-A	108
Tabell 10 - Test T-DR-P10-A	109
Tabell 11 - Test T-DR-P11-A	109
Tabell 12 - Test T-DR-P12-A	110
Tabell 13 - Test T-DR-P13-A	110
Tabell 14 - Test T-DR-P14-A	111
Tabell 15 - Test T-DR-P15-A	111
Tabell 16 - Test T-DR-P16-B	112
Tabell 17 - Test T-DR-P17-A	112

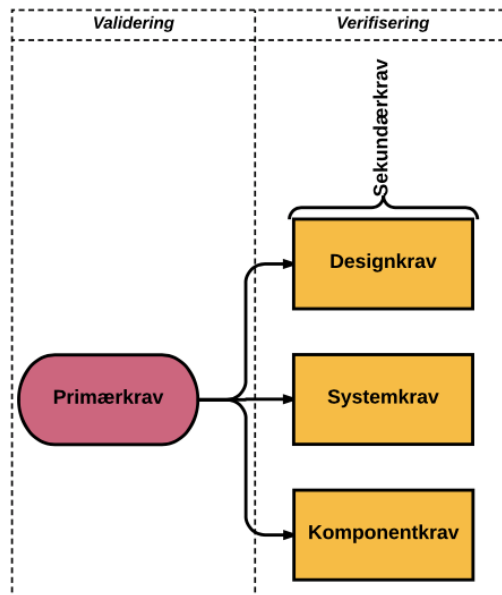
Tabell 18 - Test T-DR-P18-A	113
Tabell 19 - Test T-DR-P19-B	113
Tabell 20 - Test T-DR-P20-B	114
Tabell 21 - Test T-DR-P21-A	114
Tabell 22 - Test T-DR-P22-A	115
Tabell 23 - Test T-DR-P23-A	115
Tabell 24 - Test T-DR-P24-A	116
Tabell 25 - Test T-BAT-S1-A.....	117
Tabell 26 - Test T-BAT-S2-A.....	118
Tabell 27 - Test T-BAT-S3-A.....	118
Tabell 28 - Test T-BAT-S4-A.....	119
Tabell 29 - Test T-BAT-S5-A.....	119
Tabell 30 - Test T-BAT-S6-A.....	120
Tabell 31 - Test T-BAT-S7-A.....	120
Tabell 32 - Test T-BAT-S8-A.....	121
Tabell 33 - Test T-BAT-S9-A.....	121
Tabell 34 - Test T-BAT-S10-A.....	122
Tabell 35 - Test T-BAT-S11-A.....	122
Tabell 36 - Test T-BAT-S12-A.....	123
Tabell 37 - Test T-BAT-S13-A.....	123
Tabell 38 - Test T-BAT-S14-A.....	124
Tabell 39 - Test T-BAT-S15-A.....	124



Tabell 40 - Test T-BAT-S16-A.....	125
Tabell 41 - Test T-BAT-S17-A.....	125
Tabell 42 - Test T-BAT-S18-A.....	126
Tabell 43 - Test T-BAT-S19-A.....	126
Tabell 44 - Test T-BAT-S20-A.....	127
Tabell 45 - Test T-BAT-S21-A.....	127
Tabell 46 - Test T-BAT-S22-A.....	128
Tabell 47 - Test T-BAT-S23-A.....	128
Tabell 48 - Test T-BAT-S24-A.....	129
Tabell 49 - Test T-BAT-S25-A.....	129
Tabell 50 - Test T-BAT-S26-A.....	130
Tabell 51 - Test T-BAT-D1-A.....	131
Tabell 52 - Test T-BAT-D2-A.....	132
Tabell 53 - Test T-BAT-D3-A.....	132
Tabell 54 - Test T-BAT-D4-A.....	133
Tabell 55 - Test T-BAT-D5-A.....	133
Tabell 56 - Test T-BAT-D6-A.....	134
Tabell 57 - Test T-BAT-D7-A.....	134
Tabell 58 - Test T-BAT-D8-A.....	135

V&V

Verifisering og validering har til hensikt med å sikre at vi lager riktig produkt, på riktig måte.



Figur 23 - V&V

VERIFISERING

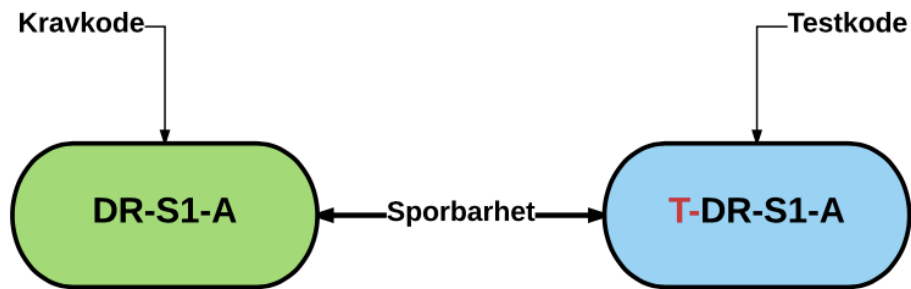
Verifiseringsprosessen handler om å kunne kontrollere om vi produserer det vi har planlagt å produsere på riktig måte. For å dekomponere primærkravene i kravspesifikasjonen lager vi under-krav (sekundærkrav) som for eksempel systemkrav, designkrav og komponentkrav. Disse underkravene vil vi verifisere ved hjelp av inspeksjon, analyse og testing igjennom hele prosjektet, for å sikre at vi vil innfri primærkravene.

VALIDERING

Når de respektive underkravene til et primærkravene er verifisert og godkjent så går vi videre til valideringen av primærkravene. Ved å teste imot kravene fra kunden vil vi kunne kontrollere om systemet i sin helhet tilfredsstillende kundens krav og de ønskede funksjonene.

SPORBARHET

For å kunne lenke de forskjellige testene til de respektive kravene har hver test en individuell testkode som er gitt fra kravkoden til kravet som skal testes.



Figur 24- Sporbarhet

TESTSPESIFIKASJON

TEST AV PRIMÆRKRAV

Testspesifikasjon	
T-DR-P1-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR-P1-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen veies med egnet vekt
Kriterier for å bestå test	Boksen må veie mindre en 5 kilogram
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 86 - Test T-DR-P1-A

Testspesifikasjon	
T DR P2 A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR P2 A
Del(er)	Hele Systemet
Beskrivelse	Temperaturmåling inne i boksen
Kriterier for å bestå test	Boksen må kunne holde stabilt -25grader til +4grader
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått. Endret til T-DR-P23-A

Tabell 87 - Test T-DR-P2-A

Testspesifikasjon	
T DR P3 A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR P3 A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Temperaturen inne i boksen måles samtidig som omgivelsestemperaturene er satt til ekstremalverdiene.
Kriterier for å bestå test	Boksen må kunne holde temperaturene gitt ved test T DR P2 A ved ekstremalverdiene
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått. Endret til T-DR-P24-A

Tabell 88 - Test T-DR-P3-A



Testspesifikasjon	
T-DR-P4-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR-P4-A
Del(er)	Innvendig skall
Beskrivelse	Indre volum av boksen måles
Kriterier for å bestå test	Boksens innvendige skall må kunne ha plass til 16*0.5L blodposer
Dato utført	20.05.2017
Konklusjon	Bestått virtuell inspeksjon av 3D modell
Status	Ferdig

Tabell 89 - Test T-DR-P4-A

Testspesifikasjon	
T-DR-P5-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR-P5-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Systemet kjøres til batteriene er utladet
Kriterier for å bestå test	Systemet må kunne fungere i 90 minutter
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 90 - Test T-DR-P5-A



Testspesifikasjon	
T-DR-P6-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR-P6-A
Del(er)	Hele Systemet
Beskrivelse	Boksen nedsenkes i vann
Kriterier for å bestå test	Skal ikke innta vann i løpet av 30 min
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 91 - Test T-DR-P6-A

Testspesifikasjon	
T-DR-P7-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR-P6-A
Del(er)	Innfestning til drone
Beskrivelse	Innfestning
Kriterier for å bestå test	Innfestning
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 92 - Test T-DR-P7-A

Testspesifikasjon	
T DR P8 A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR P8 A
Del(er)	Innfestning til drone
Beskrivelse	FEM analyse av relevante påkjenninger på innfestningsmekanisme
Kriterier for å bestå test	Verdiene fra FEM analyse holder seg under tillatte spenninger
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 93 - Test T-DR-P8-A

Testspesifikasjon	
T DR P9 A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR P9 A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Levetid
Kriterier for å bestå test	Levetid
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 94 - Test T-DR-P9-A



Testspesifikasjon	
T-DR-P10-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR-P10-A
Del(er)	Batterimodul og indre boks + lokk
Beskrivelse	Tidtaking av Batteribytte og innholdsbytte
Kriterier for å bestå test	Batteribytte og innholdsbytte utført under 30 sekunder
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 95 - Test T-DR-P10-A

Testspesifikasjon	
T-DR-P11-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR-P11-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen slippes fra 70cm over betong gulv, sjekkes visuelt og med ultralyd
Kriterier for å bestå test	Ingen skade
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 96 - Test T-DR-P11-A



Testspesifikasjon	
T-DR-P12-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	DR
Krav som testes	DR-P12-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen kobles av og på dronen
Kriterier for å bestå test	Boksen må kunne kobles på og av i løpet av 30 sekunder
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 97 - Test T-DR-P12-A

Testspesifikasjon	
T-DR-P13-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR-P13-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen låses
Kriterier for å bestå test	Boksen kan ikke åpnes når den er låst
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 98 - Test T-DR-P13-A



Testspesifikasjon	
T-DR-P14-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR-P14-A
Del(er)	Åpne/lukke mekanisme
Beskrivelse	Boksen inspiseres
Kriterier for å bestå test	Arealet til boksens åpne/lukkemekanisme overstiger ikke 34cmx34cm
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 99 - Test T-DR-P14-A

Testspesifikasjon	
T DR P15 A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	DR
Krav som testes	DR P15 A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen skal ha et unikt serienummer
Kriterier for å bestå test	Boksen har et unikt serienummer
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 100 - Test T-DR-P15-A

Testspesifikasjon	
T-DR-P16-B	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR-P16-B
Del(er)	Ytter boks
Beskrivelse	Boksen måles
Kriterier for å bestå test	Boksen har et kvadratisk tverrsnitt sett ovenfra
Dato utført	12.05.2017
Konklusjon	Bestått virtuell inspeksjon av 3D modell
Status	Ferdig

Tabell 101 - Test T-DR-P16-B

Testspesifikasjon	
T-DR-P17-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR-P17-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen inspiseres fysisk
Kriterier for å bestå test	Boksen har et ytterskall
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 102 - Test T-DR-P17-A



Testspesifikasjon	
T DR P18 A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR P18 A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen inspiseres
Kriterier for å bestå test	Boksen har et indre skall
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 103 - Test T-DR-P18-A

Testspesifikasjon	
T DR P19 B	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR P19 B
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen inspiseres
Kriterier for å bestå test	Boksen er isolert
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 104 - Test T-DR-P19-B

Testspesifikasjon	
T-DR-P20-B	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR-P20-B
Del(er)	Innvendig modul
Beskrivelse	Innvendig modul inspiseres
Kriterier for å bestå test	Boksen har et oppbevaring system for blodposer
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 105 - Test T-DR-P20-B

Testspesifikasjon	
T-DR-P21-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR-P21-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen inspiseres
Kriterier for å bestå test	Boksen har et instrument panel
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 106 - Test T-DR-P21-A

Testspesifikasjon	
T-DR-P22-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR-P22-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen løftes opp og bæres 50 meter
Kriterier for å bestå test	Boksen kan løftes og bæres 50 meter
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 107 - Test T-DR-P22-A

Testspesifikasjon	
T-DR-P23-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR-P23-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Temperaturen i kjøleboksen måles med termometer
Kriterier for å bestå test	Kjøleboksen holder 4°C ±2 °C under hele driftstiden
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Status

Tabell 108 - Test T-DR-P23-A



Testspesifikasjon	
T-DR-P24-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR-P24-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Temperaturen i kjøleboksen måles med temperaturmåler
Kriterier for å bestå test	Kjøleboksen holder +4 °C ved ambient operasjonstemperatur
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 109 - Test T-DR-P24-A

TEST AV SYSTEMKRAV

Testspesifikasjon	
T-BAT-S1-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S1-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen veies med egnet vekt
Kriterier for å bestå test	Boksens totalvekt må ikke overstige 5 kg
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 110 - Test T-BAT-S1-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S2-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S2-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen inspiseres
Kriterier for å bestå test	Boksen har et kjølesystem
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 111 - Test T-BAT-S2-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S3-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S3-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Temperaturmåling inne i boksen
Kriterier for å bestå test	Boksen må kunne holde stabilt -25grader til +4grader
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 112 - Test T-BAT-S3-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S4-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S4-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Temperaturen inne i boksen måles samtidig som omgivelsestemperaturene er satt til ekstremalverdiene.
Kriterier for å bestå test	Boksen må kunne holde temperaturene gitt ved test T-BAT-S3-A ved ekstremalverdiene
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 113 - Test T-BAT-S4-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S5-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S5-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Indre volum av boksen måles.
Kriterier for å bestå test	Boksens innvendige skall må kunne ha plass til 16*0.5L blodposer
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 114 - Test T-BAT-S5-A



Testspesifikasjon	
T-BAT-S6-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S6-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen inspiseres
Kriterier for å bestå test	Boksen har et batterisystem
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 115 - Test T-BAT-S6-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S7-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S7-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Systemet kjøres til batteriene er utladet
Kriterier for å bestå test	Systemet må fungere i 90 min
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 116 - Test T-BAT-S7-A



Testspesifikasjon	
T-BAT-S8-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S8-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen nedsenkes i vann
Kriterier for å bestå test	Boksen skal ikke innta vann i løpet av 30min
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Status

Tabell 117 - Test T-BAT-S8-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S9-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S9-A
Del(er)	Innfestning til drone
Beskrivelse	Innfestning
Kriterier for å bestå test	Innfestning
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 118 - Test T-BAT-S9-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S10-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S10-A
Del(er)	Innfestning til drone
Beskrivelse	FEM analyse av relevante påkjenninger på innfestningsmekanisme
Kriterier for å bestå test	Verdiene fra FEM analyse holder seg under tillatte spenninger
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 119 - Test T-BAT-S10-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S11-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S11-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Levetid
Kriterier for å bestå test	Levetid
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 120 - Test T-BAT-S11-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S12-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S12-A
Del(er)	Batterimodul og indre boks + lokk
Beskrivelse	Tidtaking av Batteribytte og innholdsbytte
Kriterier for å bestå test	Batteribytte og innholdsbytte utført under 30 sekunder
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 121 - Test T-BAT-S12-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S13-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S13-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen slippes fra 70cm over betong gulv, sjekkes visuelt og med ultralyd
Kriterier for å bestå test	Ingen skade
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 122 - Test T-BAT-S13-A



Testspesifikasjon	
T-BAT-S14-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	DR
Krav som testes	BAT-S14-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen kobles av og på dronen
Kriterier for å bestå test	Boksen må kunne kobles på og av i løpet av 30 sekunder
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 123 - Test T-BAT-S14-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S15-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S15-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen inspiseres
Kriterier for å bestå test	Arealet til boksens åpne/lukkemekanisme overstiger ikke 34cmx34cm
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 124 - Test T-BAT-S15-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S16-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT- S16-A
Del(er)	Åpne/lukke mekanisme
Beskrivelse	Boksen forsøkes åpnet etter den er låst
Kriterier for å bestå test	Boksen lar seg ikke åpne etter låsing
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 125 - Test T-BAT-S16-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S17-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	DR
Krav som testes	BAT-S17-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen skal ha et unikt serienummer
Kriterier for å bestå test	Boksen har et unikt serienummer
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 126 - Test T-BAT-S17-A



Testspesifikasjon	
T-BAT-S18-B	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S18-B
Del(er)	Ytter boks
Beskrivelse	Boksen måles
Kriterier for å bestå test	Boksen har et kvadratisk tverrsnitt sett ovenfra
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 127 - Test T-BAT-S18-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S19-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	DR-P17-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen inspiseres fysisk
Kriterier for å bestå test	Boksen har et ytterskall
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 128 - Test T-BAT-S19-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S20-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT S20-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen inspiseres
Kriterier for å bestå test	Boksen har et indre skall
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 129 - Test T-BAT-S20-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S21-B	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT S21-B
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen inspiseres
Kriterier for å bestå test	Boksen er isolert
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 130 - Test T-BAT-S21-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S22-B	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S22-B
Del(er)	Innvendig modul
Beskrivelse	Innvendig modul inspiseres
Kriterier for å bestå test	Boksen har et oppbevaring system for blodposer
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 131 - Test T-BAT-S22-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S23-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S23
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen inspiseres
Kriterier for å bestå test	Boksen har et instrument panel
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 132 - Test T-BAT-S23-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S24-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT S24 A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen løftes opp og bæres 50 meter
Kriterier for å bestå test	Boksen kan løftes og bæres 50 meter
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 133 - Test T-BAT-S24-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-S25-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S25-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Temperaturen i kjøleboksen måles med termometer
Kriterier for å bestå test	Kjøleboksen holder 4°C ±2 °C under hele driftstiden
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 134 - Test T-BAT-S25-A



Testspesifikasjon	
T-BAT-S26-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-S26-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Temperaturen i kjøleboksen måles med termometer
Kriterier for å bestå test	Kjøleboksen holder +4 °C ved ambient operasjonstemperatur
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 135 - Test T-BAT-S26-A

TEST AV DESIGNKRAV

Testspesifikasjon	
T-BAT-D1-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-D1-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen veies på egnet vekt
Kriterier for å bestå test	Boksen veier < 5kg
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 136 - Test T-BAT-D1-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-D2-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-D2-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen måles innvendig
Kriterier for å bestå test	Boksens indre skall har et volum $> 0,796 m^3$
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 137 - Test T-BAT-D2-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-D3-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-D4-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen nedsenkes i vann
Kriterier for å bestå test	Boksen skal ikke innta vann i løpet av 30min
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 138 - Test T-BAT-D3-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-D4-B	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-D4-B
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Boksen Inspiseres
Kriterier for å bestå test	Boksen har ≥ 4 innfestningspunkter
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 139 - Test T-BAT-D4-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-D5-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-D5-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	FEM analyse av relevante påkjenninger på innfestningsmekanisme
Kriterier for å bestå test	Innfestningen mellom drone og motstår relevant belastning
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 140 - Test T-BAT-D5-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-D6-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-D6-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	LEVETID
Kriterier for å bestå test	Boksen har minimum 3 års levetid
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Utgått

Tabell 141 - Test T-BAT-D6-A

Testspesifikasjon	
T-BAT-D7-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-D8-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Test utføres i Solidworks
Kriterier for å bestå test	Boksen motstår påført belastning
Dato utført	30.04.2017
Konklusjon	Godkjent. Se FEM rapport
Status	Ferdig

Tabell 142 - Test T-BAT-D7-A

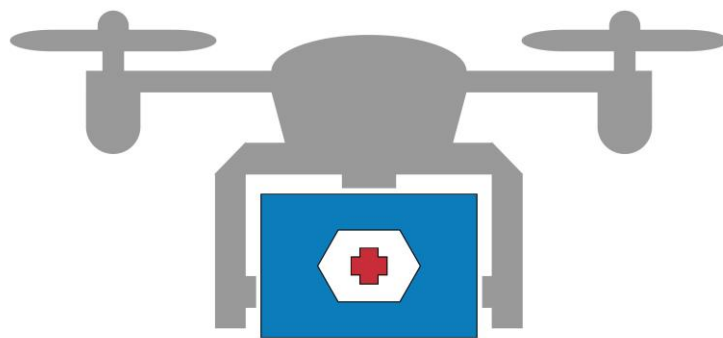


Testspesifikasjon	
T-BAT-D8-A	
Dato opprettet	13.02.17
Test ansvarlig	BAT
Krav som testes	BAT-D8-A
Del(er)	Hele systemet
Beskrivelse	Tidtaking på batteribytte og innholdsbytte
Kriterier for å bestå test	Batteribytte og innholdsbytte tar under 30 sekunder
Dato utført	Når ble testen utført?
Konklusjon	Hvordan gikk testen?
Status	Ferdig/ikke ferdig Når skal ny test gjennomføres.

Tabell 143 - Test T-BAT-D8-A

tecBAT / Gruppe 11

DESIGN DOKUMENT



VERSJONSHISTORIKK

Dato	Versjon	Kommentar	Av	Godkjent av
05.05.2017	0.1	Opprettet dokument	FR	
20.05.2017	0.2	Lagt til nytt innhold	TS	
21.05.2017	0.3	Ferdigstilling av dokument	FR TS	
22.01.2017	0.4	Utbedringer og rettelser	TS FR	
22.01.2017	0.5	Ytterligere utbedringer, tilbakemeldinger	TS	
23.01.2017	1.0	Lister, nummeringer og pussing	TS	FR

FORKORTELSER

Forkortelse	Beskrivelse
DAK	Dataassistert konstruksjon
HSN	Høyskolen i Sørøst-Norge
SWS	SolidWorks Simulations
DR	Dronera UAV
FR	Fredrik Rasmussen
TS	Tor Stangeland



ABSTRAKT

Dette dokumentet har som hensikt å redegjøre for designprosessens utvikling. Målet med dokumentet er å gi leseren en god forståelse av prosjektgruppens designprosess samt gi en detaljert forklaring av kjøleboksen som et system. Dokumentet vil først gi en innføring i den konseptuelle designfasen, deretter gi en detaljert beskrivelse av det endelige produktet. Dette dokumentet baserer seg i stor grad på øvrige prosjektdokumenter som blant annet rapporter og kravspesifikasjon.



INNHOILDSFORTEGNELSE

ABSTRAKT	140
FIGURLISTE	144
TABELL LISTE.....	146
INGENIØR DESIGN.....	147
KONSEPTUELT DESIGN.....	147
KONSEPT IDE	148
SYSTEM ARKITEKTUR	149
KONSEPT VALG.....	149
FAGSKOLEN TINIUS OLSEN	149
AUTODESK FUSION 360.....	150
VALG AV KONSEPT	150
SUB-SYSTEMER.....	151
KONSTRUKSJONS DESIGN.....	151
KONSEPT 1.....	152
KONSEPT 2.....	153
KONSEPT 3.....	153
KONSEPT 4.....	154
KONSEPT 5.....	154
PRELIMINÆRT KONSEPT DESIGN	155
MODULBASERT KJØLEBOKS.....	156

MATERIALVALG	157
PROTOTYPE 1.....	157
PROTOTYPE 2.....	157
KJØLESYSTEM KONSEPT	158
KOMPRESSOR.....	158
PELTIER.....	160
FULLSKALA PROTOTYPE	167
SAMMENSTILLING	168
TREDJEPARTS KOMPONENTER.....	169
JET-TEK KM610-SERIES FLUSH MOUNDTED PANEL LATCH	170
COOLERMASTER GEMINI M4	170
NOCTUA NF-F12 IPPC-3000 PWM 120MM.....	171
KJØLESYSTEM.....	172
BOKS	174
LOKK.....	177
LÅSEKLIPS.....	177
VENTILASJONSPLATE	178
BATTERIKASSETT	180
KURV	182
TILVIRKNING	183
ISOLASJON	183
KARBONFIBER STØP.....	183



3D PRINTEDE DELER.....	183
KJØLESYSTEM.....	184
LOKK.....	184
SAMMENSTILLING OG TEST.....	185
VEDLIKEHOLD	186

FIGURLISTE

Figur 1 - Sentrale aktiviteter ved ingeniør design.....	147
Figur 2 - Konseptuell system arkitektur.....	150
Figur 3 - Hierarkisk fremstilling av designets system arkitektur.....	151
Figur 4 - Design konsept 1.....	152
Figur 5 - Design konsept 2.....	153
Figur 6 - Design konsept 3.....	153
Figur 7 - Design konsept 4 med avtakbart kjølesystem.....	154
Figur 8 - Designkonsept 5 med implementert kjølesystem, isolasjon, indre boks og kurv system.	154
Figur 9 - Preliminært konsept design.....	155
Figur 10 - Modulbasert kjøleboks.....	156
Figur 11 - Tekniske system arkitektur for et kompressorbasert kjølesystem.....	159
Figur 12 - Skjematisk tegning av kompressor.....	160
Figur 13 - Teknisk system arkitektur for et Peltier basert kjølesystem.....	162
Figur 14 - Prototype 1, består av en 20L og en 5L plastbokser med byggskum som isolasjon.....	163
Figur 15 - Det kjemiske elementet vismut som en syntetisk laget krystall.....	164
Figur 16 - Grafisk fremstilling av en kaskade konfigurasjon.....	165
Figur 17 - Illustrasjon av den første 3D modellerte versjonen av et vannkjølt Peltier element.....	166
Figur 18 - Utvidet visning av 3D modellert sammenstilling.....	168
Figur 19 - Jet-Tec KM610 panellås. Funksjonell visning.....	170
Figur 20 - Visning av 3D modell. Topp og bunn visning.....	170
Figur 21 - Visning av 3D modell. Topp visning.....	171

Figur 22 - Utvidet visning av 3D modellert kjølesystem. 4stk. TEC12706 2stk. GEMINI M4.....	172
Figur 23 - Visuell fremstilling av den første 3D modellerte iterasjonen av kjølesystemet.....	173
Figur 24 - Visuell fremstilling av 3D modellert heatpipe med kjølevifte.....	174
Figur 25 - Isometrisk visning av 3D modellert sammenstilling.....	175
Figur 26 - Visuell fremvisning av luftekanal	176
Figur 27 - Visuell fremvisning av batterikassens ramme.....	176
Figur 28 - Utvidet visning av lokk	177
Figur 29 - Fremvisning av 3D modellerte låseklips.....	178
Figur 30 - Visuell fremstilling av 3D modellert ventilasjonsplate.....	179
Figur 31 - Visuell fremstilling av 3D modellert ventilasjonssystem.	180
Figur 32 - Visuell fremstilling av 3D modellert kassett.....	181
Figur 33 - Visuell fremstilling av 3D modellert ramme	181
Figur 34 - 3D modellert kurv.	182
Figur 35 - Illustrativ visning av kurvens plassering.....	182
Figur 36 - Illustrasjon over fordelingen mellom termisk lim og pasta	184



TABELL LISTE

Tabell 1 - Evaluerings matrise	152
Tabell 2 - Den termoelektriske serie	164
Tabell 3 - Komponent oversikt	169

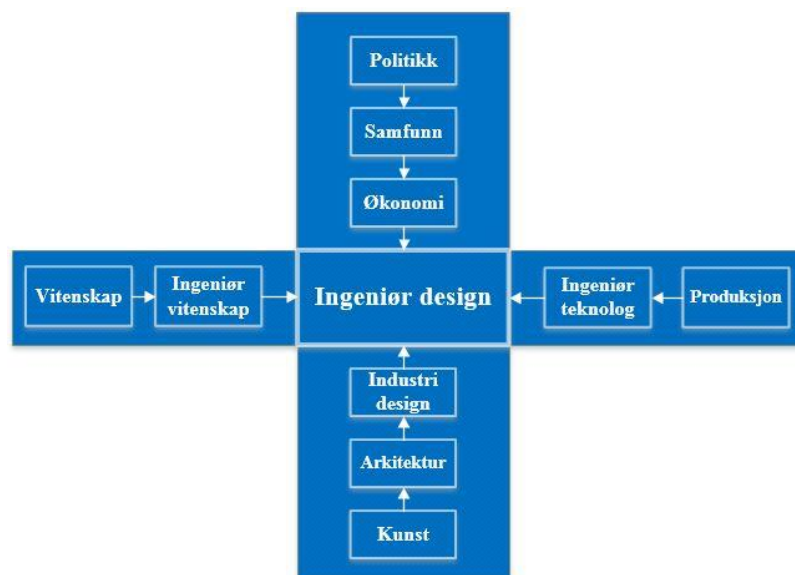
INGENIØR DESIGN

Ingeniør design prosessen beskrives av den britisk komite fra Science and Engineering Research Council som; «the use of scientific principles, technical information and imagination is the definition of mechanical structure, machine or system to perform pre-specified functions with the maximum economy and efficiency» [8].


KONSEPTUELT DESIGN

Konseptuelt design fasen er en av de mest kritiske fasene i en ingeniør design prosess. Her er marginen for å gjøre feil valg svært liten, hvor en feil kan føre til belastninger videre i prosjektet [2]. Disse valgene må sees i sammenheng med krav og ønsker fra de involverte interessentene, da målet er å oppfylle deres visjon.

Hovedoppgaven til en ingeniør i en ingeniør design prosess er å bruke tilegnet teknologi- og ingeniørvitenskapelig kunnskap i en løsning på ett teknisk problem, for så å optimalisere løsningene med hensyn på krav og begrensninger satt av material, teknologi, økonomi, lov, miljø og menneskerelaterte forhold (Figur 25) [9].



Figur 25 - Sentrale aktiviteter ved ingeniør design



For at konsept design prosessen skal starte må det foreligge en god forståelse av systemet og dets funksjoner. Denne forståelsen tilegnes i oppstartsfasen hvor primærkrav og ønsker fra interessenter identifiseres. Identifiseringen av primærkrav utgjør grunnlaget for konsept design prosessen. Når alle primærkrav er spesifisert, dekomponeres krav til system-, design-, og komponentkrav hvor ideer til systemets arkitektur og dets sub-systemer utledes fra [8].

KONSEPT IDE

Alle ideer må anses som gode ideer og kommer gjerne frem ved idemyldring som «brainstorming» og «timebox» sesjoner. Idemyldring er ofte sett synonymt med evnen til å tenke kreativt og vil som oftest bidra til løsninger på ett problem [10]. Det er derfor viktig og følge ett sett med regler som tillater kreativitet:

- Alle ideer må ansees som gode ideer
- Ingen ide skal kritiseres
- Kvantitet av ideer fremfor kvalitet

Den tredje regelen baseres på Albert Einsteins påstand om at «fantasi er viktigere enn kunnskap, for kunnskap er begrenset mens fantasien er uendelig». Idemyldring prosessen forekommer tidlig i prosjektarbeidet og bidrar til videre utvikling av konsept designet. Av alle ideer som fremlegges må noen ideer fases ut for å finne frem til den ideen som er best egnet som en løsning på ett problem. Denne utfasingen skjer ved å evaluere ideene innad i prosjektgruppen før man fremlegger en endelig ide og/eller et design konsept frem for interessenten. Ideen som fremlegges må oppfylle interessent kravene som ligger til grunne før man kan designe systemets arkitektur.

SYSTEM ARKITEKTUR

Systemets arkitektur beskriver systemet i sin helhet, der sub-systemer og dets komponenter inngår i arkitekturen. I en konseptuell design fase er målet ved system arkitektur å utvikle flere konsepter som har til hensikt å være en løsning på ett problem eller en utfordring [8]. Disse konseptene må sees i sammenheng med interessentenes krav, da system arkitekturen må innfri interessent kravene for at konseptet skal benyttes som en mulig løsning på problemet.

KONSEPT VALG

For å finne frem til en god løsning på et problem/utfordring bør de forskjellige alternativene som oppstår fra idemyldring sesjonene vektet med hensyn på relevante kriterier. Disse kriteriene burde ha en sammenheng med relevante krav og ønsker fra interessentene. Det finnes flere verktøy man kan benytte seg av for å evaluere konseptet. Prosessen med å finne frem til det best egnede konseptet er et avgjørende vendepunkt for design fasens fremgang. Når konseptet er valgt vil det være nyttig og benytte arbeidsmetoden Rapid Prototyp [11].

FAGSKOLEN TINIUS OLSEN

Etter møte med HSN, representert av lab ingeniør Kåre Særen, ble det kjent for prosjektgruppen at et mulig samarbeid med studenter fra Kompositt og polymer linjen ved Fagskolen Tinius Olsen kunne etableres. Samarbeidet ble opprettet i oppstartsfasen av prosjektet og det ble inngått en avtale om at studentene ved Kompositt og polymer linjen skulle konstruere prosjektgruppens prototype bokser i karbonfiber-epoxy kompositt. Boksene studentene konstruerer er en del av deres semester prosjekt.

For at dette samarbeidet skulle bli vellykket var det nødvendig å tilrettelegge for god kommunikasjon mellom de to prosjektgruppene. Dette løste gruppene ved å ha ukentlige møter da støpeprosessen av karbonfiber-epoxy kompositt boksen startet.

AUTODESK FUSION 360

Prosjektgruppen har satt av tid for å lære et nytt DAK program. DR benytter seg av dette programmet som deres verktøy for 3D modellering. Alle 3D modeller og sammenstillinger som forekommer i dette dokumentet er modellert med DAK programmet Autodesk Fusion 360 [5]. Programmet tillater brukere å modellere deler i en «sky» hvor alle deler kan endres og inspiseres av gruppemedlemmene. Fordi prosjektgruppen valgte å bruke denne løsningen kunne DR overvåke design utviklingen.

VALG AV KONSEPT

For å kunne velge et design konsept som prosjektgruppen ville jobbe videre med var det nødvendig å samle og identifisere alle krav fra interessentene. Videre måtte kjøleboksen, som et system, defineres. Ved bruk av timebox sesjoner gjorde gruppen rede for definisjonen av systemets arkitektur. Denne definisjonen ble utledet i oppstartsfasen av prosjektet og er representert av Figur 26.



Figur 26 - Konseptuell system arkitektur

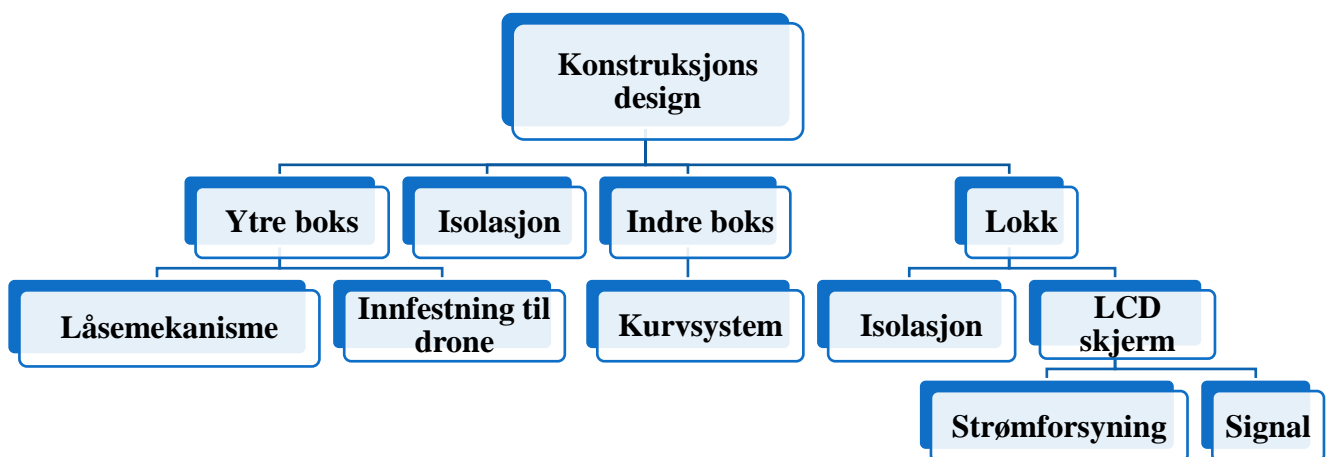
SUB-SYSTEMER

Oppdragsgiver uttrykker tidlig i prosessen et ønske om designutkast av boksens ytre skall. Dette skyldes at deres droneutvikling skulle foregå parallelt med prosjektgruppens utvikling av kjøleboks. Det ble altså behov for å utvikle kjøleboksen fra utsiden og fra innsiden samtidig. Med grunnlag i dette ble det bestemt i samråd med intern veileder at gruppen måtte se seg nødt til å benytte arbeidsmetoden Rapid Prototyping [9].

Prosjektgruppen valgte å dele kjøleboksen i to individuelle sub-systemer; konstruksjons design og kjølesystem. Disse sub-systemene består av individuelle komponenter, hvor komponentene kan være avhengig av hverandre men også uavhengig av hverandre for å utføre funksjonene som forventes av systemet.

KONSTRUKSJONS DESIGN

Sub-systemet konstruksjons design ble til i oppstartsfasen av prosjektet. Etter å ha identifisert kravene fra interessentene satt gruppen seg ned for å gjennomføre første idemyldring hvor målet var å komme frem til et konsept for konstruksjons design der hver komponent i sub-systemet skulle defineres. Her benyttet prosjektgruppen seg av timebox sesjoner. Resultatet av sesjonen ble som vist i Figur 27.



Figur 27 - Hierarkisk fremstilling av designets system arkitektur. Rangeringen viser undersystemet og dets komponenter.

Denne fremstillingen er grunnlaget for videre design av konseptet hvor det fysiske designet, i form av dimensjonering og plassering av komponenter, skal defineres. Denne idemyldringsprosessen resulterte i 5 forskjellige design konsept av konstruksjons design. Konseptene ble så evaluert i Konsept for Konstruksjons Design matrisen (Tabell 144).

Evalueringkriterier	Prioritet	Design konsept									
		Konsept 1		Konsept 2		Konsept 3		Konsept 4		Konsept 5	
		Rating	Score	Rating	Score	Rating	Score	Rating	Score	Rating	Score
Brukervennlighet	3	5	15	4	12	5	15	5	15	5	15
Produksjonsvennlighet	4	4	16	5	20	2	8	4	16	5	20
Krav DR-P16-B	5	1	5	1	5	1	5	5	25	5	25
Geometrisk kompleksitet	3	5	15	5	15	1	3	4	12	5	15
Totalt		51		52		31		68		75	

Tabell 144 - Evaluerings matrise med respektive kriterier. Kriteriet Krav DR-P16-B er definert som "Systemets geometriske utforming: kvadratisk."

KONSEPT 1

Design konsept 1 (Figur 28) har opprinnelse fra oppdragsgiver, Dronera. Designet ble presentert for prosjektgruppa gjennom et møte med Dronera og Fagskolen, Tinius Olsen. Designet for konsept 1 har et rektangulært tverrsnitt med dimensjonene 330x280x200 cm (LxBxH). Dette er et modulbasert design hvor tanken er at man kan hekte av modulen (plassert på høyre side). I denne modulen er det tenkt at batteriet skal plasseres. En slik løsning mulig gjør raske batteribytter. Dette designe oppfyller ikke kravet DR-P16-B.



Figur 28 - Design konsept 1

KONSEPT 2

Ideen bak designet til konsept 2 (Figur 29) var å lage en kjøleboks med et rektangulært tverrsnitt. Boksens dimensjoner er 280x130x410 mm (LxBxH). I denne boksen var det tenkt at blodposer og/eller blodprøver med blodprøvebrett skulle stables i høyden. Dette designet er av enkel geometri og er lett å håndtere for brukeren. Et minus med dette design konseptet er at det ikke tilfredsstiller krav DR-P16-B.



Figur 29 - Design konsept 2

KONSEPT 3

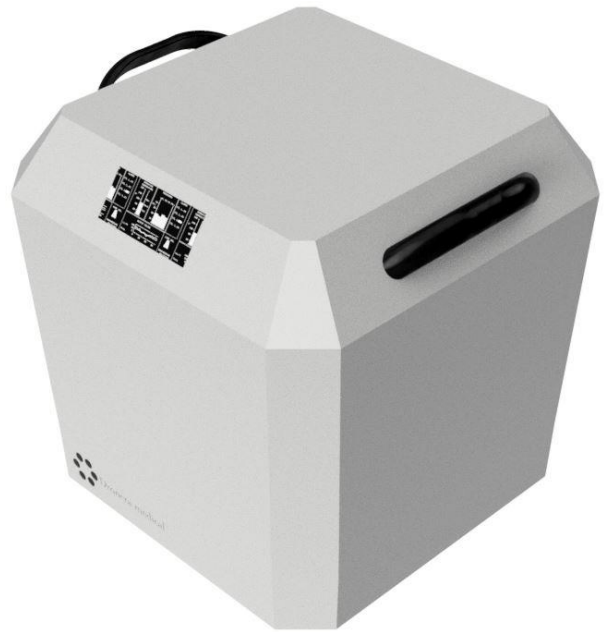
Ideen bak designet til konsept 3 (Figur 30) er å lage en boks med et moderne estetisk design. Boksen er dimensjonert med målene 450x252x150 mm (LxBxH) og har kurvaturbasert geometri. Boksen er brukervennlig men evaluert som vanskelig å produsere. Det kreves avanserte maskiner for å frese ut støpeformer til denne type design. Boksens design tilfredsstiller ikke kravet DR-P16-B.



Figur 30 - Design konsept 3

KONSEPT 4

Ideen bak konsept design 4 (Figur 31) var å lage en boks med kvadratisk tverrsnitt for å innfri kravet DR-P16-B. Det kvadratiske designet er fordelaktig da boksen skal plasseres i dronen. Ved å designe med et slikt tverrsnitt vil ikke boksens plassering inn mot dronen ha betydning, da alle fire sideflater er like lange. Boksen ble også designet med tanke på muligheten for å kunne konstrueres i karbonfiber. Det er også implementert en avtagbar modul på boksens under flate. Boksen er dimensjonert med målene 300x300x240 mm (LxBxH).



Figur 31 - Design konsept 4 med avtakbart kjølesystem

KONSEPT 5

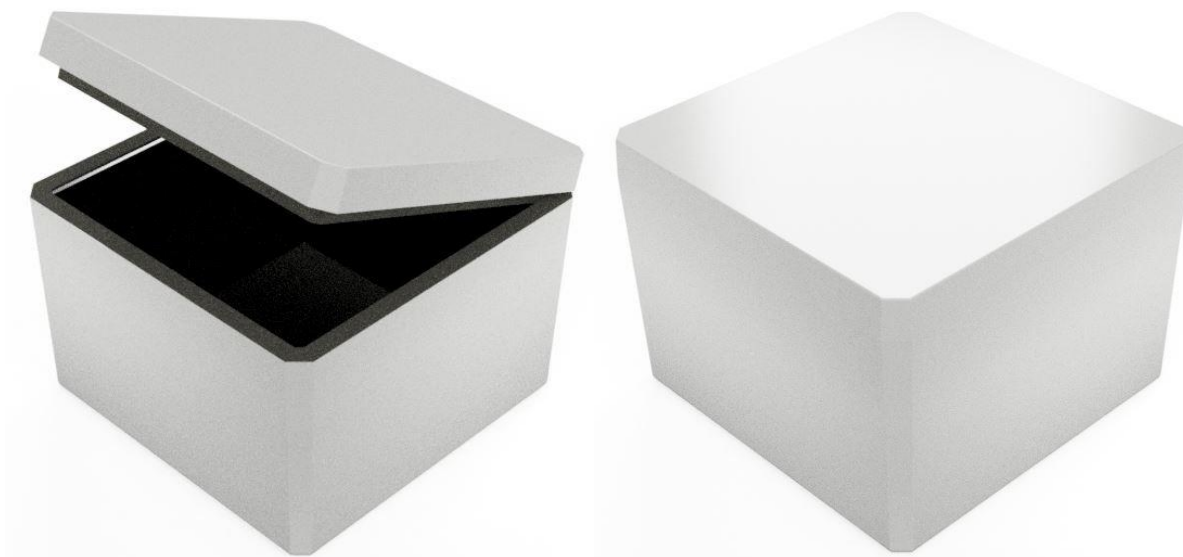
Ideen bak konsept design 5 (Figur 8) var å lage en boks med kvadratisk tverrsnitt for å innfri kravet DR-P16-B. Boksens design er av enkel geometri og er evaluert som enkel å produsere. Boksens dimensjoner er 300x300x240 mm (LxBxH). I konsept 5 valgte prosjektgruppen å implementere et kjølesystem. Dette kjølesystemet er virtuelt fremstilt og gav prosjektgruppen en indikasjon på hvordan det endelige systemet kunne se ut. I 3D modellen til konsept 5 er det også implementert en løsning for isolasjon og indre boks samt et kurvsystem.



Figur 32 - Designkonsept 5 med implementert kjølesystem, isolasjon, indre boks og kurvsystem.

PRELIMINÆRT KONSEPT DESIGN

Oppdragsgiver DR hadde tidlig i prosjektet ytret ett ønske om å kunne støpe ytre skall, indre skall og lokk i karbonfiber. Av de fem konseptene som ble designet valgte prosjektgruppen å gå videre med to av design konseptene. Det ble bestemt, i samarbeid med oppdragsgiver DR, at konsept 4 hadde et fordelaktig design av det ytre skallet med tanke på å produsere kjøleboksen i karbonfiber. Dette designet ledet til et design utkast av det ytre skallet (Figur 33), modellert av DR. Isolasjonen og det indre skallet har opprinnelse fra konsept 5 og er modellert og implementert i denne sammenstillingen. Isolasjons materiale ble bestemt gjennom analyser til å bestå av polyuretan skum. Den 3D modellerte sammenstilling med bestemt isolasjons materiale ble ferdigstilt i iterasjon 1.



Figur 33 - Preliminært konsept design

Kjøleboksens ytre skall har en form som tillater å støpe skallet i karbonfiber. Fra topp til bunn på denne komponenten er det en slipp vinkel lik 3° . Når man skal støpe en konstruksjon i karbonfiber med et kvadratisk tverrsnitt vil konstruksjonen bli svært rigid om man ikke har slipp vinkel på støpeformen. Slipp vinkelen gjør det mulig å ta ut støpen fra formen uten at støpen skades. Om man ikke designer denne type konstruksjon med slipp vinkel vil det være nærmest umulig å få støpet ut av formen uten å skade enten støpeform eller støp. Disse beslutningene ble også diskutert med studentene på Fagskolen Tinius Olsen som skulle stå for selve støpe prosessen av formen.

MODULBASERT KJØLEBOKS

Det ble tidlig kjent for prosjektgruppen at en modulbasert kjøleboks var en mulig løsning for å kunne innfri kravet DR-P10-A. Tanken bak et slikt system tilrettelegger for at brukeren enkelt kan foreta raske batteribytter. Det ble der av bestemt gjennom drøfting innad i gruppen at kjølesystemet også skulle plasseres i modulen. Grunnlaget for denne beslutningen var at all elektronikk skulle være adskilt fra boksen. Det gjør at service og vedlikehold av systemet kan gjøres uten at man setter hele boksen ut av drift. Man kan enkelt koble til en ny modul på den gjenværende delen av boksen. Beslutningen tillater også brukeren å koble av modulen for å utføre vask og sterilisering av kjøleboksen.



Figur 34 - Modulbasert kjøleboks

MATERIALVALG

Det preliminnære konsept designet ledet til et ønske om å konstruere en prototype til testing av kjøleboksens kjølesystem. Allerede i oppstartsfasen var det kjent for prosjektgruppen at Dronera hadde et ønske om å konstruere boksen av en karbonfiber-epoxy kompositt. Det var i all hovedsak av den grunn samarbeidet med Fagskolen Tinius Olsen ble opprettet. Dronera hadde en visjon om at ytre skall, indre skall og lokk skulle konstrueres i karbonfiber men de var åpne for bruken av andre materialer om prosjektgruppen så det nyttig. Prosjektgruppen så det nyttig å foreta en statisk analyse i DAK programmet SWS [13]. Analysen begrunnes av et ønske om å se hvordan karbon-epoxy kompositter med denne type design oppfører seg ved en gitt last. Det var også ønskelig å redegjøre for om andre typer materialer kunne være relevante å benytte seg av. Av resultater fra analysen er det anbefalt å konstruere kjøleboksens lokk, indre-, og ytre skall av en karbonfiber-epoxy kompositt da denne typen kompositt innfridde kravene til den statiske analysen.

PROTOTYPE 1

Prototype 1 bestod av to bokser med ulik størrelse. Disse boksene er standard sortiment plastbokser fra Clas Olson. Mellom de to boksene ble det isolert med sprøyte basert bygg skum, en mer detaljert beskrivelse kan leses i rapporten Peltier Rapport.

PROTOTYPE 2

For å kunne teste kjølesystemet var det ønskelig å produsere prototype 2. Denne prototypen skulle produseres av Fagskole studentene. Til dette måtte det lages en støpeform som boksen skulle støpes i. Før denne prosessen skulle starte var det bestemt at boksen skulle ha en slippvinkel lik 3° , men dette designet ble senere endret. På grunn av nye metoder ift. støp ville Fagskole studentene forsøke å produsere en boks uten slipp vinkler. Støpeformen ble modellert under iterasjons prosess 6 og 3D-printet. Kjøleboksens ytre skall hadde på dette tidspunktet dimensjonene $400*400*250$ mm (L*B*H) og var derfor for stor til å bli 3D-printet. Løsningen var å skalere ned boksen med 40%.

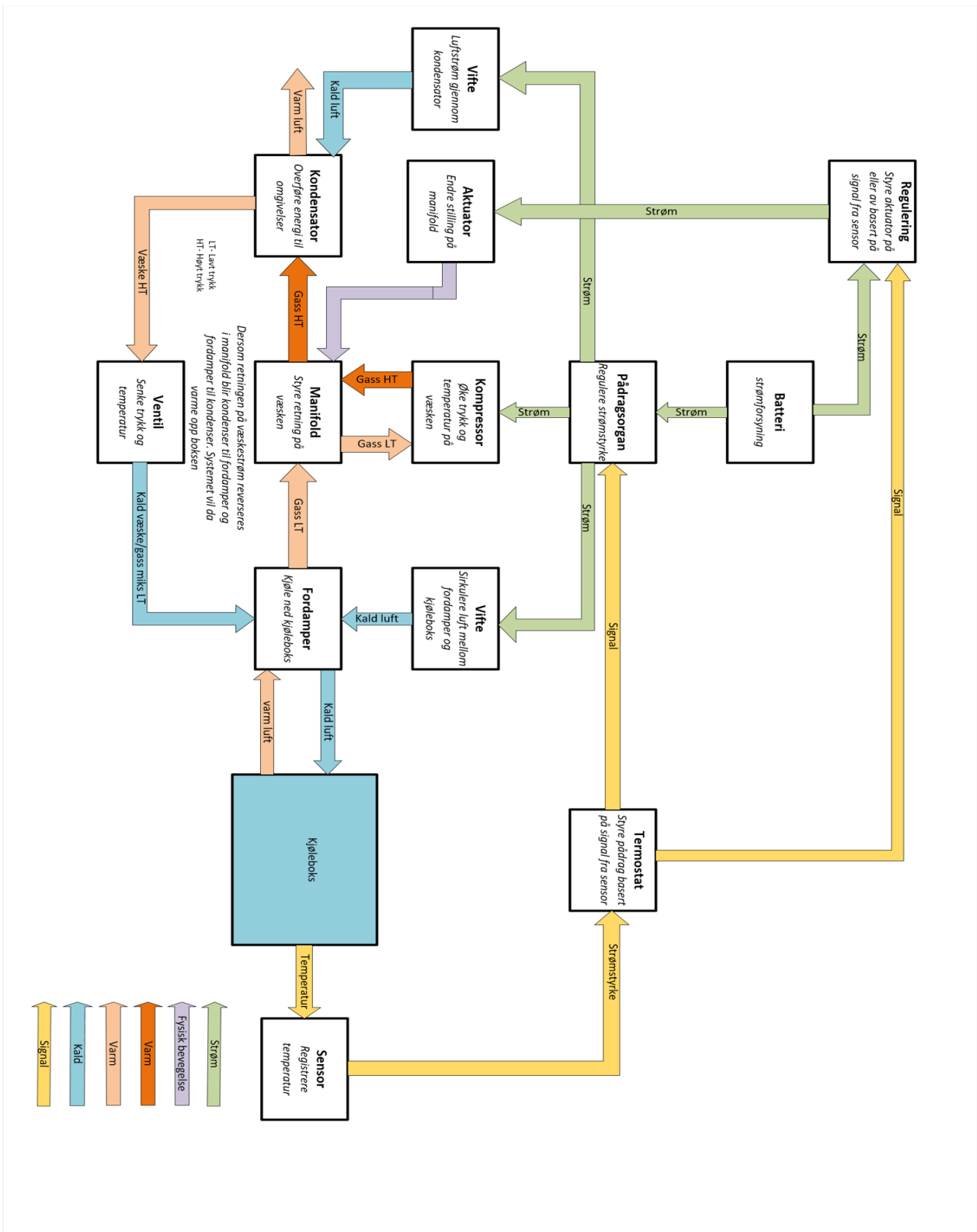
KJØLESYSTEM KONSEPT

Tidlig i designprosessen ble det utarbeidet en rekke forskjellige systemkonsepter for ulike kjølesystemer som kunne dekke kravene prosjektgruppen var blitt gitt. Disse konseptene ble så skissert på A3 ark så gruppen kunne diskutere dem i plenum, en del forskning måtte gjøres i forkant for å kunne ha en fungerende forståelse av systemets virkemåte samt begrensninger. De faktorene som ble vektlagt rundt valg av system var; vekt, pris, brukervennlighet, kompleksitet, levetid, tilvirkningsmetode og funksjonsgrad.

Det ble tidlig klart at det stod mellom Peltier elementer eller ett kompressor basert «vapor-cycle» system [14]. Dette er to veldig forskjellige systemer, med vidt forskjellige styrker og svakheter. Der Peltier elementene er lette og billige, er kompressorsystemet dyrt og tungt, men i gjengjeld har kompressorsystemet en mye større funksjonsgrad samt effektivitet. Det ville senere vise seg hensiktsmessig å basere seg på en todelt løsning; en kjøleboks med Peltier (+4°C) og en fryseboks med kompressor (-20°C). Dette fordi Peltier elementene ikke er egnet til å generere så store temperaturforskjeller vi har behov for i en fryseboks. I samarbeid med oppdragsgiver har prosjektgruppen kommet frem til at en todelt løsning er ønskelig da de fleste transporter kun vil trenge +4grader, og det da er uhenktsmessig å bruke en fryseboks med større egenvekt når det ikke trengs.

KOMPRESSOR

Kompressorsystemet er basert på det som kalles «vapor-cycle» [15], og har en elektrisk drevet kompressor som komprimerer og driver et flytende kjølemedium gjennom en varmeveksler (kondensator), som evakuerer akkumulert varmeenergi til den omliggende luften. Deretter går kjølemediet gjennom en trykkreduserende dyse, som resulterer i et temperaturfall grunnet trykkfallet, og går så videre gjennom til en ny varmeveksler som dermed blir kald. Denne kalde varmeveksleren (evaporator) vil transportere varmeenergi fra det omliggende miljøet og inn i kjølemediet, som deretter går inn i kompressoren igjen for en ny runde gjennom syklusen. Systemet er skjematisk av Figur 35.

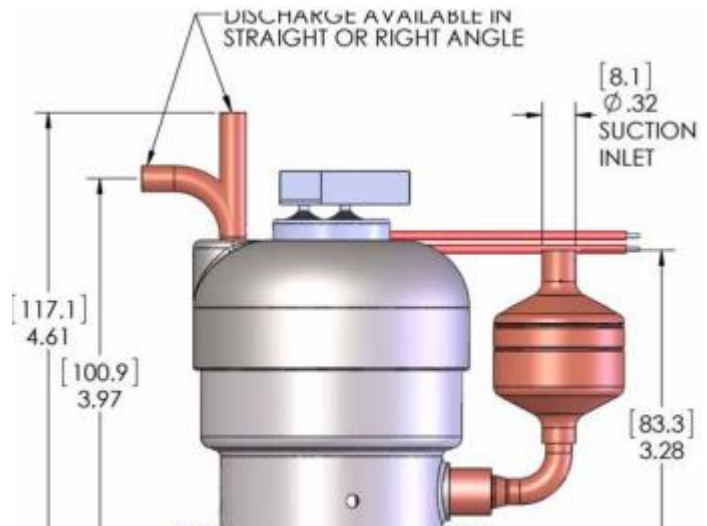


Figur 35 - Tekniske system arkitektur for et kompressorbasert kjølesystem

Denne metoden for varmetransport fra et termisk system til et annet er i bruk i de fleste kjøleskap og fryserer i dag, og har en god termisk effektivitet samt potensiale. Med andre ord kan du kjøle ned mye mer og til lavere temperatur enn ved bruk av Peltier elementer. Det grunnleggende problemet med dette systemet ble å skalere det ned til vår kjøleboks, og da primært kompressoren selv.

Vi fikk levert en kompressor som skal være den minste produserte kompressoren i verden, en kompressor utviklet for den amerikanske hæren til bruk i deres feltkjøretøy. Men til tross for å være såpass liten har kompressoren en tørrvekt på ~900gram.

Videre er reguleringen av et slikt kompressorsystem vanskeligere å regulere, da kompressoren ikke kan reverseres på en enkel måte. Prosjektgruppen måtte ha utviklet en




Figur 36 - Skjematisk tegning av kompressor

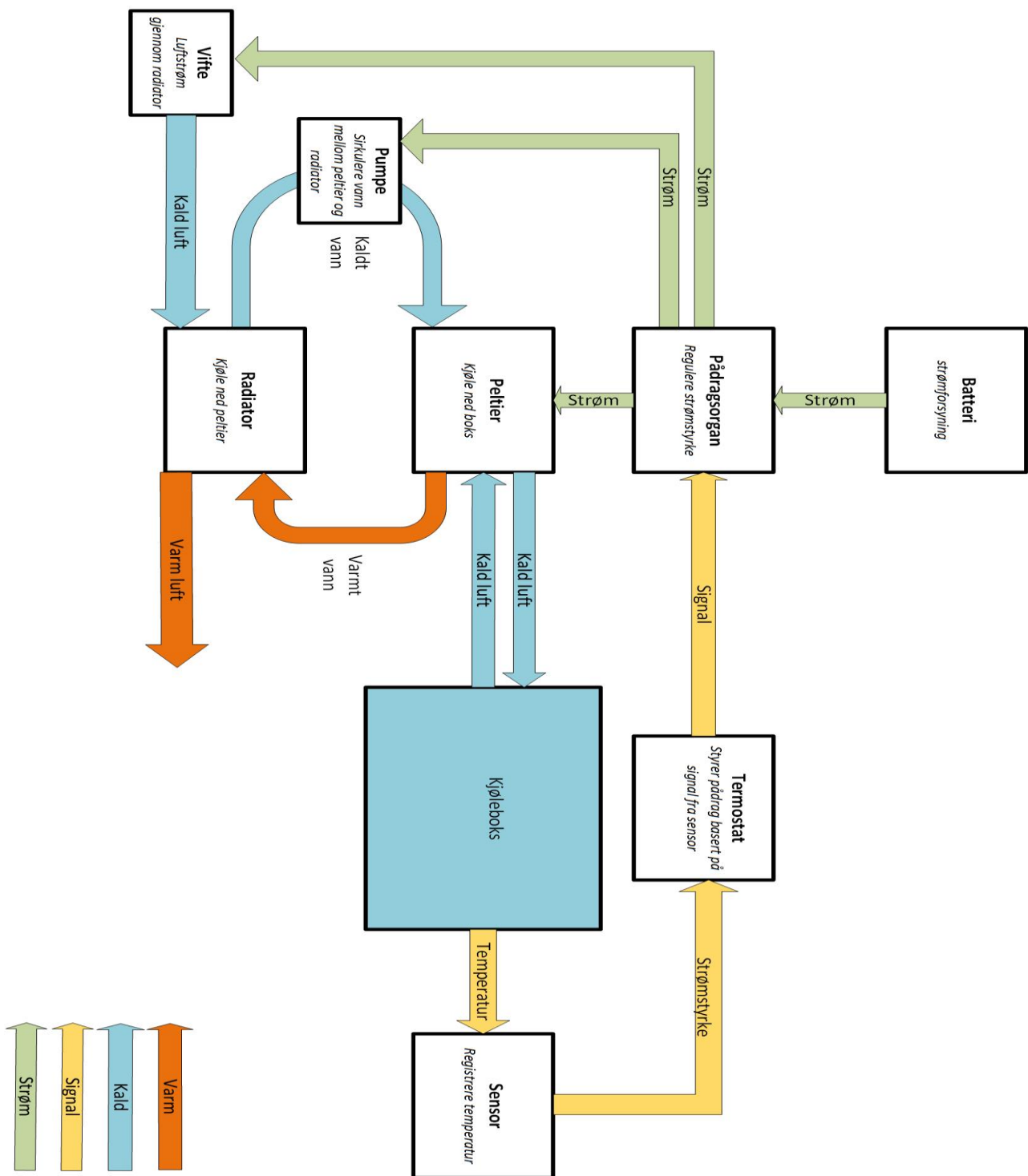
reguleringsmanifold og plassert den rett etter kompressoren i syklusen for å kunne styre hvilken retning kjølemediet ville ta i kretsen, og hvilken varme veksler som ville ha fungert som henholdsvis evaporator og kondensator. Denne manifolden må ha en elektromekanisk styring (servo/aktuator) med påfølgende elektronikk og programvare. Denne manifoldfunksjonen er allerede i bruk i for eksempel varmpumper, men igjen er utfordringen å kunne skalere ned slike systemer til å kunne passe vår applikasjon.

PELTIER

Peltier elementer inngår i et enkelt, lett og relativt lite effektivt system uten noen bevegelige deler, bortsett fra kjølevifter. Begrensningene til Peltier elementene er deres lave virkningsgrad, som leder til stor varmeutvikling om man forsøker å oppnå store temperaturforskjeller. Denne varmeutviklingen vil igjen føre til synkende effektivitet i elementene, og lavere virkningsgrad, frem til det punktet der temperaturen på «kald» side øker ved økende effekt. Til tross for disse begrensningene valgte prosjekt-gruppen å gå videre med Peltier på grunn av systemets enkelhet og enkle styring, disse

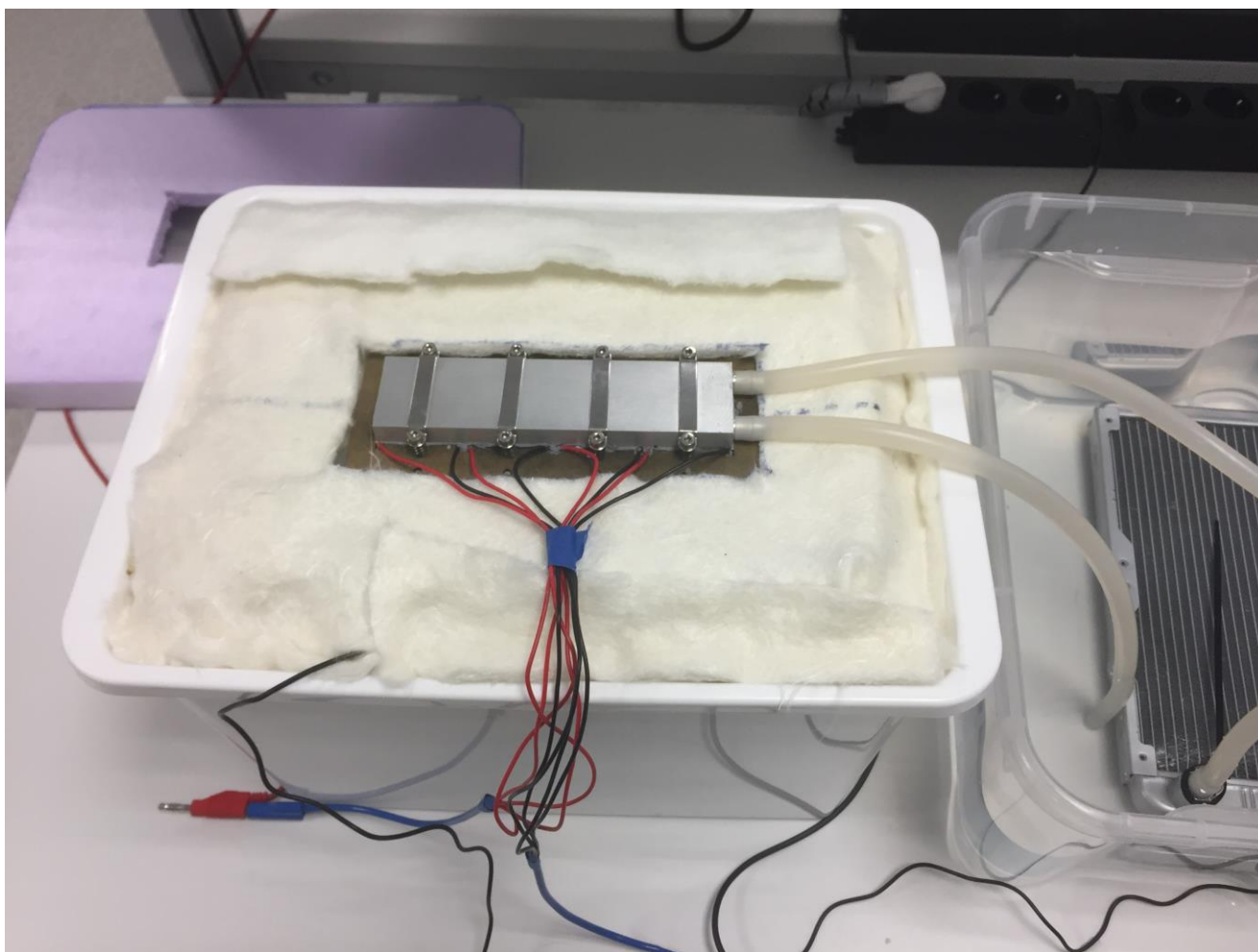


elementene kan styres trinnløst og reversibelt. Med bakgrunn i tilgjengelig informasjon virket det fullt mulig å oppnå krav P-23-A, altså en temperatur på $+4^{\circ}\text{C}$ med en ambient temperatur på $+30^{\circ}\text{C}$, ved bruk av Peltier elementer og kjølesystem til elementenes varme side. Systemet er skjematiskert av Figur 37.



Figur 37 - Teknisk system arkitektur for et Peltier basert kjølesystem.

Neste steg var bygging av en preliminær test-boks (Figur 38) med Peltier elementer for å finne funksjonelle data vi kunne bruke videre i beregninger av systemet. Prosjektgruppen startet med vannkjøling av Peltier elementenes varme side, som senere ble erstattet med «heatpipes» da vi så like god effekt med dem som med vannkjøling, men med mindre vekt, og mindre kompleksitet.



Figur 38 - Prototype 1, består av en 20L og en 5L plastbokser med byggsaum som isolasjon.

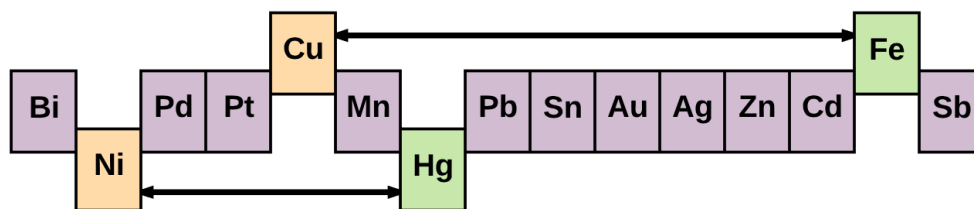
Denne preliminare test-boksen ble også brukt til å finne sammenhengen mellom effektforbruk og antall elementer, samt en lang rekke faktorer som definerer et Peltier kjølesystem. Dette ga prosjektgruppen god innsikt i funksjonelle parametere som kunne brukes videre i designprosessen, som beskrevet i Peltier Rapport. Peltier elementer blir primært i dag brukt til temperaturregulering i diverse systemer der stor

presisjon er viktigere enn termisk effektivitet [16]. Den termiske effektiviteten til et kjølesystem måles i forhold til et termodynamisk målebegrep med 100% effektivitet kalt «carnot-engine» der all energien tilført et kjølesystem resulterer i arbeid, og ikke i restvarme [15]. Med andre ord vil det si at en teoretisk «carnot-cycle» vil kunne reverseres og produsere den samme energien som ble tilført systemet, altså en evighetsmaskin.

Peltier elementene prosjektgruppen har brukt i dette prosjektet er alle rimelige og lett tilgjengelige elementer basert på jern og kopper koblinger, som har en lavere virkningsgrad enn de med edlere metaller som for eksempel vismut. Peltier elementer bygget av vismut metaller har en større virkningsgrad og effektivitet på grunn av et større thermo-elektrisk potensiale, som fører til større temperatur differanse mellom varm og kald side per energimengde tilført elementet, samt at de har en lavere termisk konduktivitet, som gir et lavere termisk gjennomslag fra varm til kald side. Prisen på et vismut element ligger på cirka 1350,- norske kroner, og et vanlig jern-kobber element ligger på cirka 30,- norske kroner [17].



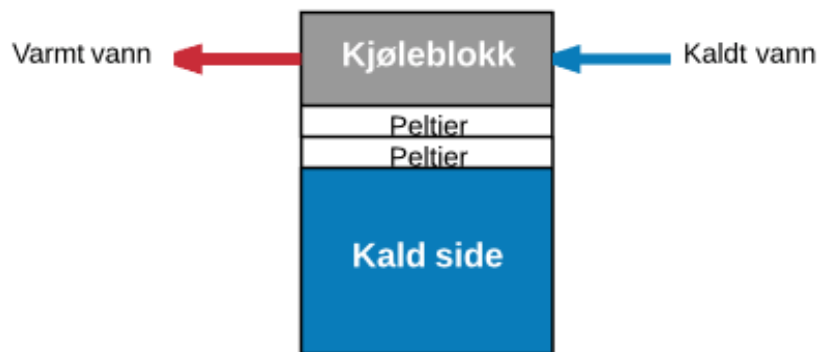
Figur 39 - Det kjemiske elementet vismut som en syntetisk laget krystall



Tabell 145 - Den termoelektriske serie. Denne tabellen illustrerer spenningspotensiale mellom de ulike metallene, jo større avstand mellom to metaller jo større termoelektrisk potensiale. Vismut (Bi) og Antimony (Sb) vil kunne produsere størst temperatur differanse.

Bruk av bedre og mer effektive elementer har alltid vært en mulighet vi har hatt i bakhånd om det skulle vise seg umulig å nå de oppgitte temperaturmål i kravspesifikasjonen, men praktiske forsøk av denne typen elementer er ikke blitt gjennomført grunnet kostnadshensyn.

Det er også blitt gjennomført en rekke forsøk med Kaskade, som er en form for termisk seriekobling av to eller flere elementer, altså to eller flere elementer lagt oppå hverandre. Dette er en teknikk brukt for å øke den potensielle temperaturforskjellen du kan oppnå mellom kald og varm side i kjølesystemet. Som det fremgår av Peltier-rapporten er dette en svært ineffektiv metode, da antallet elementer må mangedobles for å kunne oppnå en marginal økning i temperaturpotensiale [16].

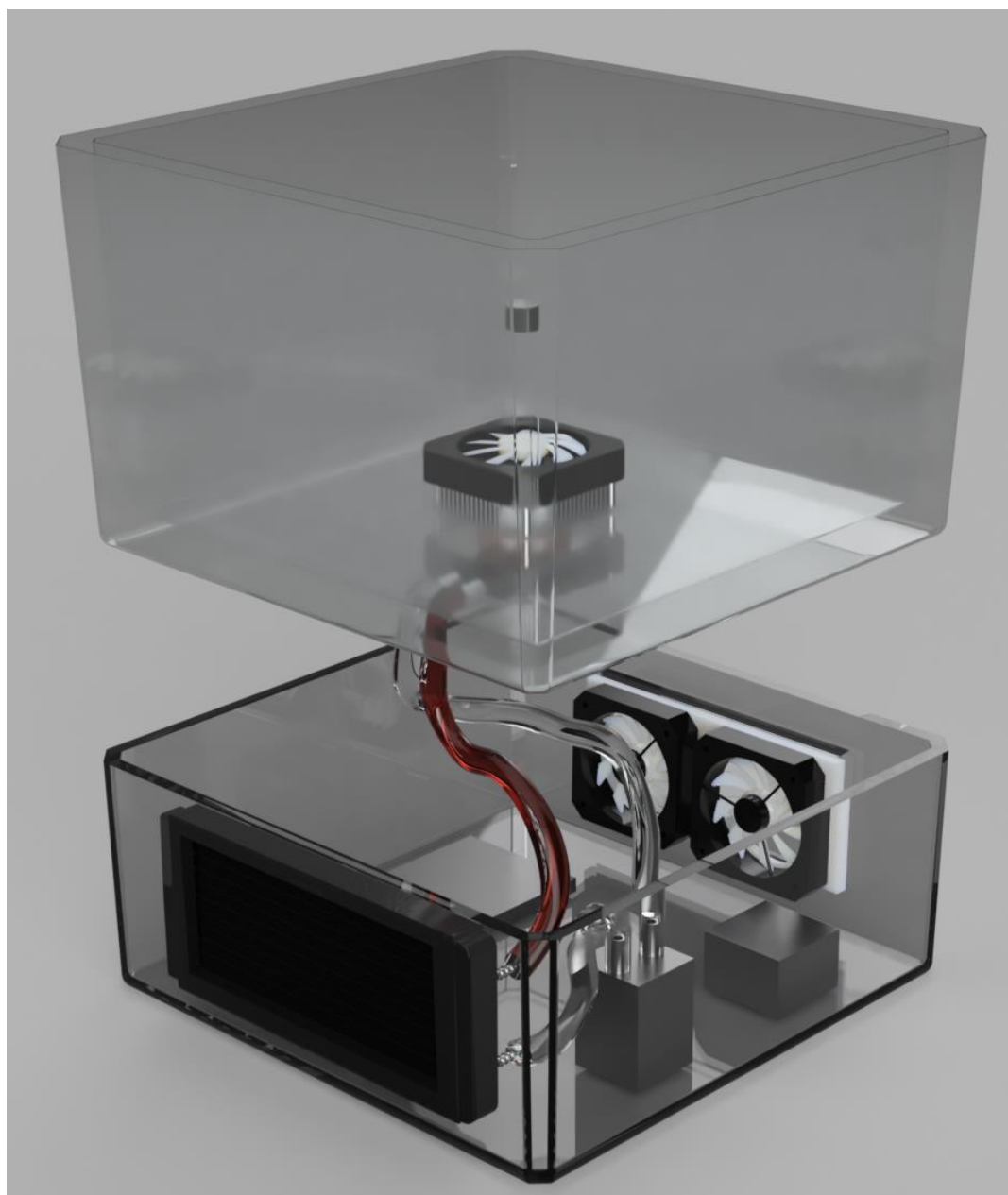


Figur 40 - Grafisk fremstilling av en kaskade konfigurasjon, med 2stk Peltier elementer i termisk serie og vannkjøling av det øverste elementets varme side.

Forklaringen på dette fenomenet er grundig beskrevet i Peltier-rapporten, men som en indikasjon på kostnadsgevinsten ved å montere elementene i Kaskade, kan vi ta utgangspunkt i elementenes 10% virkningsgrad ved maks effekt (estimat). Om du da monterer to like elementer oppå hverandre har du en fordobling i effektforbruk og kun 10% av de originale 10% i virkningsgrad. Dette resulterer i en svært lav virkningsgrad [15].

Peltier elementene produserer altså en kald og en varm side, hvor sistnevnte er et resultat av varmeenergien tatt inn fra den kalde side fra boksens interiør og energien som tilføres i form av strøm.

Disse kalles henholdsvis Q_{inn} og P_{inn} , og resulterer i det som kan kalles Q_{out} for den totale varmeenergien som må fjernes fra Peltier elementets varme side. Metodene brukt for å fjerne denne varmen har hatt en parallell utvikling med resten av kjølesystemet, og har gått fra ordinære kjøleribber i aluminium, til vannkjøling og til sist endt opp med å bestå av to «heatpipe» kjølere. Nærmere beskrevet i neste kapittel, samt av Peltier Rapport.



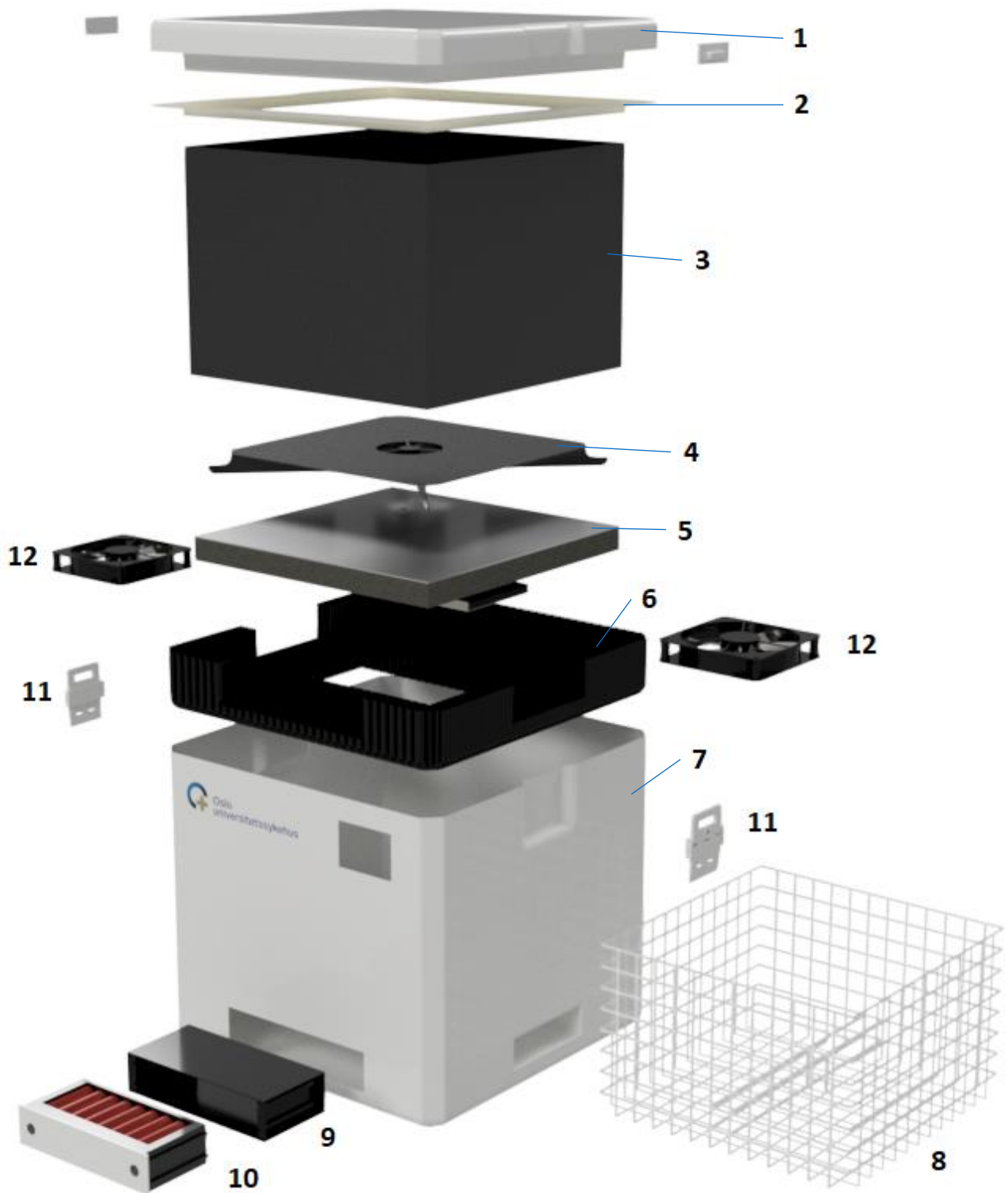
Figur 41 - Illustrasjon av den første 3D modellerte versjonen av et vannkjølt Peltier element.

FULLSKALA PROTOTYPE

Det endelige forslaget til fullskala prototype er basert på en rekke tester, økonomiske kompromiss og fabrikasjonsbegrensninger, som beskrevet i dette dokument. Prosjektgruppen har i størst mulig grad forsøkt brukt eksisterende komponenter som er lett tilgjengelige i et forsøk på å kunne levere et ferdig fungerende produkt innen utgangen av prosjektperioden. Dette viste seg å bli uoppnåelig grunnet forsinkelser i flere design faser, samt lengere fabrikasjonstid enn først estimert.

Det vil bli behov for ytterlige justeringer og revisjoner av diverse aspekter innen dette designet når den første fullskala prototypen er produsert og testet, grunnet det uunngåelige avviket mellom teori og praksis. Designet som her er beskrevet er skalert opp fra de foregående prototyper i redusert skala. Som ett eksempel er varmelekkasjen inn i boksen skalert opp i forhold til økt overflate areal, og kjølesystemet bygd opp i forhold til disse estimatene. Produksjons og fabrikasjonsmetodene vi har lagt til grunn i dette og øvrige dokumenter er basert på tidligere faglig erfaring, samt innspill fra veiledere og fagskolen Tinius Olsen.

SAMMENSTILLING



Figur 42 - Utvidet visning av 3D modellert sammenstilling

Nr.	Komponent
1	Lokk
2	Topplist
3	Indre boks
4	Sirkulasjonsplate
5	Kjølesystem
6	Honeycomb
7	Ytre skall
8	Kurv
9	Batterikasset ramme
10	Batterikasset
11	Låseklips
12	120 mm vifter

Tabell 3 - Komponent oversikt. Nummeret angir plassering i sammenstillingen (Figur 18)

TREDJEPARTS KOMPONENTER

Samtlige av disse komponentene er tilgjengelig over disk i norske butikker, og er modellert etter deres spesifikasjoner og tegninger. De er implementert i designet av kostnadsbesparende hensyn.

JET-TEK KM610-SERIES FLUSH MOUNTED PANEL LATCH

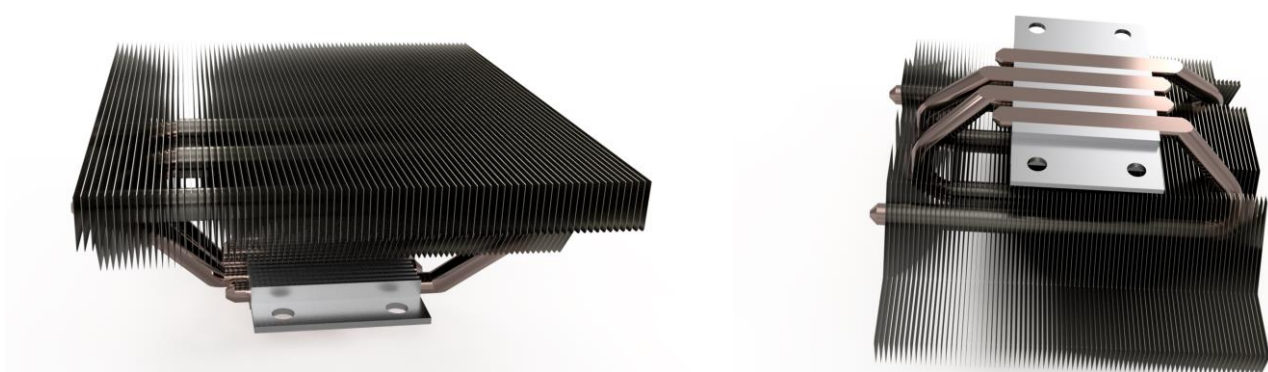
Panellåser av denne typer er i utbredt bruk på luftfartøy. De går i lås når panelet blir presset inn i rammen rundt, og løses deretter ut igjen når knappen presses inn. Denne løsningen er valgt på grunn av behovet for en strømlinjeformet ytre form, samt dens pålitelige funksjon [18].



Figur 43 - Jet-Tec KM610 panellås. Funksjonell visning

COOLERMMASTER GEMINI M4

Dette er en CPU kjøler fra CoolerMaster som vi har brukt som kjølere av Peltier elementenes varme side. Det er to slike kjølere som hver dekker to Peltier elementer via en varme-bro i aluminium.



Figur 44 - Visning av 3D modell. Topp og bunn visning

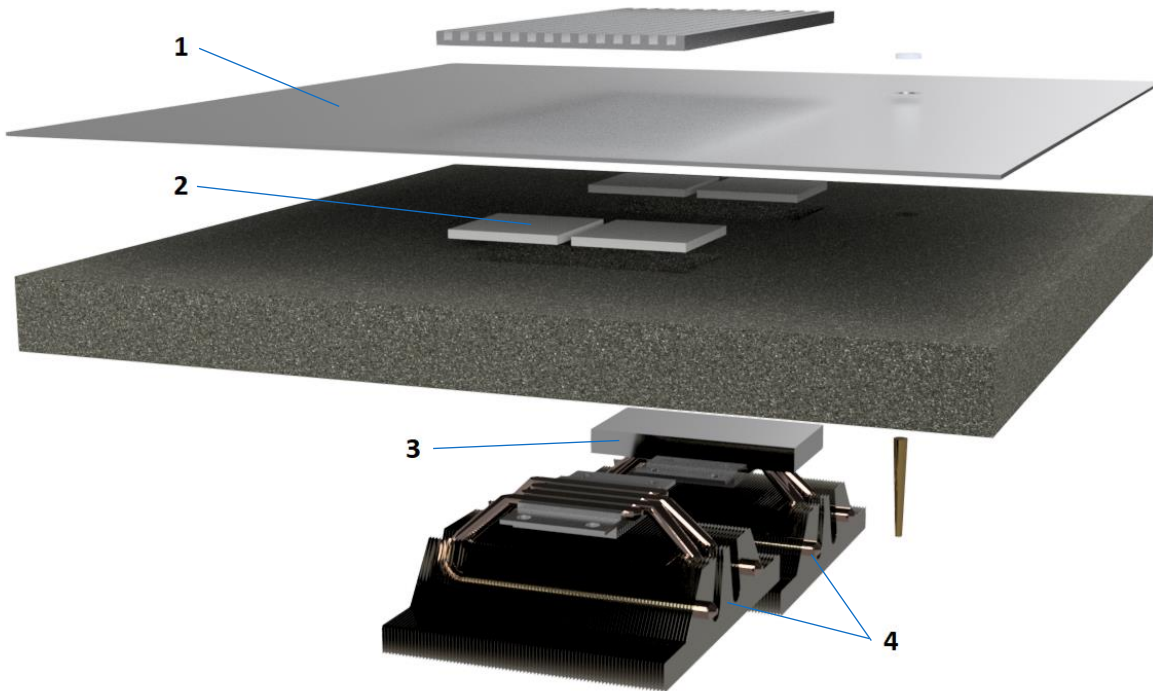
NOCTUA NF-F12 IPPC-3000 PWM 120MM

En høyeffekt 120mm vifte fra Noctua. Disse har vi montert på GEMINI kjølere i stedet for de medfølgende viftene, da Noctua NF-F12 leverer en dobbelt så stor luftmasse.



Figur 45 - Visning av 3D modell. Topp visning

KJØLESYSTEM



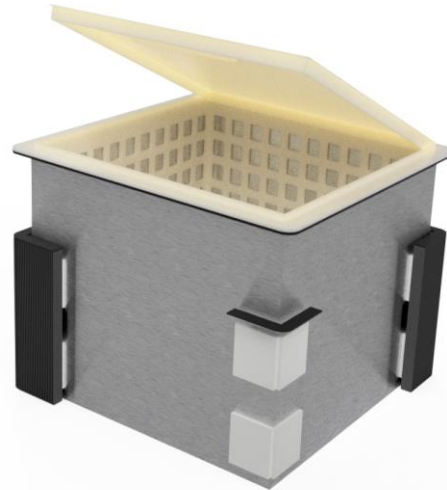
Figur 46 - Utvidet visning av 3D modellert kjølesystem. 4stk. TEC12706 2stk. GEMINI M4

1. Aluminiums plate (coolingPlate)
2. Peltier elementer
3. Varmebro
4. «Heatpipe» kjølere

Hjertet av kjøleboksen er selve kjølesystemet, som i 3D modellen heter «coolingPlate». Denne sammenstillingen er bygget opp av en aluminiumsplate med fire stk. påmonterte Peltier elementer, deretter to stk. aluminiums-blokker og til slutt to stk. heatpipe kjølere med vifter. Rundt og på undersiden av denne aluminiumsplaten er det 25mm isolasjon. På motsatt side av aluminiumsplaten er det limt fast en 5mm høy kjøle ribbe.

Dette kjølesystemet ble først designet som en del av lokket på boksen, sammen med batteri og styringselektronikk, men dette måtte flyttes til bunnen av boksen på grunn av dronens design, da denne ikke tillot åpen luftstrøm der det trengtes. Dronen har blitt utviklet parallelt med vår kjøleboks av DR.

Grunnprinsippet til dette oppsettet er å ha kjølesystemet som en del av den indre boksen, uten noen form for kjølekanaler eller rør. Dette er ønskelig med tanke på hygiene, vask og vedlikehold. Det er altså ingen skjulte hulrom der avfall eller søl vil kunne akkumuleres. Ved å ha den kjølede komponenten av kjølesystemet som en del av den indre boksen vil også det nedkjølte arealet holdes til et minimum, og dermed også varmelekkasjen inn i boksen. Dette konseptet ble først utviklet i konsept design nummer 5 med en indre boks av aluminiumsplater, passive kjøle ribber på alle fire hjørner og 16 stk. Peltier elementer.



Figur 47 - Visuell fremstilling av den første 3D modellerte iterasjonen av kjølesystemet, basert på Peltier elementer og direkte kjøling. Systemet ble utviklet som en del av konsept design 5.

Kjølesystemet bygges som et separat under-system, og føres inn i kjøleboksen fra toppen og ned. Denne under-systemet hviler direkte på honeycomb-basen i bunn av kjøleboksen, og holdes på plass av innerboksen samt isolasjonsplatene i sidene av kjøleboksen. Dermed vil kjølesystemet som et under-system kunne demonteres for vedlikehold uten større inngrep på boksen. Det er boret ett 10mm hull i aluminiumsplaten for gjennomføring av strøm til den indre sirkulasjonsviften.

Kjøleluften over «heatpipe» kjølerne blir generert av to 120mm vifter montert rett på kjølerne. Disse viftene trekker luft fram undersiden av boksen, gjennom et støvfilter, og ut igjennom to utluftningskanaler på sidene av kjøleboksen. Denne delen av systemet er vanntett til IP66 for å tilfredsstillere krav om værbestandighet og vask.



Figur 48 - Visuell fremstilling av 3D modellert heatpipe med kjølevifte

BOKS

Kjøleboksen har hele veien gjennom prosjektet blitt bygget rundt kjølesystemet, samt grensesnitt tilpasninger mot dronen. Den ytre formen på boksen ble definert av DR ved prosjektets start, da det var denne formen DR trengte for utviklingen av selve dronen. De ytre dimensjonene og slippvinkel har blitt revidert en rekke ganger på grunn av testfunn, endrete krav samt tilpasninger rundt tilvirkningsmetoder.



Figur 49 - Isometrisk visning av 3D modellert sammenstilling

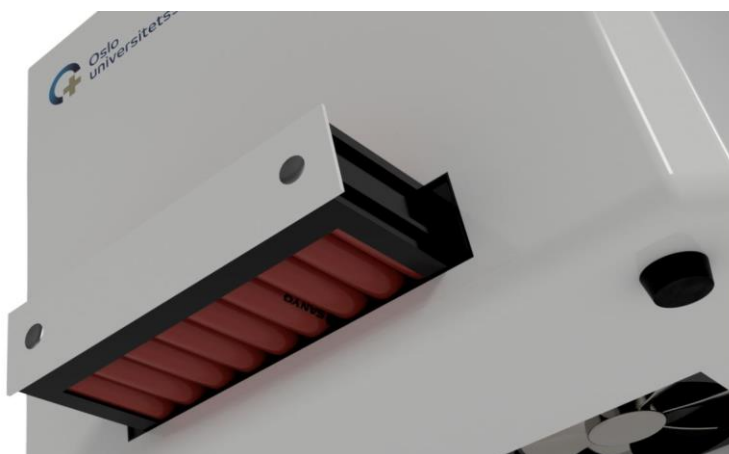
Det ytre skallet er støpt i karbonfiber, for vekt og styrke. Dette skallet støpes som en del uten slippvinkel, med tykkelse på 0.7mm. I bunn av boksen er det en 3D-printet blokk med honeycomb struktur som fungerer som base for alle indre komponenter. Denne honeycomb strukturen har også en stor rolle når det gjelder støt motstandighet. Isolasjonsplatene er laget av ferdigstøpte polyuretan plater, som freses etter spesifikasjoner i den ene enden, og deretter limes på plass i boksen over honeycomb basen. Det indre skallet av karbonfiber har en tykkelse på 0.7mm, det har hverken topp eller bunn, og er limt sammen av 4 like plater. Det indre skallet presses på plass fortløpende etter kjølesystemet er på plass, for å låse av dette. Deretter er det en nylonlist på toppen som limes fast mellom det ytre og indre skallet, dette er den eneste delen som må skjæres opp og erstattes ved en eventuell demontering av kjøleboksen.

En luftkanal går igjennom nedre del av boksen for å tillate kjøling av «heatpipes». Det kappes ett rektangulært hull i bunn, og ett i hver side, av det ytre karbon skallet, deretter limes 8stk plastplater inn i honeycomb basen og karbonfiber skallet. Dette gjøres i en separat prosess for å senke kompleksiteten på boksens støpeform.



Figur 50 - Visuell fremvisning av luftkanal

En ramme til batterikassetten 3D-printes og limes inn i ett 44x192mm kutt i karbonfiberboksen på fremsiden av kjøleboksen, 90° fra kjølekanalen. Denne rammen hviler på honeycomb-basen.



Figur 51 - Visuell fremvisning av batterikassens ramme

LOKK

Lokket er satt sammen av 3 ulike deler; en bunnplate av nylon (ekstrudert), polyuretan skum plate (maskinert/frest) og ett ytterskall i 0.7mm karbonfiber (støpt). Lokket er uten hengsler mot kjøleboksen av hygienehensyn. Lokkets form vil holde den horisontalt sentrert mot boksen, og låneklipsene vil holde lokket vertikalt på plass.



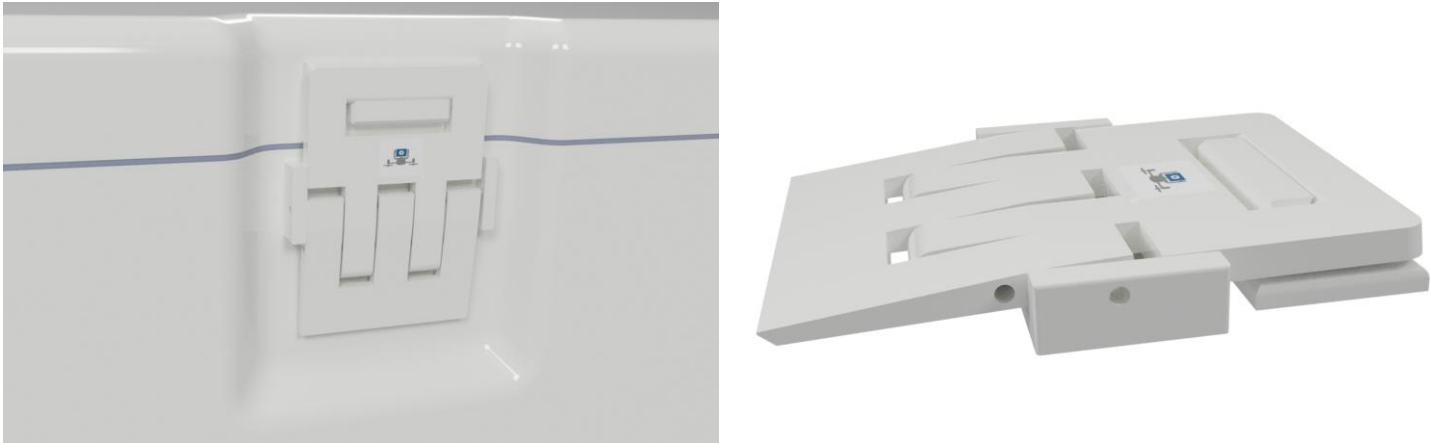
Figur 52 - Utvidet visning av lokk

Det er her et klart behov for en sikring av låseklipset, i form av et skyvelokk eller lignende. Dette på grunn av de mekaniske skadene som vil oppstå om låseklipset går ut av posisjon mens kjøleboksen er inne i dronen. I dette scenario vil kjøleboksen også kunne kile seg fast på vei ut av dronen, og det er en klar uakseptabel risiko. Det har ikke vært tid til å designe en slik sikring på grunn av tidsmangel.

LÅSEKLIPS

Det er to låseklips, en på hver side, mellom lokket og boksen. Disse låseklipsene er 3D-printet i plast og med 1mm stålpinne som hengsler (syrefast). Låseklipsene er bygget opp av 4 deler, og printes hver for seg. «Base-komponenten» limes til boksen, og «retainer-komponenten» limes til lokket.

Hovedkravet til disse låseklipsene var at de ikke skulle stikke utenfor formen gitt av boksen selv, dette på grunn av grensesnittet mot dronen. Som tidligere nevnt er en sikringsfunksjon nødvendig.



Figur 53 - Fremvisning av 3D modellerte låseklips

VENTILASJONSPLATE

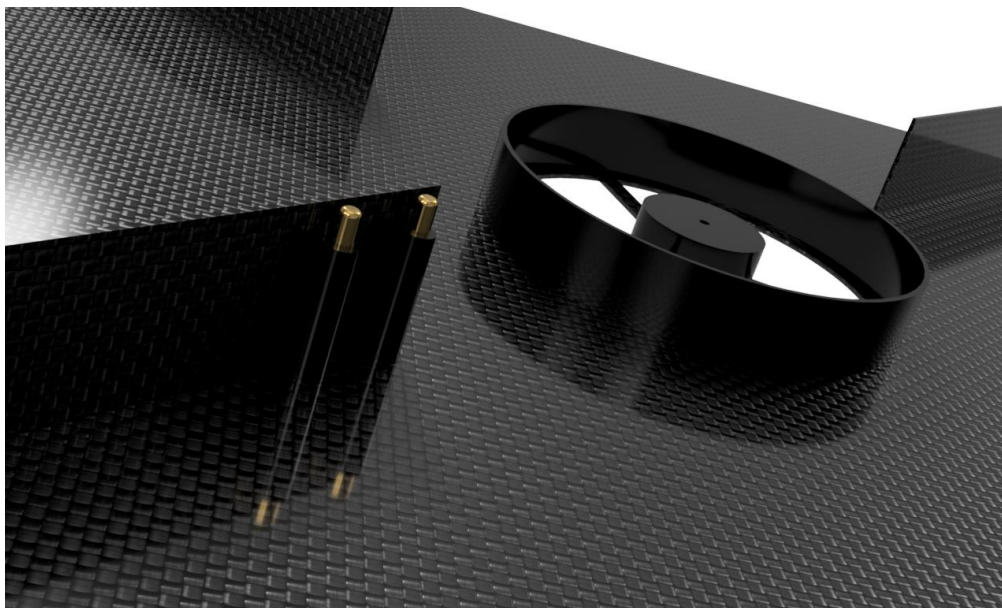
Ventilasjonsplaten består av en 1mm tykk karbonfiberplate, og fire vertikale plater som fungerer som bein. Midt på platen er det et 80mm sirkulært hull med en 80mm vifte montert på undersiden. Hensikten med denne ventilasjonsplaten er å sikre sirkulasjon av luft over kjølesystemet og rundt om i boksen. Det er blitt gjennomført en rekke tester med ulike plasseringer og konfigurasjoner av slik indre sirkulasjonsvifte i de foregående prototypene hvor dette oppsettet har vist seg å være den beste kombinasjonen av funksjonalitet, form og brukervennlighet.



Figur 54 - Visuell fremstilling av 3D modellert ventilasjonsplate

Prosjektgruppen ville i utgangspunktet konstruere en vifteløs løsning av hensyn til hygiene, renhold, plassbehov og enkelhet i konstruksjon, men dette viste seg å være uoppnåelig da temperaturforskjellen mellom kjøleplaten og luften i boksen ble for stor. Dette ledet igjen til en økende ΔT over Peltier elementene, som ikke var i stand til å opprettholde tilstrekkelig effektivitet, og temperaturen i kjøleboksen kom aldri ned mot målet på 4°C. Når det viste seg at kjølesystemet måtte være i bunn av kjøleboksen, forsøkte vi å holde sirkulasjonsviften i lokket, men også denne ideen måtte forkastes da luftstrømmen mot den avkjølte aluminiumsplaten ikke kunne sikres i tilstrekkelig grad grunnet avstanden mellom lokket og ned til bunnplaten, samt eventuelt tildekking på grunn av blodposer.

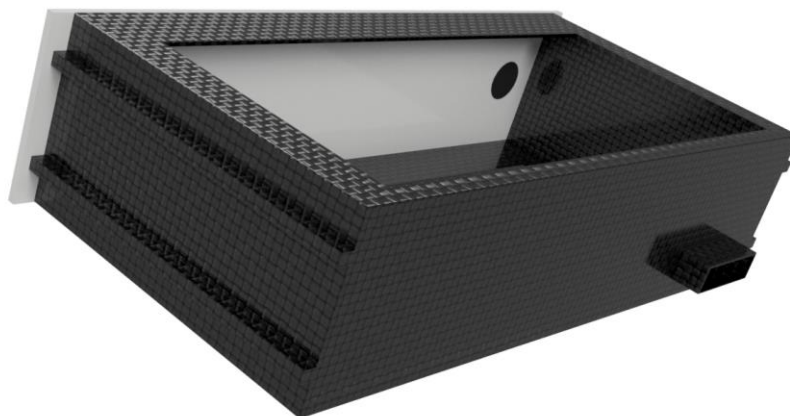
Dette ventilasjonssystemet er altså et optimalisert kompromiss for å sikre god funksjon av kjølesystemet, uten å begrense brukervennligheten eller komprimere hygiene og vaskbarheten. Sistnevnte er løst ved å ha ventilasjonsplaten fullt demonterbar, noe som er oppnådd uten skruer, hull eller strømkontakter. Strømmen overføres via to kontaktstifter som kommer ut fra ventilasjonsplaten, og ned mot kjøleplaten. Den ene polen går mot selve kjøleplaten som igjen er koblet til jord via styringssystemet, den andre stiften treffer en liten messingdisk som er isolert fra aluminiumsplaten med en avstandsskive i nylon.



Figur 55 - Visuell fremstilling av 3D modellert ventilasjonssystem, med detaljen; kontaktstifter.

BATTERIKASSETT

Batteripakken monteres i en kassett som kan skyves i kjøleboksen, og låses på plass av to «panel-latches» av eksisterende «push-button» design. Dette er type låseklips som brukes på de fleste tilgangspaneler på luftfartøy. For å låse ut kassetten ved batteri bytte, vil man trenge å trykke på begge kappene samtidig. Kassetten er satt sammen av utskårede deler av karbonfiber, deretter og limt sammen.



Figur 56 - Visuell fremstilling av 3D modellert batterikassett. Visning sett fra bakside

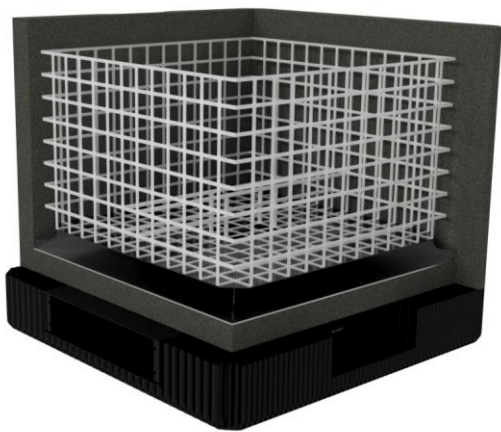
Kassetten er bygget for å kunne romme 18 Li-Po celler, en BMS (Battery-Management-System), og en hunn kjønn kobling for å sikre mot kortslutning.



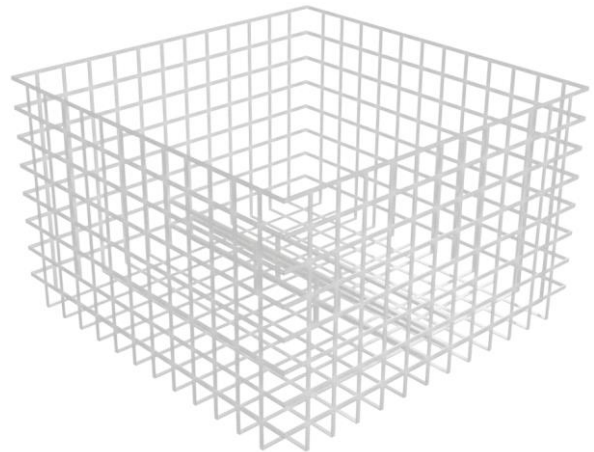
Figur 57 - Visuell fremstilling av 3D modellert batterikassett. Isometrisk visning av front. Med batterier og ramme.

KURV

Det viste seg å bli et behov for en kurv til å romme artiklene som skal transporteres. Dette er på grunn av tre hovedgrunner: En lettere kurv for å laste artikler inn og ut av kjøleboksen, mulighet til å forhindre at blodposer og andre artikler blir liggende uheldig plassert langs kanten der de kan blokkere luftsirkulasjonen, og til sist forhindre at temperatursensitivt materiale havner i direkte kontakt med kjølesystemet. Disse behovene resulterte i en enkel plastikk kurv, som for enkelhets skyld er 3D-modellert i nylon, men den kan med fordel konstrueres av egnet syrefast nettingsmateriale som så kaldloddet sammen i hjørnene for å danne en kubisk kurv. Det vil også være behov for en enkel festemekanisme i form av klips eller lignende mellom kurven og den indre boksen.



Figur 58 - Illustrativ visning av kurvens plassering



Figur 59 - 3D modellert kurv.

TILVIRKNING

Produksjon og fabrikasjonsmetodene som er lagt til grunn i dette designet er basert på tidligere faglig bakgrunn innad i bachelorgruppen, samt innspill fra veiledere og fagskolen Tinius Olsen. Disse metodene vil helt klart måtte justeres eller endres i forhold til det fremtidige produksjonsvolumet, det som ligger forespeilet i dette dokumentet er forespeilet for prototype og småskala produksjon. Tilvirkningen av kjøleboksen er delt opp i mindre delkomponenter, som deretter er satt sammen til det ferdige produktet, sistnevnte er nærmere beskrevet i kapitlet; «fullskala prototype». Enkelhet, presisjon og vedlikeholdsvennlighet har vært i fokus for denne tilvirkningsmanualen. Denne manualen bør anvendes som et supplement til det foregående kapittel, samt til 3D modellen av kjøleboksen.

ISOLASJON

De fire isolasjonsveggene består av to og to identiske plater, den ene typen veggplater har et innpress på grunn av låseklipsene. Disse platene samt isolasjonsplaten i lokket og under kjøleplaten i kjølesystemet, maskineres ut av ferdigstøpte 30mm polyurethan plater. Injeksjon av skum viste seg å ikke være egnet, da det er vanskelig å produsere en fullstendig uniform isolasjonsmasse når skummet størkner. Samtlige veggplater er oppdelt slik at kun den ene kanten må formes.

KARBONFIBER STØP

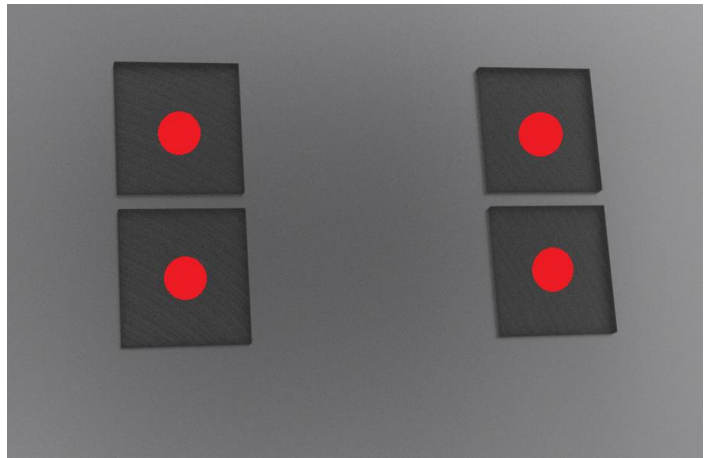
Ytre skall og ytre lokk støpes i hele komponenter i maskinerte former, og infusjon prosedyre. Indre boks, batterikassett, ventilasjonsplaten og veggene i luftkanalen sages alle ut av ferdigstøpte karbonfiberplater og limes sammen.

3D PRINTEDE DELER

Honeycomb-basen, låseklipsene, rammen til batterikassett, topp-list og indre lokk kan med fordel 3D-printes i egnet plastmateriale, med høy temperaturbestandighet.

KJØLESYSTEM

Kjøleribbene limes fast med termisk lim på den ene siden av den polerte aluminiumsplaten, dette blir heretter referert til som oversiden av kjølesystemet. På undersiden av aluminiumsplaten skal kald side av de fire Peltier elementene limes fast. Dette steget må gjøres med varsomhet da det må brukes en kombinasjon av termisk lim i midten av elementets flate, og termisk pasta i midten. Grunnen til dette er at Peltier elementet kan over tid sprekke som ett resultat av termiske krefter om det er fastlimt over hele kontaktflaten.



Figur 60 - Illustrasjon over fordelingen mellom termisk lim og pasta ved montering av Peltier elementer.

Deretter limes de to varmebroene i aluminium til Peltier elementene på tilsvarende måte med termisk lim og pasta. Isolasjonsplaten limes mot undersiden av aluminiumsplaten, og rundt Peltier elementene. «Heatsink» kjølerne monteres med fire bolter mot fire anker Muttere limt fast på aluminiumsplaten, og med sølv basert termisk pasta mot varmebroene. Overflatebehandling av aluminiums deler anbefales gjort etter montering av alle delene, samt lakkering av undersiden av kjølesystemet bortsett fra selve «heatpipe» platene som må bestå utildekt. Siste steg er montering og lodding av kontaktpunktene for ventilasjonsviften, Aluminiumsplaten vil fungere som jord og messingstiften som positiv pol.

LOKK

Lokkes limet sammen av tre deler; Indre lokk i henholdsvis nylon, isolasjonsplate i polyurethan og ytre skall i karbonfiber. Limet som brukes er et egnet spraylim. Delene presses sammen ved bruk av egnet verktøy og ca.20kg press.

SAMMENSTILLING OG TEST

1. Sammenstillingen starter med ferdigstilling og klargjøring av det ytre skallet, ved å sage ut alle fem kutt og så trimme alle kanter.
2. Honeycomb-basen ferdigstilles med puss og trim, deretter sprayes nedre del av skallet på innsiden med egnet lim. Basen presses på plass med egnet verktøy og ca.20kg press.
3. Fire stikk isolasjonsvegger pusses lett og sprayes med lim, limes fast med egnet verktøy og ca.20kg press.
4. Åtte stk. plater av karbonfiber ferdigstilles og monteres i luftekanalen med epoxy.
5. Batterikassett rammen limes fast med epoxy til basen og det ytre skallet med egnet verktøy og ca.20kg press.
6. Elektronikken limes fast med smeltelim på hver side av luftekanalen.
7. Elektronikken kobles opp mot batterikassett rammen, Peltier elementene, ventilasjonsviften og kabler legges klart til temperatursensor og til 120mm viftene.
8. Montering av berøringsskjerm gjennom ett kutt i isolasjonsveggen. Limes fast med smeltelim og kabler legges i ett eget kutt på innsiden av isolasjonsveggen, denne blir da liggende mellom isolasjonsvegg og indre boks. Den utskårede isolasjonsbiten trimmes etter behov og limes tilbake bak berøringsskjerm.
9. Kjølesystemet senkes på plass, festes ikke.
10. Smeltelim påføres langs nedre kant av den indre karbonfiberboksen, som deretter hurtig presses ned mot aluminiumsplaten av kjølesystemet, ved bruk av egnet verktøy og ca.20kg press.
11. Smeltelim påføres øvre kant av indre boks og øvre kant av ytre skall. Topplisten plasseres hurtig og presses på plass med egnet verktøy og ca.20kg press.
12. Pakningslist av gummi limes på lokket.
13. 120mm vifter og støvgitter monteres med 8x 4mm bolter til «heatpipe» kjølerne, og viftene kobles til med vanntette IP67 koblinger.
14. Kjøleboksen og lokket lakkeres utvendig.
15. To stikk låseklips limes fast med egnet epoxy til det ytre skallet og til lokket.
16. Ved hjelp av et egnet lokk vakuumeres kjøleboksens interiør for å kontrollere fullstendig tette limfuger. Eventuelle limrester trimmes bort.



17. Ventilasjonsplaten plasseres i kjøleboksen.

18. Med lokket montert testes alle funksjoner i henhold til spesifikasjoner.

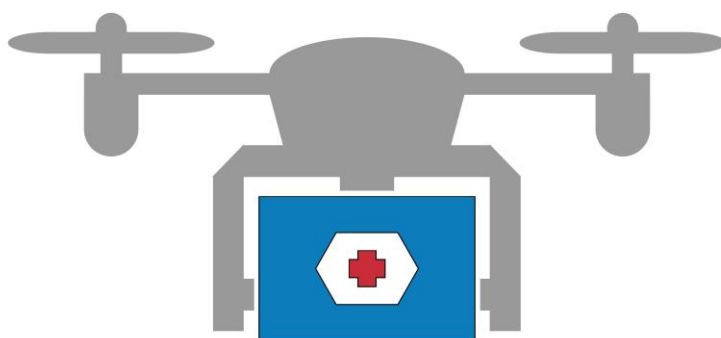
VEDLIKEHOLD

Ved daglig renhold vil batterikassetten, ventilasjonsplaten og lokket fjernes. Dermed plasseres kjøleboksen og lokket hver for seg i vaskemaskin.

Ved behov for vedlikehold av selve kjølesystemet vil lim fugene mellom topplisten og indre boks måtte løsnes ved hjelp av en varmluftpistol. 120mm vifter demonteres og kobles ut, og dermed kan hele kjølesystemet løftes ut og utbedres. Limrester må fjernes ettertrykkelig før det monteres på ny.

tecBAT / Gruppe 11

TEKNISK DOKUMENT





INTRODUKSJON

De tekniske dokumentene danner grunnlaget for dimensjonering av systemet, samt valg av tekniske løsninger. Resultater fra beregninger, analyser og tester er fundamentet for systemets oppbygning.

Gruppen har vektlagt tre grunnleggende aspekter for boksen som et system, og redegjort for disse. Kjølesystem, isolasjon og materialvalg er grunnsteinene i denne sammenheng og ble tidlig identifisert som fokusområder. Det er lagt stor vekt på optimalisering og vektreduksjon gjennom hele designprosessen. De øvrige tekniske dokumenter er både en videreføring og utgreining av disse fokusområder, samt beskrivelse av øvrige komponenter for at systemet skal utføre ønskede funksjoner.



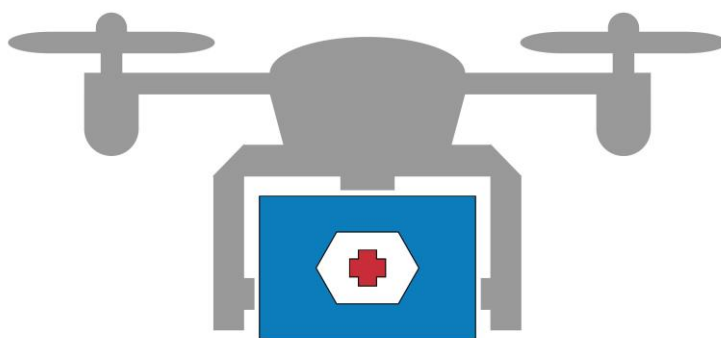
INNHOLDSFORTEGNELSE

PELTIER RAPPORT	191
FINITE ELEMENT METHOD ANALYS	210
GRENSESNITT	249
VARMEAAVIKLING	265
ELEKTRONIKK	279
TERMISK TEST	305
VEKT REGNSKAP	320
REGNSKAP	330

tecBAT / Gruppe 11

PELTIER RAPPORT

PRAKTISKE FORSØK MED PELTIER ELEMENTER



VERSJONSHISTORIKK

Dato	Versjon	Kommentar	Av	Godkjent av
16.03.17	0.1	Oppretting av dokument	TS	
23.03.17	0.2	Lagt inn grafikk	NT	
17.04.17	0.3	Skrevet kapittel termo-elektrisk prinsipp	TS	
20.04.17	1.0	Finpusset	TS/NT	FR
21.04.17	1.1	Rettelser og endret navn	TS	
23.05.17	2.0	Finpusset	FR	NT

ABSTRAKT

Kjølesystemet til boksen har siden starten av prosjektet stått mellom Peltier elementer, og bruk av ett tradisjonelt kompressor system. Fordelene og ulempene med begge løsningene ble grundig diskutert, basert på teoretisk informasjon om virkemåte og begrensninger. Bruk av Peltier elementer viste seg å være klart ønskelig på grunn av vekt, kostnad, driftssikkerhet samt kompleksitet i forhold til ett tradisjonelt kompressorsystem. Ett «vapor-cycle» [19] kompressor basert kjølesystem har en godt dokumentert virkemåte og effektivitet, dermed kan vi med god sikkerhet si at dette systemet også ville vært anvendbart i vår applikasjon. Peltier elementer på den andre hånd har ingen enkle lineære eller fullt skalerbare funksjoner. Dermed så vi ett klart behov for å kjøre egne tester med Peltier elementer i en tilnærmet lik applikasjon, og under de samme forhold som kjøleboksen vil måtte operere under.

De forskjellige testene presentert i denne rapporten er alle utledet fra erfaringene gjort med de foregående forsøkene, det var heller ingen klar struktur i rekkefølgen på forsøkene da læringsutbytte hele tiden har vært i fokus. Forsøkene er gruppert i tre kategorier; Effekt beregninger, varmesprednings metoder og bruk av kaskade (cascade stacking).



INNHALDSFORTEGNELSE

ABSTRAKT.....	193
FIGURLISTE.....	195
FORMELLISTE.....	196
TEST RIG & KONFIGURASJON	197
TERMO-ELEKTRISK PRINSIPP.....	197
FORSØK	203
EFFEKTBEREGNING.....	203
VARME EVAKUERING.....	204
KASKADE (STACKING).....	206
KONKLUSJON	208

FIGURLISTE

Figur 1 - Testboks	197
Figur 2 - Typisk oppbygning av Peltier elementer.....	198
Figur 3 - Positiv Thomsen effekt	198
Figur 4 - Negativ Thomsen effekt.....	198
Figur 5 - Sammensatt krets av halvledere	199
Figur 6 - Termoelektrisk serie.....	199
Figur 7 - Seebeck krets med måleapparat	200
Figur 8 - Peltier krets.....	201
Figur 9 - Effektkurve.....	201
Figur 10 - Ilusterert de termiske funksjonene i kjøleboksen.....	202
Figur 11 - Kjølesystem, 2x TEC1-12706.....	203
Figur 12 - Kjølesystem, 4x TEC1-12706.....	203
Figur 13 - 8x TEC1-12706 elementer seriekoblet i to grupper av 4 i parallell.....	204
Figur 14 - Høyeffekt element av typen TEC1-12715	204
Figur 15 - Et TEC1-12706 element.....	205
Figur 16 - Et TEC1-12706 med heatpipe og vifter	205
Figur 17 - 2x TEC-12706 med heatpipe, vifter og varmebro av kobber.....	205
Figur 18 - Enkel stabel ved bruk av to TEC1-12706 elementer	206
Figur 19 - 8x TEC1-12706 i to seriekoblede serier à fire elementer	207



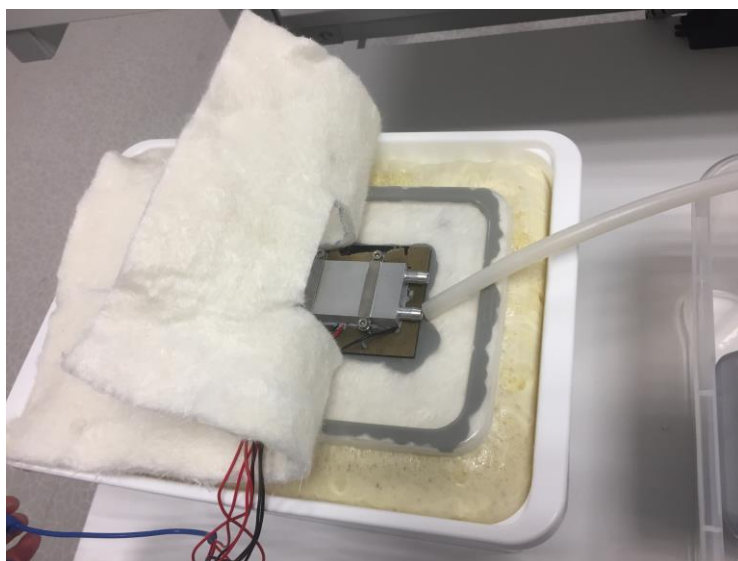
FORMELLISTE

Formel 1 - Der θ er temperatur gradienten ΔT	200
Formel 2 - «First law of thermodynamics».....	201

TEST RIG & KONFIGURASJON

Kravene til den første test riggen var svært enkle, da hensikten primært var «proof of concept» ved bruken av Peltier elementer, samt generell anvendbarhet. Kjøleboksen er laget av to oppbevaringsbokser fra Clas Ohlson artikkelnr.: 44-3001-20, 44-3001-5. Dette er en 20L boks med en 5L boks suspendert i midten, med bygg skum som isolasjonsmateriale. Kjølesystemet er i alle tilfeller bygd inn i lokket av 5L boksen, med isopor og glassfiber pakket rundt etter beste evne.

En temperaturmåler er plassert i midten av 5L boksen, hengende i friluft. Kald luft sirkuleres inne i boksen ved hjelp av en 50mm vifte på lav effekt. Samtlige forsøk er gjennomført under samme eksterne forhold, med en ambient romtemperatur på 22.5 grader.



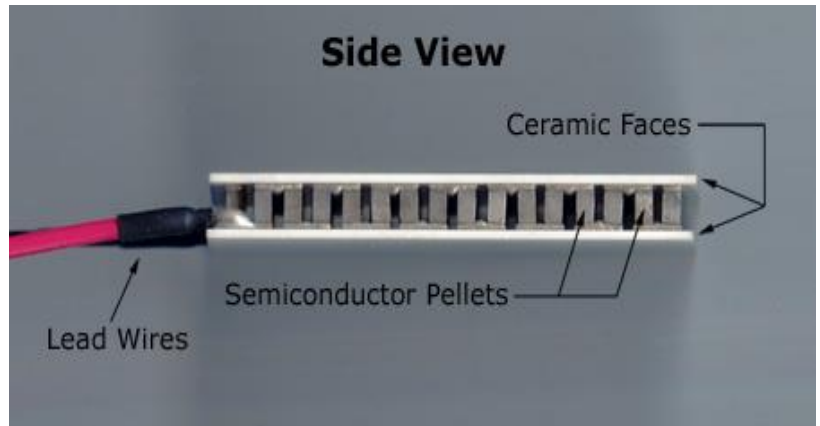
Figur 61 - Testboks

TERMO-ELEKTRISK PRINSIPP

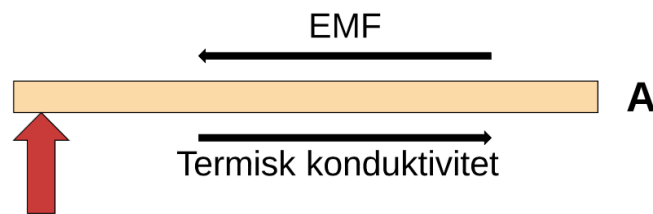
Virkemåten til Peltier elementene baserer seg på flere termoelektriske prinsipper [20]. Vi nå skal se nærmere på sammenhengen mellom disse prinsippene. Peltier elementene er bygget opp av en rekke seriekoblede «thermocouples» [21] av forskjellige metaller, og støpt inn mellom to tynne keramikkplater. Disse keramikk platene blir brukt som varm og kald side, og monteres direkte mellom den applikasjonen som skal kjøles ned og dens tilhørende kjøle komponent. Varme kan tilføres eller trekkes ut ved koblingspunktet mellom disse to metallene.

Disse “thermocouples” er som sagt bygget opp av to ulike metaller (halvledere) med ulike karakteristikk som i kombinasjon med hverandre vil skape en termoelektrisk reaksjon, som starter med Thomson effekten.

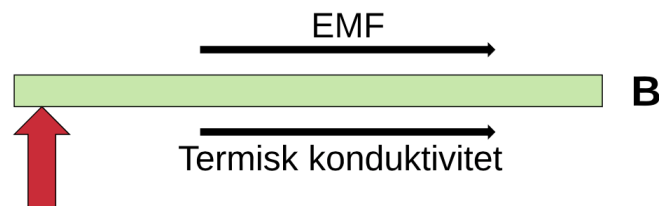
Thomson effekt [22] beskriver i denne sammenhengen forholdet mellom elektrisk og termisk konduktivitet, og den induerte spenningen som oppstår i ett ledende materiale når den transporterer termisk energi.



Figur 62 - Typisk oppbygning av Peltier elementer [58]



Figur 63 - Positiv Thomsen effekt. p-halvleder

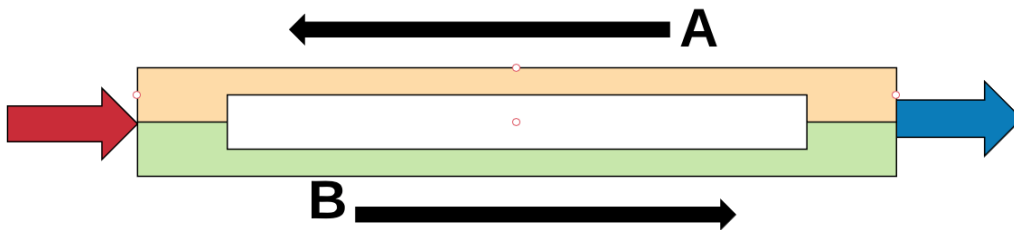


Figur 64 - Negativ Thomsen effekt. n-halvleder

Her ser vi at strømretningen går forskjellig vei, avhengig av hvilket materiale den termiske konduktiviteten beveger seg igjennom, altså retningen varmer går. Dette er et resultat av at økende temperatur fører til økende varmeenergi i molekylene, som igjen fører til større bevegelse eller vibrasjon

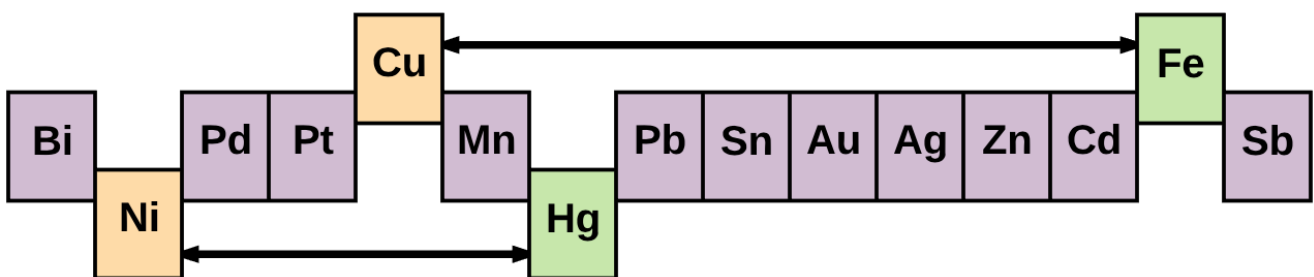
og vil da forsøke å fortrenge andre partikler, som løse elektroner. Dermed vil vi kunne observere en målbar forflytning av elektroner fra varm side mot den kaldere siden, og motsatt i den andre typen materiale. Denne strømmen kalles EMF (Electromotive Force) [23] og oppstår kun der det finnes en termisk gradient.

Seebeck effect [24] oppstår dersom to av disse ulike metallene kobles sammen i en krets. Dermed får vi to koblingspunkter som vi igjen kan tilføre varme på den ene og fjerne varme fra det andre punktet.



Figur 65 - Sammensatt krets av halvledere

Denne Strømmen som nå oppstår er et resultat av varmforskjellen mellom de to punktene, samt den termoelektriske forskjellen mellom de to metallene. Differansen i det termoelektriske potensiale resulterer i den *termoelektriske serie*:



Figur 66 - Termoelektrisk serie

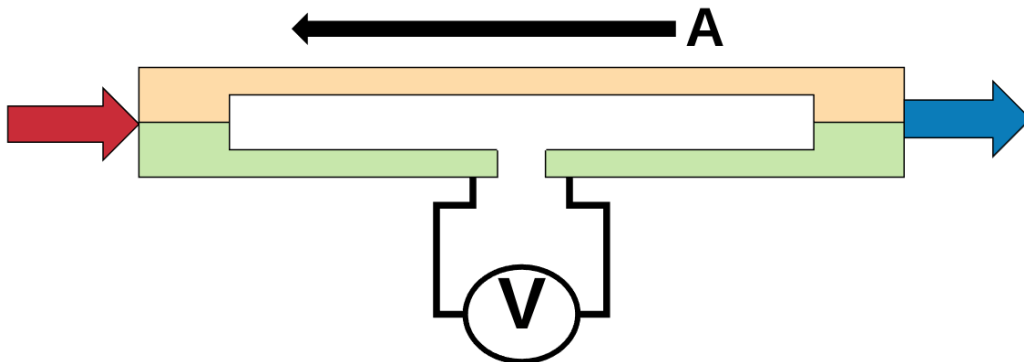
Som vi ser illustrert her vil kombinasjonen kobber og jern gi ett større potensiale for EMF enn for eksempel nikkel og kvikksølv. Resultatet av disse faktorene er gitt av:

$$V = \alpha\theta \frac{1}{2}\beta\theta^2$$

Formel 1 - Der θ er temperatur gradienten ΔT .

α og β er de termoelektriske konstantene til metallene [25].

Om vi nå åpner denne kretsen og kobler inn ett fintfølede voltmeter vil den termoelektriske kraften resultere i en spenningsforskjell, fordi det nå er ett motstandspunkt i kretsen.



Figur 67 - Seebeck krets med måleapparat

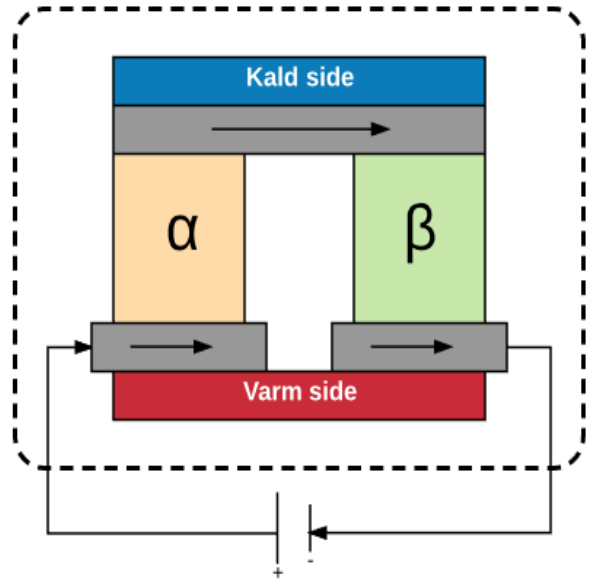
Dette vil nå kunne kalles for en «thermocouple» som Peltier elementene er bygget opp av. Hver av disse vil kun oppnå rundt 0,4mV, så ett vanlig Peltier element er satt sammen av 127 stk. Dette antallet vil du finne i type koden på alle elementer: TEC1-12706.

Peltier effekten [7] går nå enda ett skritt videre fra Thomsen og Seebeck effekten ved å reversere prosessen. Der Seebeck effekten genererer en EMF [8] vil Peltier prinsippet bruke en tilført strøm i kretsen/ «thermocouple» til å utvikle en temperatur gradient mellom de to koblingspunktene.

Dette baserer seg på termodynamikkens første lov om endringen i systemets energimengde, og reversibilitet:

$$dU = \delta W + \delta Q$$

Formel 2 - «First law of thermodynamics» [14]



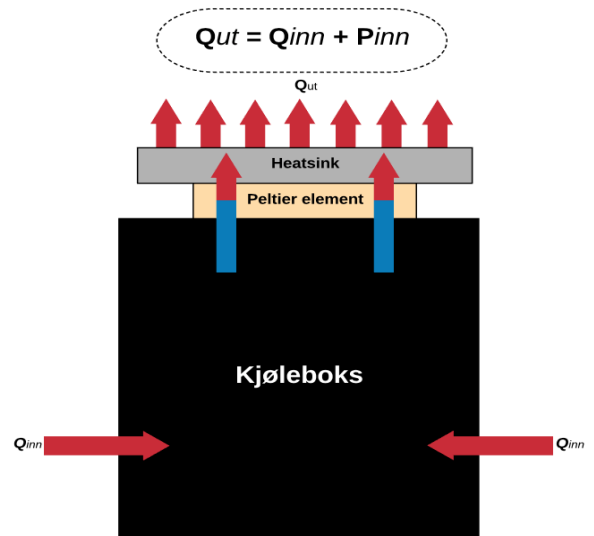
Figur 68 - Peltier krets

Det største problemet vi møter på med disse «thermocouple» modulene er deres termiske konduktivitet. Vi ønsker altså god elektrisk ledningsevne da det er dette som muliggjør bevegelse av elektroner fra den ene til den andre siden i kretsen, mens det er den termiske gradienten ΔT mellom de to sidene som forsøker å forflytte elektronene i utgangspunktet. Om der er god termisk konduktivitet vil det føre til å utligne temperaturgradienten, og dermed stoppe reaksjonen EMF. Det samme skjer i Peltier prinsippet CEMF (Counter Electromotive Force) der god termisk konduktivitet vil forsøke å utligne temperatur gradienten vi forsøker å lage. Dette resultatet ser vi tydelig i en typisk ytelsesgraf for Peltier elementer:



Figur 69 - Effektkurve [28]

Effektiviteten til elementene synker drastisk etterhvert som vi nærmer oss yttergrensene i ΔT , da elementene bruker mer og mer effekt på å motvirke sin egen termiske konduktivitet. Jo mer effekt som må brukes for å motvirke ett økende termisk gjennomslag, jo mer varme utvikles i elementet. Dette fordi all energi som blir tilført elementet i form av strøm ender opp som varme, med andre ord blir det altså mye varmere på varm side enn det blir kaldt på kald side. Dette fortsetter helt til vi når den teoretiske ΔT_{max} der den termiske konduktiviteten er like stort som den potensielle temperaturgradienten elementene er i stand til å produsere. Termisk konduktivitet er en funksjon av W/mK der watt øker med ΔT .



Figur 70 - Ilusterert de termiske funksjonene i kjøleboksen

I praksis vil dette si at Peltier elementene har to oppgaver; transportere varme «Q» [14] oppgitt i watt, og bygge opp en temperaturforskjell mellom de to sidene eller platene på elementet. Og som vi ser på grafen over er dette to eksklusive oppgaver som går på bekostning av hverandre. Mengden «Q» som skal transporteres i en gitt kjøleboks er ett resultat av mengde «Q» som lekker inn i boksen gjennom isolasjonsmaterialet. Om du for eksempel må transportere 30watt varme ut av en boks for å holde stabil temperatur inne i boksen vil du kun oppnå en ΔT på 18°C , selv ved full effekt.

Vi sier at ΔT_{max} er en teoretisk verdi, da den kun vil kunne oppnås i et rent adiabatisk system, altså i vakuum der det ikke vil kunne fjernes eller tilføres noe varme.

Det forskes i dag på halvleder materialer som har god elektrisk konduktivitet, men med lav termisk ledningsevne. Dette vil kunne revolusjonere Peltier elementene, og alt av kjølesystemer vi har i bruk i dag.

FORSØK

EFFEKTBEREGNING

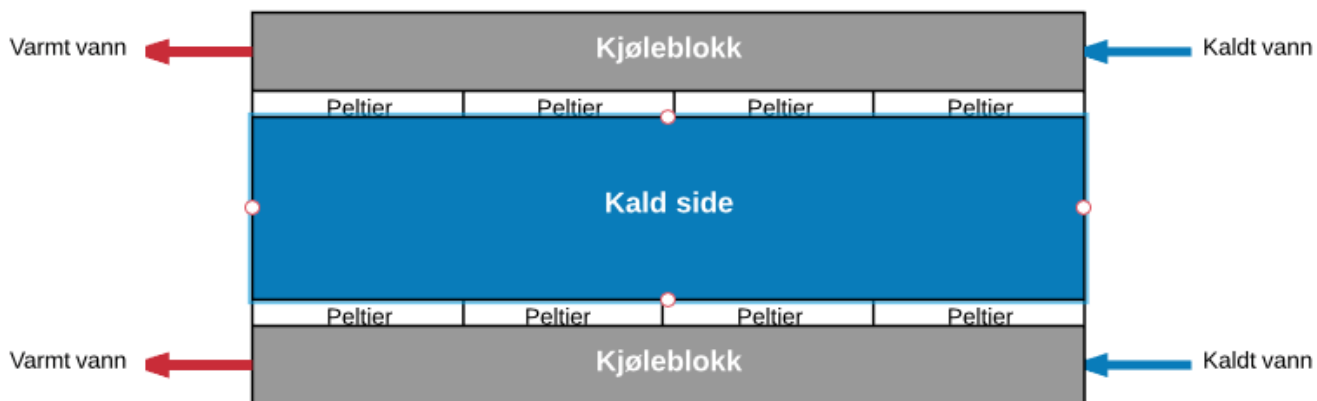
Rene effektberegninger ved bruk av Peltier elementer som kjølesystem var det første vi begynte med i dette forsøksstadiet. Vi startet med å koble opp elementer på forskjellige måter, for å se på generell virkemåte. Deretter ble test-boksen laget, og det første forsøket med fire TEC1-12706 elementer koblet i serie og med vannkjøling. Disse ble senere ombygget til åtte elementer, to elementer og tilslutt med ett TEC1-12715 element alene. Dette ble gjort for å bedre forstå virkemåte og begrensingene til Peltier elementene under drift, samt finne den mest effektive kombinasjonen av elementer. Med dette menes hvilket antall, og hvilken type elementer har det minste forbruket ved 4 grader. I samtlige av disse forsøkene ble det brukt vannkjøling, både i åpen og lukket konfigurasjon, for å etablere ett sammenlignbart grunnlag.



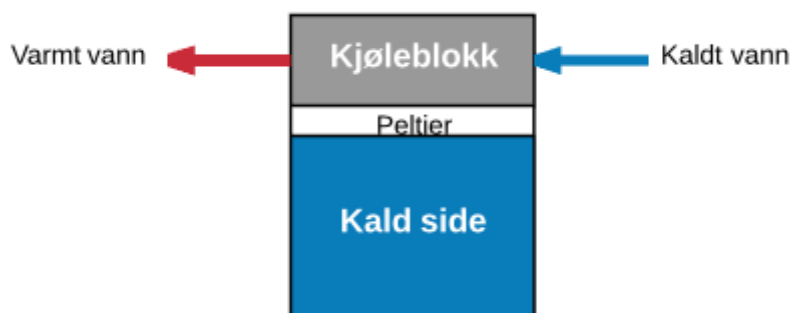
Figur 71 - Kjølesystem, 2x TEC1-12706, vann



Figur 72 - Kjølesystem, 4x TEC1-12706, vann



Figur 73 - 8x TEC1-12706 elementer seriekoblet i to grupper av 4 i parallell, vann



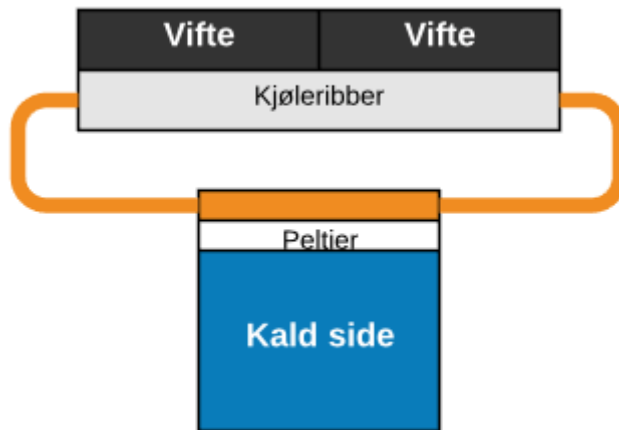
Figur 74 - Høyeffekt element av typen TEC1-12715, vann

VARME EVAKUERING

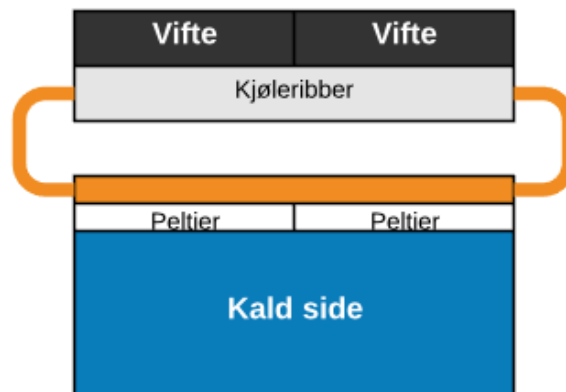
Disse forsøkene ble gjort for å se på alternativer til vannkjøling av Peltier elementenes varme side. Her ble det gjort ett forsøk med enkel luftkjølt varmeribbe, og to forsøk med noe som heter «heatpipes» [29].



Figur 75 - Et TEC1-12706 element og kjøle ribber av aluminium og vifter



Figur 76 - Et TEC1-12706 med heatpipe og vifter

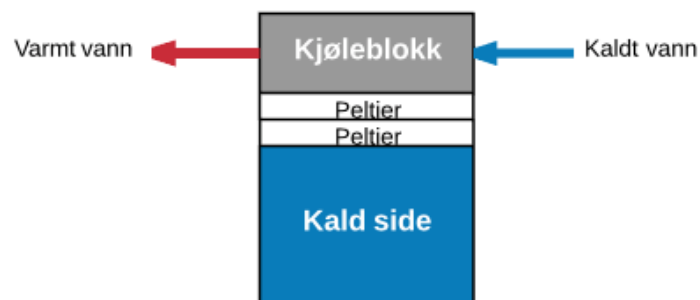


Figur 77 - 2x TEC-12706 med heatpipe, vifter og varmebro av kobber

Varmeribbene viste seg å ha en intern temperaturforskjell på 10 grader fra kjernen og ut til vingene av kjøleribben. Dette er svært uheldig da varmeavviklingen mot luften rundt blir hemmet, spesielt sett i forhold til «heatpipes» som viste seg å ha tilsvarende temperaturforskjell på i underkant av 2 grader. Dette medfører en svært effektiv varmeavvikling, i denne sammenheng også bedre enn vannkjøling.

KASKADE (STACKING)

Oppsett av Peltier elementer i kaskade var ett spennende forsøk på å øke den potensielle temperatur forskjellen mellom kald og varm side av elementene. Dette gjøres ved å termisk serie koble to og to elementer. Første forsøk bestod av to elementer i termisk serie. Andre forsøk var med åtte TEC1-12706 elementer termisk seriekoblete i fire stabler. Om du ser på ett kaskade oppsett som 2 separate elementer vil det virke som om de starter med en stor «Q» transport, med påfølgende reduksjon i potensiell ΔT , som igjen må legges sammen.



Figur 78 - Enkel stabel ved bruk av to TEC1-12706 elementer



Figur 79 - 8x TEC1-12706 i to seriekoblede serier à fire elementer, vann

Spenning V	Strøm A	Temp. ytre °C	Temp. vann °C	Temp. indre °C
24	16,31	20,5	33,9	-2,9
26	17,53	20,3	36,4	-2,6
28	18,73	20,5	38,8	-1,9

Tabell 146 - 8x TEC1-12706 Cascade. Her oppnådde vi laveste temperatur på -2.9 °C, ved ett effektforbruk på 391watt (12 volt, 16,31 ampere) og en kjølevannstemperatur på 33.9°C. Når effekter deretter ble satt opp resulterte dette i en stigende økning i vanntemperatur

Den store begrensningen i forsøket med åtte elementer var varmeavviklingen gjennom vannkjølingen. Radiatoren i dette systemet var ute av stand til å håndtere ett så stort effektforbruk, og vi ble tvunget til å kjøre ett åpent vannsystem med isvann. Med dette menes ett system der kjølevannet inn i og ut av ett stort åpent vannbasseng, der is blir tilført for å holde temperaturen nede.

Konklusjonen er at bruk av kaskade er en altfor kostbar økning av ΔT , der du først må doble antallet av elementer for så å tredoble antallet stabler for å kompensere for reduksjonen i Q_{max} . Altså sitter man igjen med en seksdobling av elementer og effektforbruk, for en økning i ΔT på 7%.

I ettertid har vi gjennomført forsøk med ett originalt kaskade element: TEC2-19709 med heatpipe kjøling, og en oppnådd lavest temperatur på 10,2 °C ved 10V og 5,71A.

KONKLUSJON

Det vi har funnet i disse testene er det ideelle oppsette av Peltier elementer i den preliminære test boksen, noe som sannsynligvis ikke vil samsvare med fremtidige funn i neste prototype. Samspillet mellom de ulike faktorene derimot vil forbli det samme, og har dannet ett grunnlag for videre utvikling av systemet.

Vannkjøling ble brukt på de aller fleste av forsøkene, noe som viste seg å være mindre kapable enn «heatpipes» på dette med varmeavvikling fra varm side. I forsøkene med fire eller færre elementer har ikke dette noen stor påvirkning, da resultatene kan nedskaleres med positivt utfall. På forsøkene med åtte elementer, både som enkeltstående element og kaskade oppsett, erfarte vi store problemer med varmeoppbygning i vannsystemet, som igjen førte til sviktende funksjon i elementene. I disse testene var det en så stor varmeutvikling at maksimal kontinuerlig effekt endte på cirka 420watt.

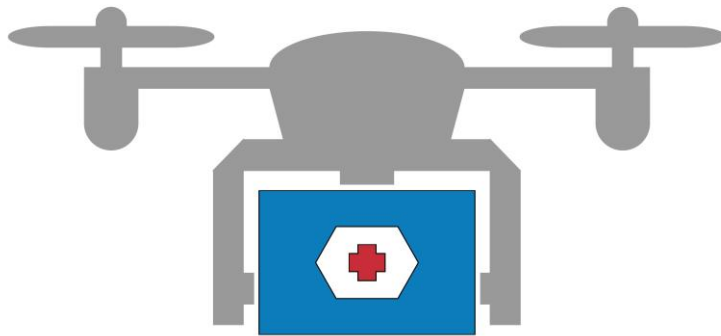
En annen viktig observasjon er hvordan man kjører oppstart fasen, altså hvilken spenning/effekt elementene bør kjøres på når boksen innvendig er varm og skal kjøles ned. Dette var uventet da maks effekt rent intuitivt burde ha hatt størst virkning. Årsaken til dette er at indre temperatur er høy som gir mye «Q» som skal transporteres ut. Dette er mer enn hva du vil ha i en driftssituasjon der den eneste «Q» som skal ut av boksen er «lekkasjen» gjennom isolasjonen. Denne «Q» effekten kombinert med effekten «P» som kjøres inn i Peltier elementene, leder til en høyere temperatur på varm side av Peltier elementene, som igjen leder til mindre kostnadseffektiv bruk av energi fra batteriene. Her vil behovet for en intelligent styringsmodul bli viktig. Muligheten for enkel og nøyaktig regulering av temperatur er også oppnådd ved bruk av Peltier elementer, i motsetning til ett kompressor basert system.



tecBAT / Gruppe 11

FINITE ELEMENT METHOD ANALYSE

ANALYSE AV KJØLEBOKS FOR MATERIALVALG



VERSJONSHISTORIKK

Dato	Versjon	Kommentar	Av	Godkjent av
20.04.17	0.1	Opprettet dokument	FR	
30.04.17	1.0	Ferdigstilling av versjon 1.0	FR	NT
23.05.17	2.0	Ferdigstilling av versjon 2.0	FR	TS

FORKORTELSER

Forkortelse	Beskrivelse
SW	Solid Works
SWS	Solid Works Simulation
FEM	Finite Element Method
DAK	Dataassistert konstruksjon

ABSTRAKT

Dette dokumentet vil beskrive begrunnelsen for valg av konstruksjonsmaterialet til kjøleboksens ytre- og indre boks. Dokumentet redegjør for tre statiske simuleringer av tre pre definerte materialer som utgjør en Finite Element Method (FEM) rapport. FEM er en effektiv metode for å kunne analysere enkle så vel som kompliserte produkter og strukturer ved å lage en tilnærmet modell av strukturen av mange små biter [30]. Disse bitene kalles elementer og hvert enkelt element har sine enkle ligninger som beskriver hvordan elementet oppfører seg når det blir utsatt for belastninger.

Statiske analyser simulert i DAK (dataassistert konstruksjon) programmer kan være nyttig å bruke i en design fase. Programmer av denne typen kan gi løsninger på et eller flere problemer om man vet å bruke programmene riktig.


INNHOILDSFORTEGNEISE

ABSTRAKT	213
FIGURLISTE	216
TABELL LISTE.....	218
FORMELLISTE.....	218
INNLEDNING	219
PRE SIMULERING.....	220
PUGH MATRISE	220
DESIGN	222
HOVED DESIGN	222
FORENKLET DESIGN.....	222
3D SAMMENSTILLING	223
2D TEGNINGER AV FORENKLET MODELL	224
YTRE BOKS.....	224
ISOLASJONS BOKS	225
INDRE BOKS.....	226
SIMULERINGER	227
SCENARIO.....	227
LASTER.....	227
LÅSINGER	228
SANDWICH KONSTRUKSJON.....	228
MESH.....	229
	214

KONTAKT SETT	230
KARBON FIBER-EPOXY KOMPOSITT	231
RESULTATER	232
SPENNINGER.....	232
DEFORMASJON.....	234
DEFORMASJON I Y-RETNING	234
DEFORMASJON I X-RETNING	234
KONKLUSJON	235
ALUMINIUM 6061-T6	236
RESULTATER	237
OPTIMALISERING	237
SPENNINGER.....	238
DEFORMASJON.....	240
DEFORMASJON I Y-RETNING	240
DEFORMASJON I X-RETNING:	240
KONKLUSJON	241
E-GLASSFIBER-EPOXY KOMPOSITT	242
RESULTATER	243
SPENNINGER.....	243
DEFORMASJONER	245
DEFORMASJON I Y-RETNING	245
DEFORMASJON I X-RETNING:	245
KONKLUSJON	246

FIGURLISTE

Figur 1 - Preliminært design av kjøleboks	222
Figur 2 - Isometrisk visning av forenklet 3D modell.....	223
Figur 3 - 2D tegning av ytterboks	224
Figur 4 - 2D tegning av isolasjons boks.....	225
Figur 5 - 2D tegning av indre boks	226
Figur 6 - Visualisering av last	227
Figur 7 - Visualisering av låsinger	228
Figur 8 - Visualisering av mesh	229
Figur 9 - Tversnitt av kjøleboks.....	230
Figur 10 - Karbon-epoxy kompositt sammenstilling	231
Figur 11 - Spennings resultater i ytre boks	232
Figur 12 - Spennings resultater i indre boks	233
Figur 13 - Diagonal måling av bunnflate	233
Figur 14 - Deformasjon i Y-retning	234
Figur 15 - Deformasjon i X-retning	234
Figur 16 - Aluminium 6061-T6 sammenstilling	236
Figur 17 - Spennings resultater i ytre boks	238
Figur 18 - Spennings resultater i indre boks	239
Figur 19 - Diagonal måling av bunn flate	239
Figur 20 - Deformasjon i Y-retning	240
Figur 21 - Deformasjon i X-retning	240



Figur 22 - E-glassfiber-epoxy kompositt sammenstilling	242
Figur 23 - Spennings resultater i ytre boks	243
Figur 24 - Spennings resultater i indre boks	244
Figur 25 - Diagonalt plot av bunn flate	245
Figur 26 - Deformasjon i Y-retning	245
Figur 27 - Deformasjon i X-retning	245



TABELL LISTE

Tabell 1 - Pugh matrise	221
Tabell 2 - Mesh parameter tabell	229
Tabell 3 - Meshets oppbygning.....	229
Tabell 4 - Kontaktsett tabell.....	230
Tabell 5 - Karbonfiber-epoxy kompositt material egenskaper	231
Tabell 6 - Aluminium 6061-T6 materialegenskaper.....	236
Tabell 7 - Optimaliserings tabell.....	237
Tabell 8 - E-glassfiber-epoxy kompositt material egenskaper.....	243

FORMELLISTE

Formel 1 - Beregningskriterier for spesifikk styrke.....	220
Formel 2 - Kraft beregning	227
Formel 3 - Beregningskriterier for jevnføringsspenning	232

INNLEDNING

For å kunne beslutte ett materialvalg til konstruksjonen av kjøleboksens bærende struktur var det nødvendig å foreta statiske simuleringer av en 3D modell. En simulering gir resultater som kan benyttes som en indeksverdi i en videre design fase. Indeksverdien er en tilnærming til realiteten og må vurderes med forsiktighet. Gjennom FEM analyser kan man inkludere eller utelukke alternativer man har for hånd.

Designet på dette tidspunkt er kun modellert i DAK programmet Fusion 360, men grunnet tekniske begrensninger i Fusion 360 ble alle relevante deler modellert på nytt i DAK programmet Solid Works (SW) og satt sammen til en sammenstilling som skal belastes med en last gjennom statiske simuleringer. De statiske simuleringene er utført i Solid Works Simulation (SWS) [30].

Sammenstillingen som skal analyseres består av tre deler; kjøleboksens ytre- og indre skall samt isolasjonsmaterialet som ligger i mellom skallene. Isolasjonsmaterialet er, på forhånd av denne simuleringen, bestemt gjennom termiske analyser (se Isolasjons rapport) til å konstrueres av Polyuretan skum og vil benyttes som isolasjonsmateriale i de tre statiske simuleringene.

Målet med simuleringen er å redegjøre for hvordan de forskjellige materialene oppfører seg ved statiske belastninger.

PRE SIMULERING

Før simulering var det seks materialer som kunne være hensiktsmessig å benytte, for å minimere antall simuleringer ble en pugh matrise (Tabell 147) opprettet for å kunne eliminere tre alternativer.

PUGH MATRISE

Pugh matrisen benytter fire evalueringskriterier:

- 1) **Spesifikk styrke:** Spesifikk styrke er forholdet mellom styrke og vekt til et materiale og defineres som:

$$\frac{\text{Strekfasthet (MPa)}}{\text{Tetthet (gram/cm}^3\text{)}}$$

Formel 3 - Beregningskriterier for spesifikk styrke

- 2) **Vekt:** Kjøleboksen har, fra krav DR-P1-A, begrensings kriterier i forhold til vekt. Dette kravet er viktig å imøtekomme dersom vekt kravet skal godkjennes.
- 3) **Kostnad:** Kostnads kriteriet er definert som material kostnad pluss tilvirknings kostnader. Alle materialer har en estimert produksjons kostnad.
- 4) **Levetid:** Med levetid menes materialets utmattings grense og bestandighet mot UV stråling.

Hvert kriteria ble prioritert fra 1-5, hvor 1 er av lav prioritet og 5 er av høy prioritet. Deretter blir hvert material rangert med hensyn på evalueringskriteriet, rangeringen går fra 1-5. Materialets rangering blir deretter multiplisert med prioriteten og utgjør en score. Materialets totale score er summen av alle scorer.

Evalueringskriterier	Prioritet	Materialtyper					
		E-Glassfiber		Aluminium 6061-T6		Karbon-epoxy kompositt	
		Rating	Score	Rating	Score	Rating	Score
Spesifikk styrke	4	5	20	3	12	4	16
Vekt	5	3	15	3	15	4	20
Kostnad	3	3	9	4	12	2	6
Levetid	3	4	12	3	9	5	15
Totalt			56		48		57
	Prioritet	Titan Beta C		Nylon		Polypropylen	
Spesifikk styrke	4	2	8	1	4	1	4
Vekt	5	1	5	4	20	5	25
Kostnad	3	2	6	5	15	5	15
Levetid	3	5	15	2	6	1	3
Totalt			34		45		47

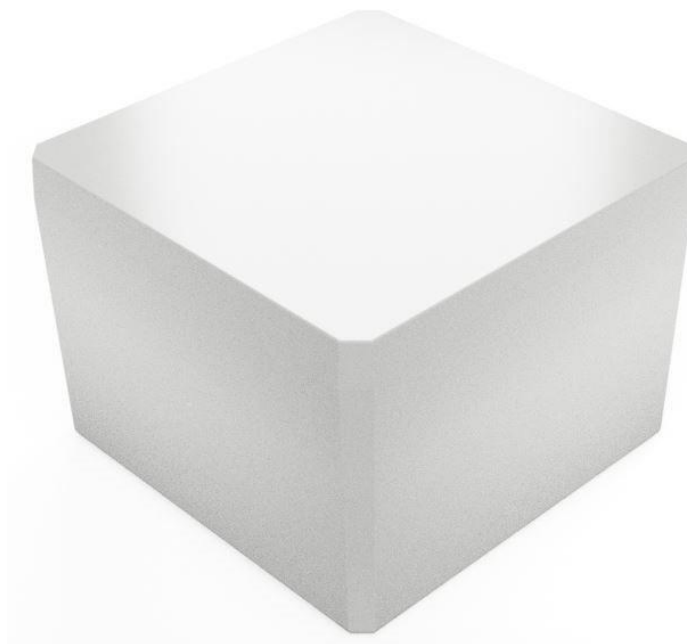
Tabell 147 - Pugh matrise

Med bakgrunn i matrisens resultat vil E-glassfiber, aluminium 6061-T6 og karbon-epoxy kompositt benyttes som materiale i simuleringene. For hver simulering er det ønskelig å konstruere modeller med en vekt > 2000 gram.

DESIGN

HOVED DESIGN

En simulering i SWS kan være tidkrevende. Kjøleboksens design er av relativt enkel geometri men kan forenkles betraktelig for å redusere simulasjonstid [31].



Figur 80 – Preliminært design av kjøleboks

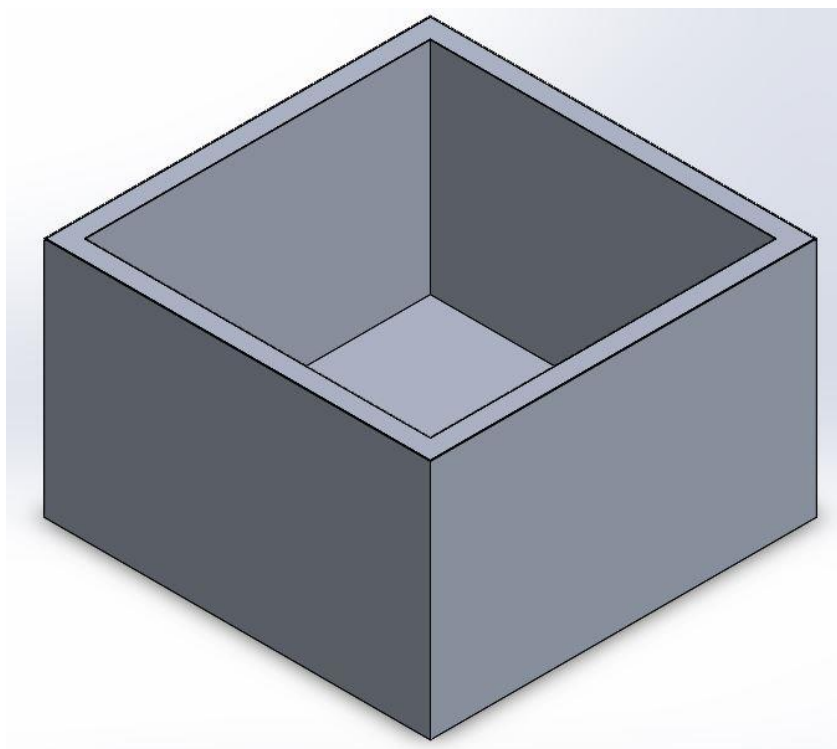
FORENKLET DESIGN

Det forenklete designet består av tre deler som utgjør en sammenstilling. Delene som inngår i sammenstillingen er:

- 1) Ytre boks
- 2) Isolasjons boks
- 3) Indre boks

Isolasjon boksen vil ha konstant godstykkelse ved alle tre simuleringer (Figur 83). Ytter boks (Figur 82) og indre boks (Figur 84) vil ha ulik godstykkelse for hver simulering. Lokket, krumninger og slipp vinkel lik 3 grader er neglisjert.

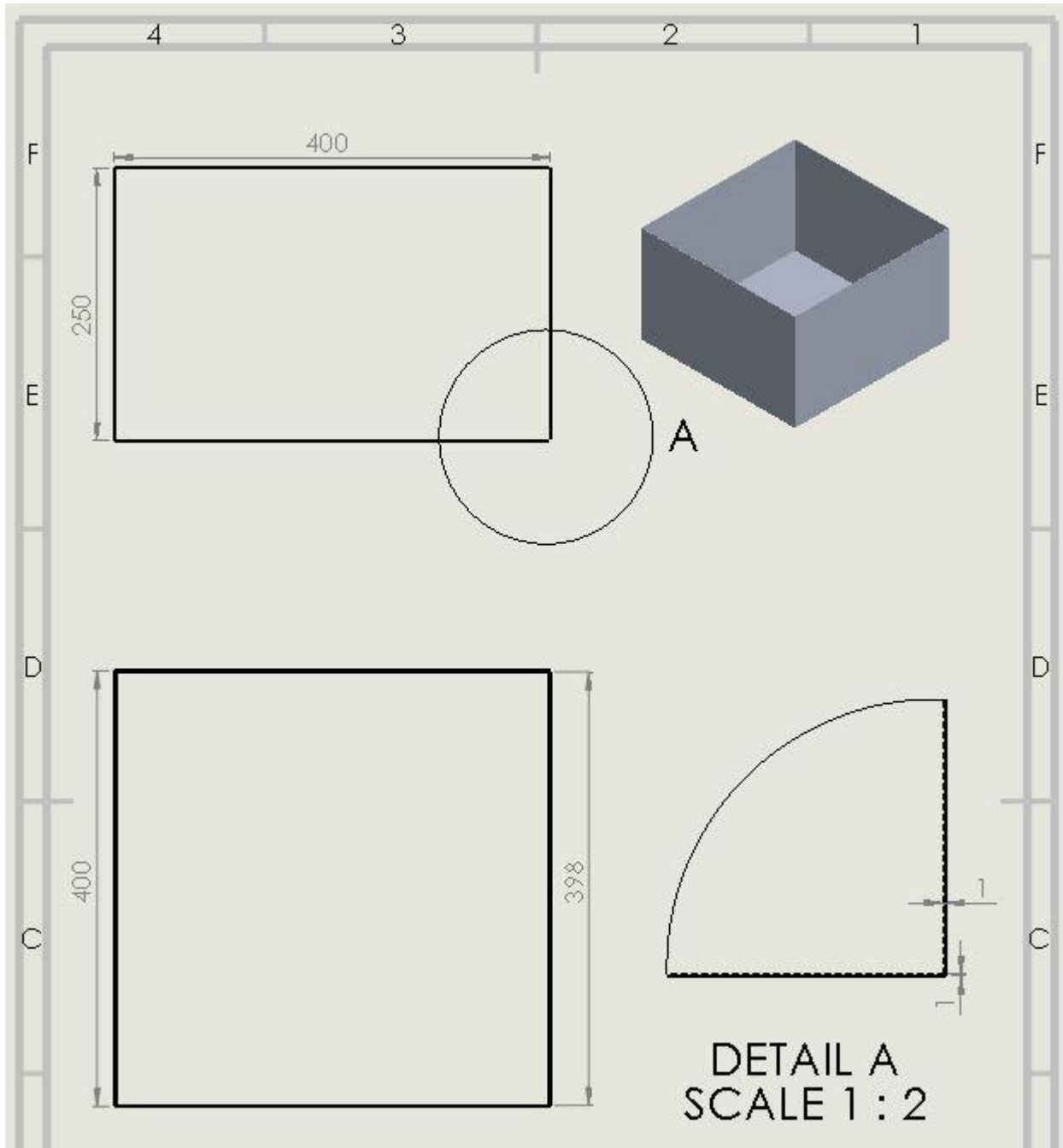
3D SAMMENSTILLING



Figur 81 - Isometrisk visning av forenklet 3D modell

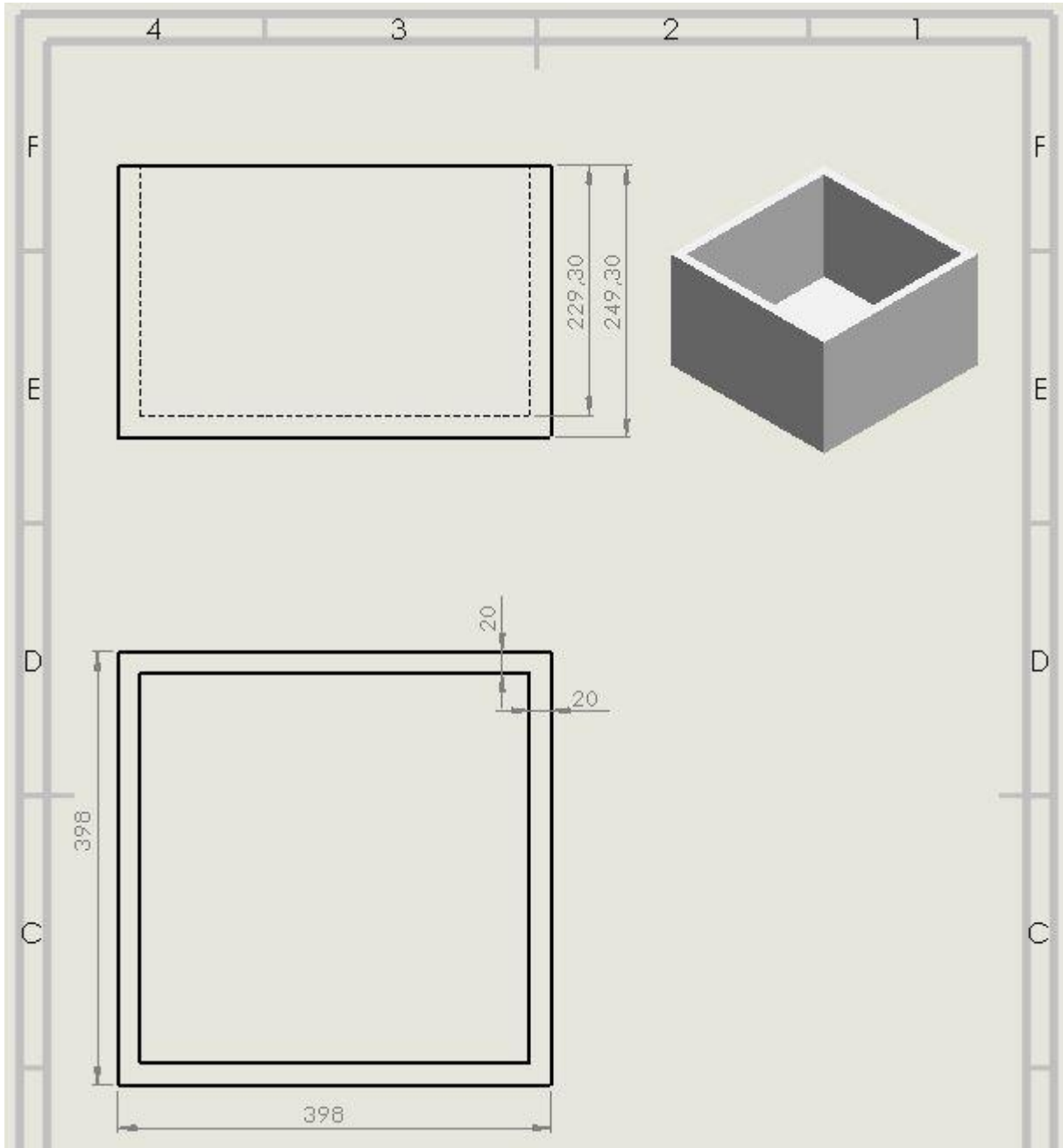
2D TEGNINGER AV FORENKLET MODELL

YTRE BOKS



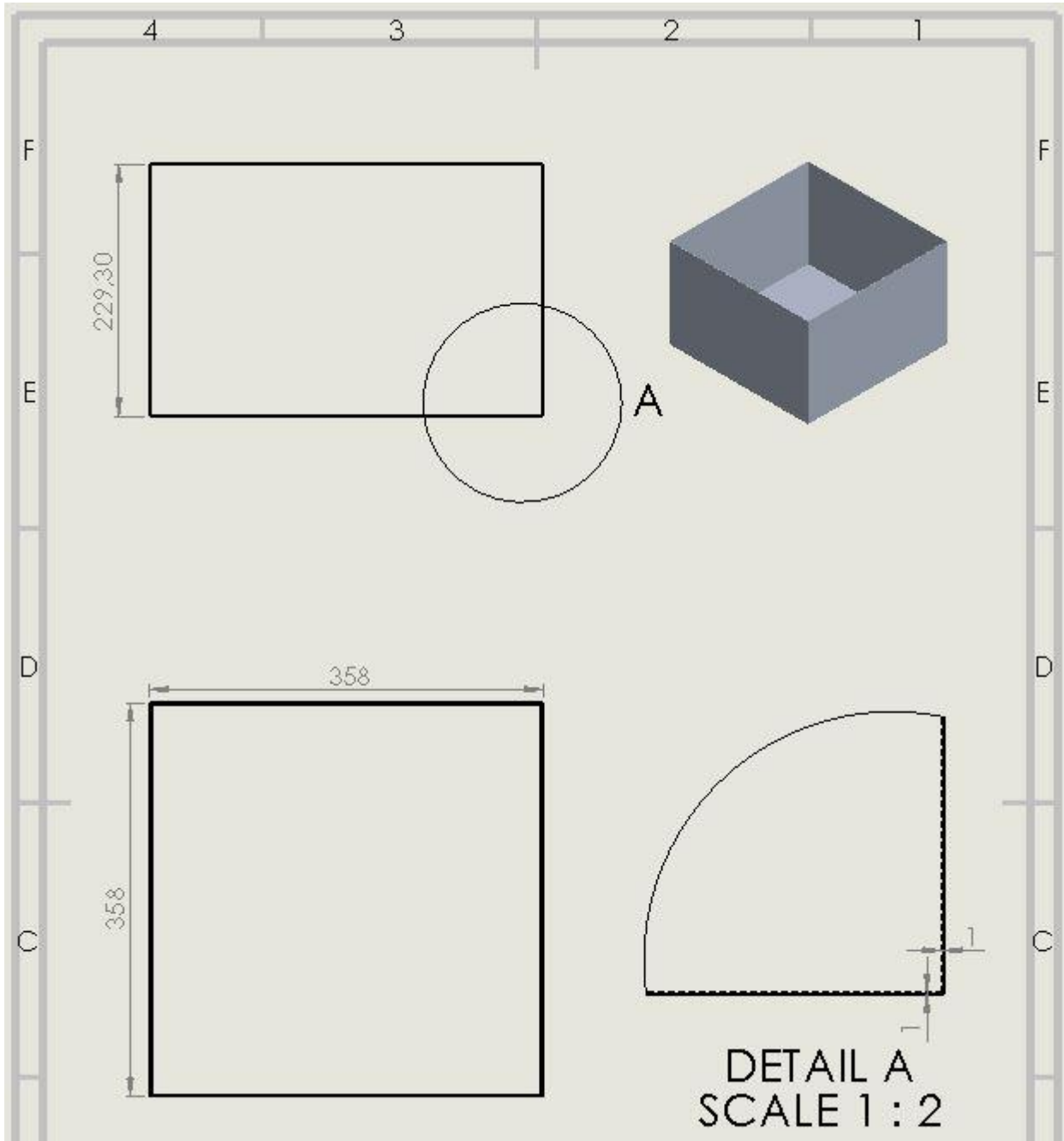
Figur 82 - 2D tegning av ytre boks

ISOLASJONS BOKS



Figur 83 - 2D tegning av isolasjons boks

INDRE BOKS



Figur 84 - 2D tegning av indre boks

SIMULERINGER

SCENARIO

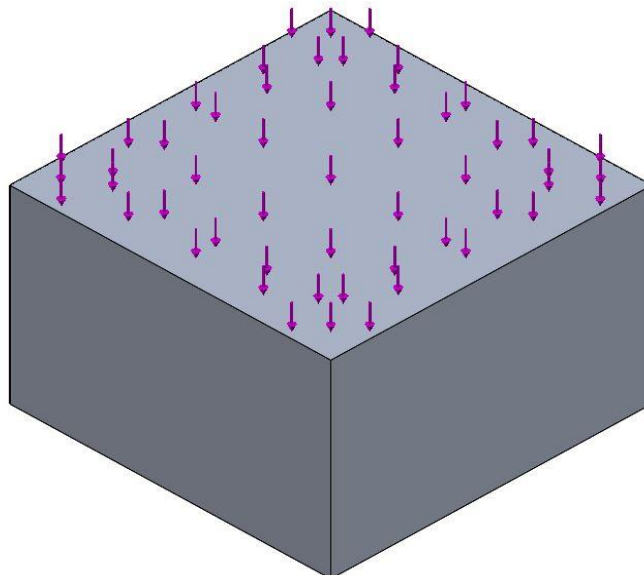
For å kunne tilegne seg relevant data fra en simulasjon er det fordelaktig og laste produktet/konstruksjonen med en last som tilsvarer en reell situasjon. For de tre simuleringene er det tenkt at kjøleboksen ligger på et plant gulv med bunnen opp. Lasten tilsvarer en voksen mann, med vekt 100 kg, som står på boksen med sin kraft.

LASTER

Oppsettet for laster er gjennomgående for alle de tre simuleringene. Boksen er lastet med en uniform last som virker normalt på bunn flaten.

$$F = 100 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 981 \text{ N} \approx 1000 \text{ N}$$

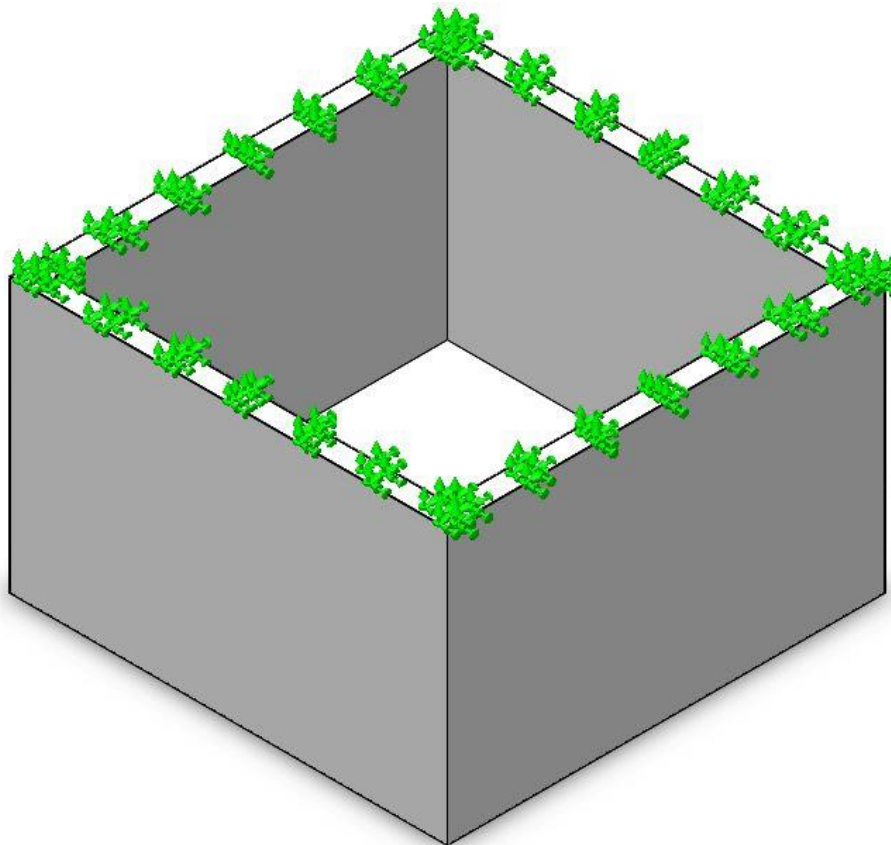
Formel 4 - Kraft beregning



Figur 85 - Visualisering av last

LÅSINGER

Oppsettet for låsinger er gjennomgående for alle de tre simuleringene. Boksen er låst i X, Y og Z retning med «fixed geometry» (Figur 86). Dette betyr at kjøleboksen ikke vil bevege seg ved påført last.



Figur 86 - Visualisering av låsinger

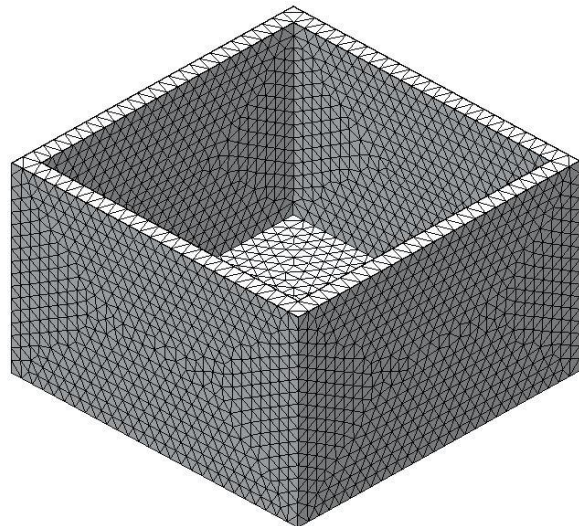
SANDWICH KONSTRUKSJON

Boksen konstrueres som en «sandwich» konstruksjon. En konstruksjon av denne typen består av to tynne lag av kompositt som omringer en kjerne (Figur 88). «Sandwich» konstruksjoner blir svært rigide selv om de består av tynne kompositt profiler med relativt stor elastisk deformasjon.

MESH

Mesh parameterne for modellen er gjennomgående for alle de tre simuleringene (Tabell 148). Her benyttes alternativet «blended curvature-based mesh». Dette alternativet baseres på algoritmer som gir et overflate-mesh av høy kvalitet (Figur 8).

Mesh parameter	
Maksimum element størrelse	12 mm
Minimum element størrelse	10 mm
Antall elementer i en sirkel	8
Element størrelses vekst rate	1.5
Jacobian punkter	4



Tabell 148 - Mesh parameter tabell

Figur 87 - Visualisering av mesh

Meshet genereres ut fra de forhåndsinnstilte parameterne og bygger opp modellen av noder og elementer (Tabell 149).

Generert mesh	
Antall frihetsgrader	274 995
Antall noder	93 093
Antall elementer	61 609

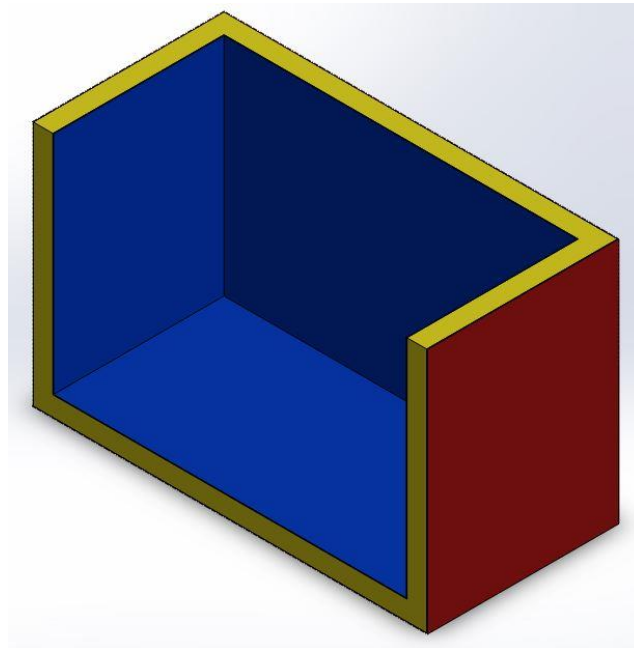
Tabell 149 - Meshets oppbygning

KONTAKT SETT

Globalt er geometrisk kontakt satt til «bonded» og gjelder for hele modellen dersom ikke annet er satt. Under analysen vil det simuleres at komponenter/flater i kontakt med hverandre oppfører seg som om de skulle vært sveiset/limt sammen.

Kontakt sett	
Global kontakt	Sveiset/limt
Kontakt sett 1	Ingen penetrasjon
Kontakt sett 2	Ingen penetrasjon

Tabell 150 - Kontaktsett tabell

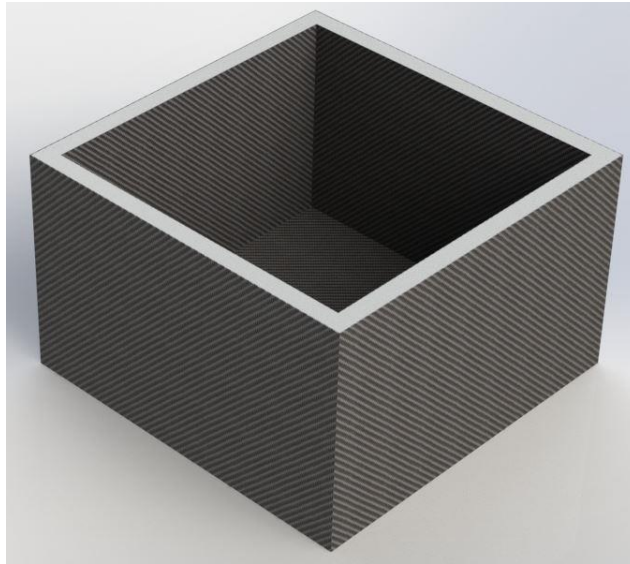


Figur 88 - Tversnitt av kjøleboks.

Indre boks: blå. Isolasjon: gul. Ytre boks: rød

Kontaktsett 1 er definert til å være kontakten mellom den indre boksen og isolasjon boksen og gjelder kun for de horisontale flatene. Kontaktsett 2 er definert til å være kontakten mellom isolasjon boksen og ytterboksen og gjelder kun for de horisontale flatene (Figur 88).

KARBON FIBER-EPOXY KOMPOSITT



Figur 89 - Karbon-epoxy kompositt sammenstilling

SW har ingen konkrete data ift materialegenskaper for karbonfiber-epoxy kompositter, parameterne (Tabell 151) i denne simuleringen er hentet fra data tilegnet i kompositt faget. Karbonfiber-epoxy kompositter kan skreddersys etter ønskede egenskaper, SW har av den grunn ikke definerte materialegenskaper for materialet.

Property	Value	Units
Elastic Modulus	40000	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.26	N/A
Shear Modulus	4500	N/mm ²
Mass Density	1900	kg/m ³
Tensile Strength	1060	N/mm ²
Compressive Strength	600	N/mm ²
Yield Strength	270	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient		/K

Tabell 151 - Karbonfiber-epoxy kompositt material egenskaper

RESULTATER

Analysen gir resultater i form av spenningskonsentrasjoner og deformasjon. Godstykkelsen til den ytre- og indre boksen er 0.7 mm.

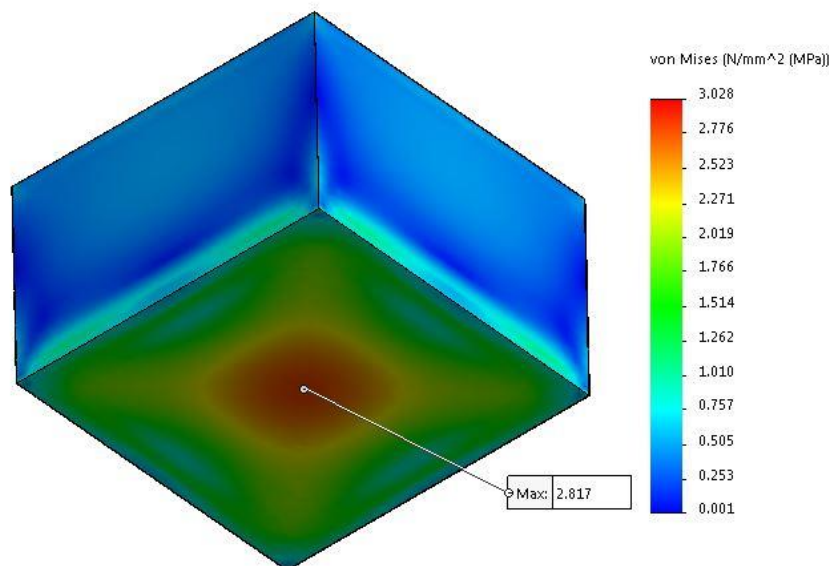
SPENNINGER

De statiske stressresultatene er i henhold til antagelsene. For ytterboksen ser man av resultatene at de høyeste spenningene er lokalisert i senter av boksens bunnflate. Den største opptredende spenningen i ytterboksen forekommer i senter og er uttrykt som en von Mises spenning lik 2.817 MPa (Figur 90). Von Mises kriteriet er et resultat av jevnføringsspenningen [1]:

$$\sigma_j = \frac{\sigma_f}{n} \text{ hvor } \sigma_j = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2}$$

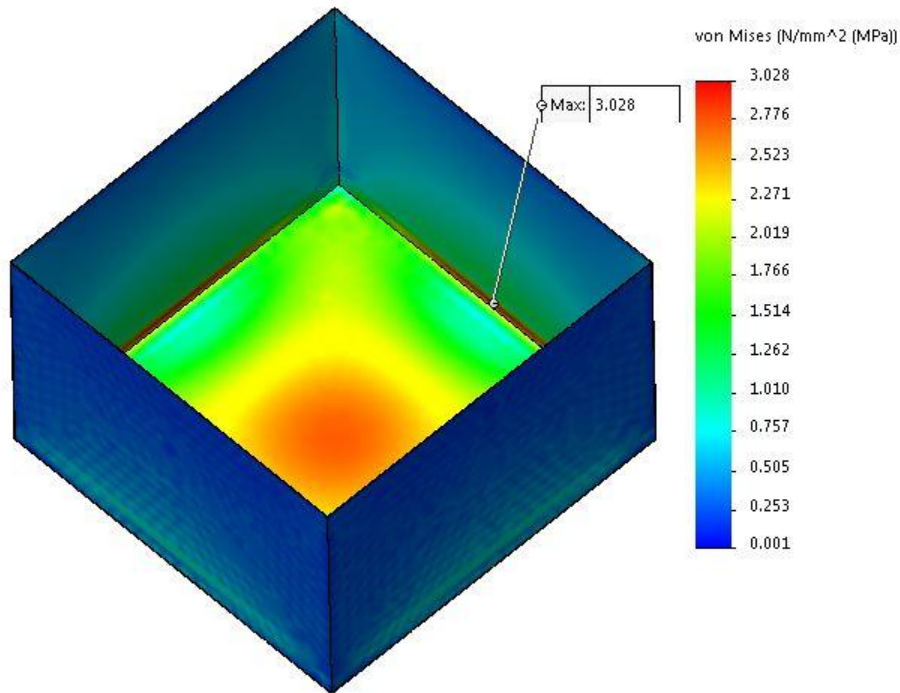
Formel 5 - Beregningskriterier for jevnføringsspenning

Og er et resultat av stress spenninger i X-, Y- og Z-retning samt skjærspenninger i X-Y -, X-Z – og Y-Z – retning.



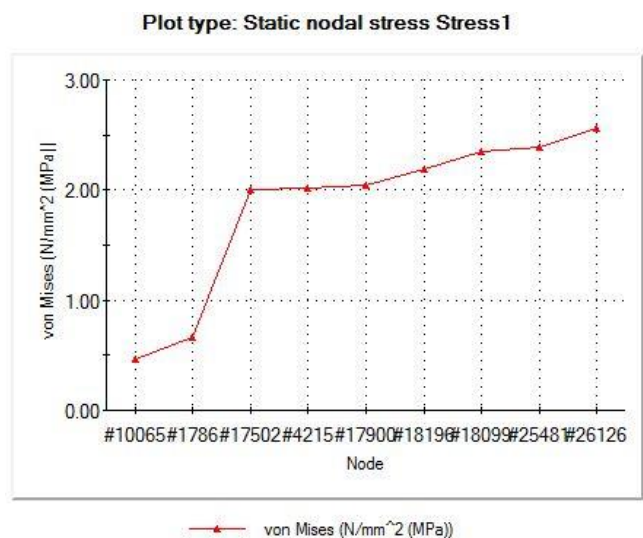
Figur 90 - Spenningsresultater i ytre boks. Maks spenning er lik 2.817 MPa

De største opptredende spenningene er lokalisert i side flatene i den indre boksen (Figur 91), her opptrer spenningene i overgangen mellom side flatene og bunn flaten. Spenningen tilsvarer en kraft lik 3.028 MPa.



Figur 91 - Spennings resultater i indre boks

Plottet (Figur 92) viser en økning i spennings konsentrasjoner og er et resultat av målinger gjort på innerboksens bunnflate. Målingene er gjort diagonalt på flaten, fra innerboksens hjørne til flatens senter. De opptredende spenningene i node nummer 10065 er spenningene som opptrer i hjørnet. Node nummer 26126 er spenningene lokalisert i flatens senter.



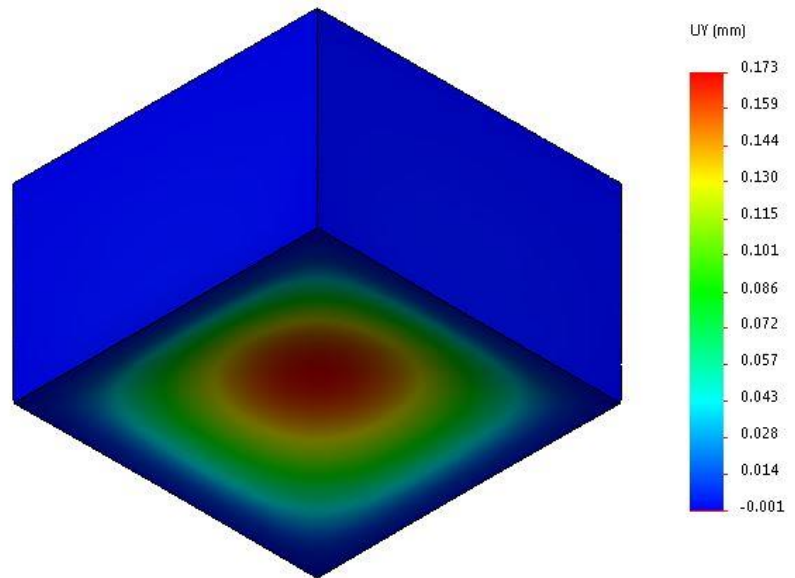
Figur 92 - Diagonal måling av bunnflate

DEFORMASJON

DEFORMASJON I Y-RETNING

På grunn av den påførte lasten i Y-retning oppstår det deformasjon i boksen. Denne deformasjonen er elastisk og resulterer i en forskyvning av kjøleboksens bunnflate med 0.173 mm (

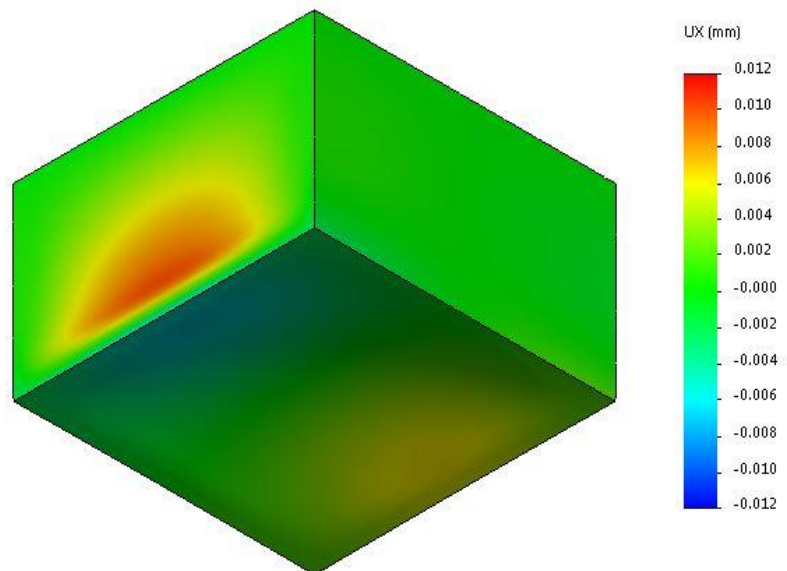
Figur 93) i Y-retning. Deformasjonen er lik for alle delene i simuleringen.



Figur 93 - Deformasjon i Y-retning

DEFORMASJON I X-RETNING

Deformasjonen i X-retning tilsvarer en forskyvning på 0.012 mm (Figur 94). Denne deformasjonen er elastisk og opptrer i de to parallelle side flatene. Deformasjonen er lik for alle delene i simuleringen.



Figur 94 - Deformasjon i X-retning

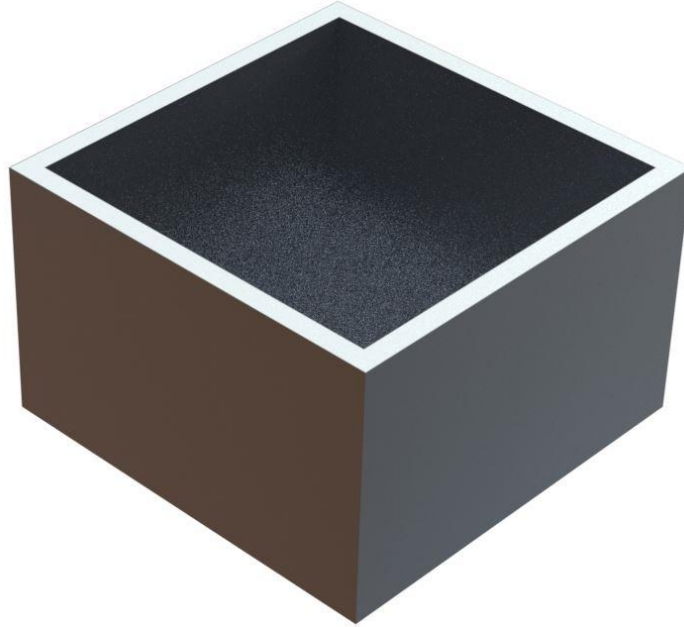
KONKLUSJON

Analysen av karbonfiber-epoxy kompositten ga resultater i henhold til antagelsene om at materialet ikke plastisk deformeres. Karbonfiber-epoxy kompositten har en fasthetsgrense (270 MPa) langt høyere enn de største opptredende kreftene som er; 3,028 MPa.

Materialet i seg selv deformeres elastisk, både i X- og i Y-retning. Denne deformasjonen er av betydning for polyuretan boksen som ligger mellom de to boksene. Den største deformasjonen forekommer i senter av boksens bunn flate, denne deformasjonen er av så lav størrelse at man kan konkludere med at polyuretan boksen ikke vil plastisk deformeres ved gitt belastning.

Karbonfiber-epoxy kompositten har mange fordeler. Den kan blant annet skreddersys etter ønske i henhold til fiberretning, antall lag med fiber, mengde epoxy. Kompositten har også et høyt styrke/vekt forhold. På bakgrunn av resultatene i de tre simuleringene er det fordelaktig å benytte karbonfiber-epoxy kompositt som konstruksjons materiale for kjøleboksen.

ALUMINIUM 6061-T6



Figur 95 - Aluminium 6061-T6 sammenstilling

Aluminium 6061-T6 legeringen er et velkjent materiale i produksjons/konstruksjons sammenheng og har et stort bruksområde. Prosjektgruppen benytter SW bibliotekets materialegenskaper for denne legeringen.

Property	Value	Units
Elastic Modulus	6.900000067e+010	N/m ²
Poisson's Ratio	0.33	N/A
Shear Modulus	2.600000013e+010	N/m ²
Mass Density	2700	kg/m ³
Tensile Strength	310000002.1	N/m ²
Compressive Strength		N/m ²
Yield Strength	275000000.9	N/m ²
Thermal Expansion Coefficient	2.4e-005	/K
Thermal Conductivity	166.9	W/(m·K)

Tabell 152 - Aluminium 6061-T6 materialegenskaper

RESULTATER

Analysen gir resultater i form av spenningskonsentrasjoner, deformasjon og en optimaliseringsprosess. Godstykkelsen for den ytre- og indre boksen er satt til 2 mm og er satt som en referanse verdi for optimaliseringsprosessen. Kjøleboksens vekt ved denne godstykkelsen er 4751.16 gram, denne vekten er 2,38 ganger høyere enn hva som er ønskelig ved denne simuleringen. Det er derfor ønskelig å simulere en konstruksjon hvor både ønsket vekt samt styrke er ivarettatt.

OPTIMALISERING

Optimaliseringsprosessen er en funksjon i SWS. Funksjonen simulerer et antall scenarier med hensyn til definerte parametere og gir resultater deretter. Optimaliseringsprosessen simulerte i dette tilfellet 25 forskjellige scenarier. Minste tillatte målet for godstykkelse der deformasjon forekommer som elastisk deformasjon er 0.5 mm, dette målet gjelder for ytre- og indre boks.

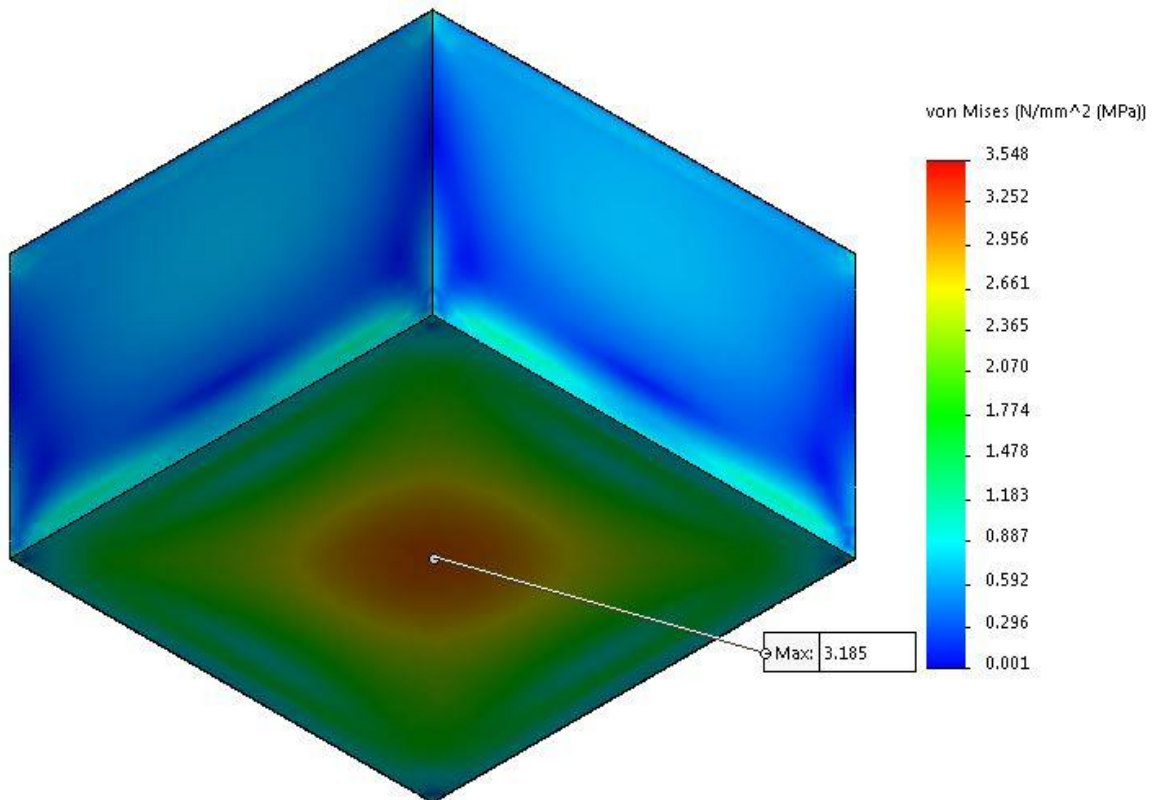
Parametere	Senario 1	Senario 2	Senario 3	Senario 4	Senario 5
Tykkelse ytre boks	0.5mm	0.75mm	1mm	1.25mm	1.5mm
Tykkelse indre boks	0.5mm	0.5mm	0.5mm	0.5mm	0.5mm
Von Mises spenninger	3.9069 N/mm ²	3.8484 N/mm ²	3.8652 N/mm ²	3.8513 N/mm ²	3.7803 N/mm ²
Minimere masse	1850.71 g	2117.27 g	2383.49 g	2649.38 g	2914.93 g
	Senario 6	Senario 7	Senario 8	Senario 9	Senario 10
Tykkelse ytre boks	0.5mm	0.75mm	1mm	1.25mm	1.5mm
Tykkelse indre boks	0.75mm	0.75mm	0.75mm	0.75mm	0.75mm
Von Mises spenninger	4.3386 N/mm ²	4.3091 N/mm ²	4.277 N/mm ²	4.2569 N/mm ²	4.1971 N/mm ²
Minimere masse	2071.52 g	2337.77 g	2603.69 g	2869.27 g	3134.51 g
	Senario 11	Senario 12	Senario 13	Senario 14	Senario 15
Tykkelse ytre boks	1mm	0.75mm	1mm	1.25mm	1.5mm
Tykkelse indre boks	1mm	1mm	1mm	1mm	1mm
Von Mises spenninger	4.4169 N/mm ²	4.4138 N/mm ²	4.4169 N/mm ²	4.3715 N/mm ²	4.302 N/mm ²
Minimere masse	2823.57 g	2557.97 g	2823.57 g	3088.84 g	3353.78 g
	Senario 16	Senario 17	Senario 18	Senario 19	Senario 20
Tykkelse ytre boks	0.5mm	0.75mm	1mm	1.25mm	1.5mm
Tykkelse indre boks	1.25mm	1.25mm	1.25mm	1.25mm	1.25mm
Von Mises spenninger	4.456 N/mm ²	4.3396 N/mm ²	4.3189 N/mm ²	4.243 N/mm ²	4.2635 N/mm ²
Minimere masse	2512.22 g	2777.85 g	3043.15 g	3308.11 g	3572.74 g
	Senario 21	Senario 22	Senario 23	Senario 24	Senario 25
Tykkelse ytre boks	0.5mm	0.75mm	1mm	1.25mm	1.5mm
Tykkelse indre boks	1.5mm	1.5mm	1.5mm	1.5mm	1.5mm
Von Mises spenninger	4.1678 N/mm ²	4.1525 N/mm ²	4.1401 N/mm ²	4.1236 N/mm ²	6.1558 N/mm ²
Minimere masse	2732.1 g	2997.43 g	3262.41 g	3527.07 g	3791.39 g

Tabell 153 - Optimaliserings tabell

Av tabellen kan det sees at kun et av senarioene overholdt ønsket om en vekt under 2000 gram. Senario 1 har en vekt lik 1850,71 gram. Det er av denne simuleringen, senario 1, resultatene fremlagt relateres til.

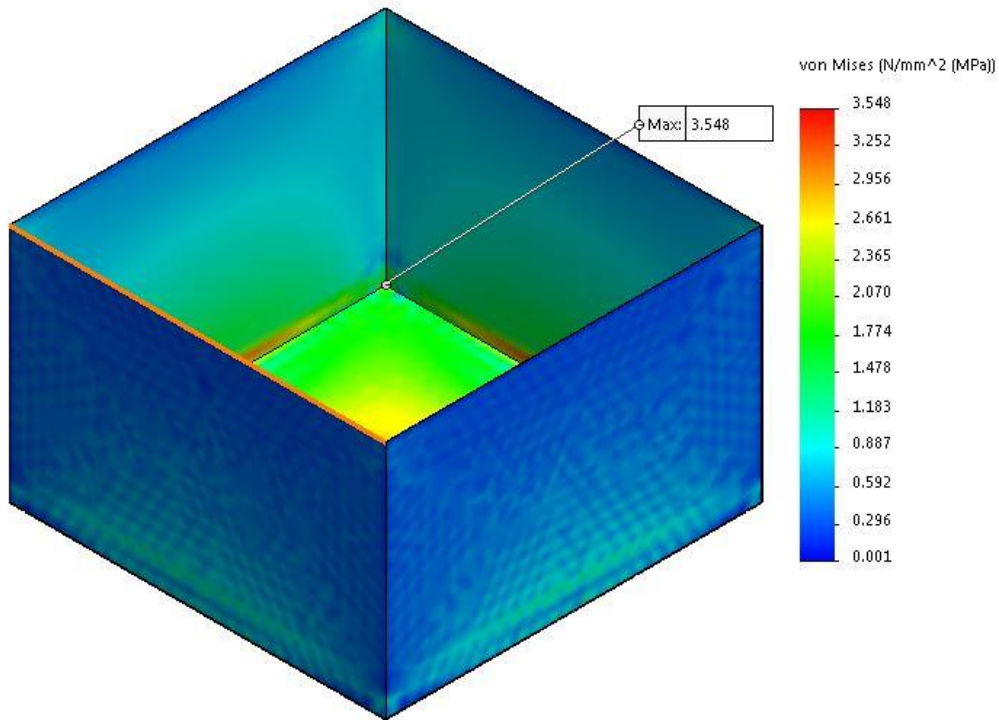
SPENNINGER

Spenningsene i den ytre boksen er lokalisert i senter av boksens bunn flate. Her er de største opptredende spenningsene lik 3.185 MPa.



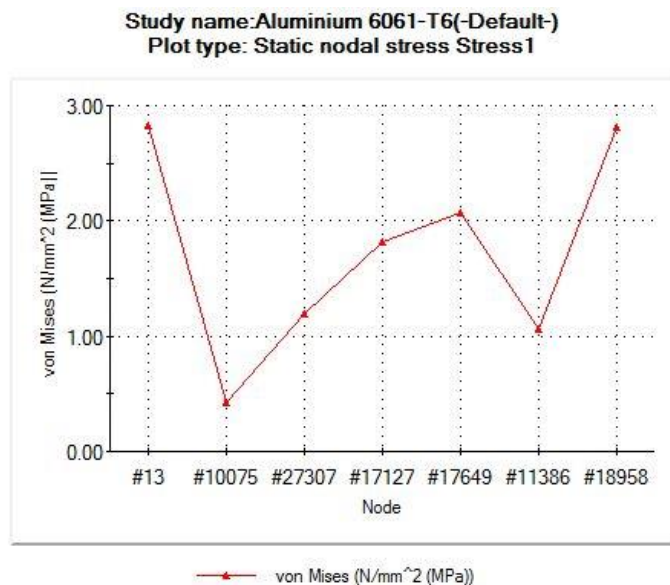
Figur 96 – Spennings resultater i ytre boks

De største spenningene forekommer i hjørnene i den indre boksen, her er von Mises spenningen lik 3.548 MPa. Disse spenningen er langt unna flytegrensen til materialet (275 MPa).



Figur 97 – Spennings resultater i indre boks

Plottet (Figur 98) viser spennings konsentrasjoner og er et resultat av målinger gjort på innerboksens bunnflate. Målingene er gjort diagonalt på flaten, fra innerboksens hjørne til flatens senter. De opptredende spenningene i node nummer 13 er spenningene som opptrer i hjørnet. Node nummer 18958 er spenningene lokalisert i flatens senter.

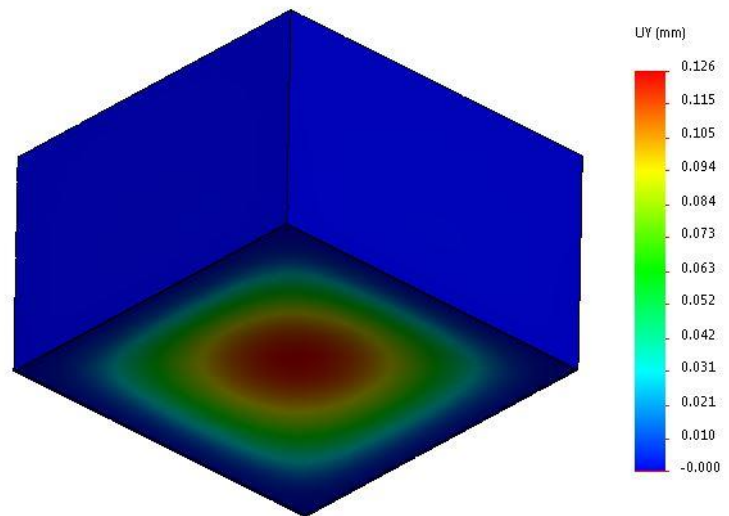


Figur 98 – Diagonal måling av bunn flate

DEFORMASJON

DEFORMASJON I Y-RETNING

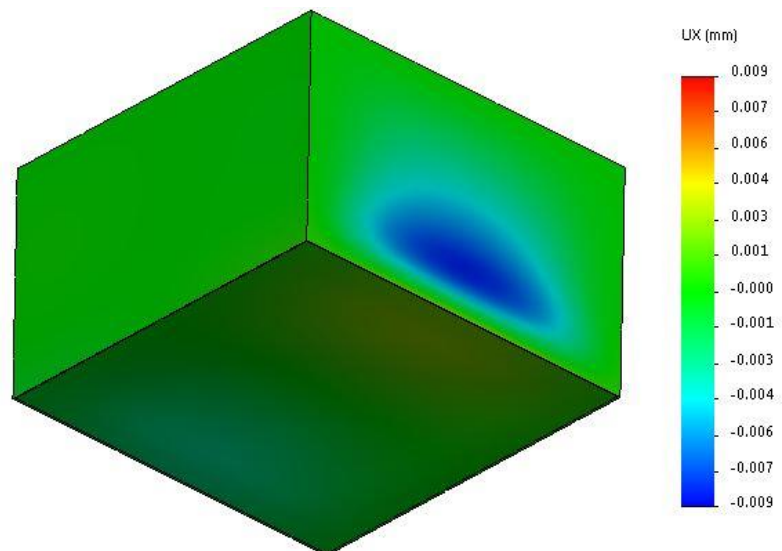
På grunn av den påførte lasten i Y-retning oppstår det deformasjon i boksen. Denne deformasjonen er elastisk og resulterer i en forskyvning av kjøleboksens bunnflate med 0.126 mm (Figur 99) i Y-retning. Deformasjonen er lik for alle delene i simuleringen



Figur 99 - Deformasjon i Y-retning

DEFORMASJON I X-RETNING:

Deformasjonen i X-retning tilsvarer en forskyvning på 0,009 mm (Figur 100). Denne deformasjonen er elastisk og opptrer i de to parallelle side flatene. Deformasjonen er lik for alle delene i simuleringen.



Figur 100 - Deformasjon i X-retning

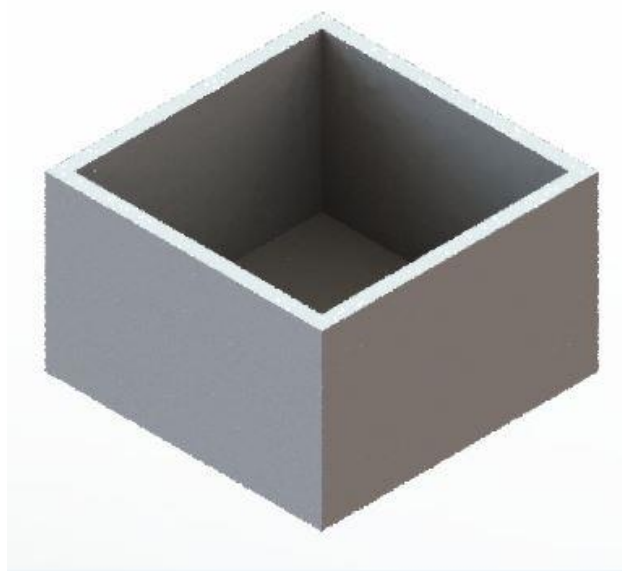
KONKLUSJON

Aluminium 6061-T6 legeringen viser til gode resultater fra simuleringen. Fra optimaliseringsprosessen tilegnes data som ble benyttet ved videre simulering. Godstykkelse ble satt til 0.5 mm og simuleringen ga resultater som tilsvarte ønsker om vekt og styrke. Ved å benytte denne typen legering har sammenstillingen en vekt på 1850.71 gram.

Materialet i seg selv deformeres elastisk, både i X- og i Y-retning. Denne deformasjonen er av betydning for polyuretan boksen som ligger mellom de to boksene. Den største deformasjonen forekommer i senter av boksens bunn flate, denne deformasjonen er av så lav størrelse at man kan konkludere med at polyuretan boksen ikke vil plastisk deformeres ved gitt belastning.

På grunn av vekten på sammenstillingen er det av fordel og benytte karbonfiber-epoxy kompositt til konstruksjon av boksen.

E-GLASSFIBER-EPOXY KOMPOSITT



Figur 101 - E-glassfiber-epoxy kompositt sammenstilling

SW har ingen konkrete data ift materialegenskaper for E-glassfiber-epoxy kompositt, parameterne (Tabell 154) i denne simuleringen er hentet ut fra data tilegnet gjennom studering av labradorer og datablader. E-glassfiber-epoxy kompositt kan skreddersys etter ønsket, SW har av den grunn ikke definerte material egenskaper for materialet. Material egenskapene er hentet fra to individuelle kilder [33], [34].

Property	Value	Units
Elastic Modulus	2750	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.21	N/A
Shear Modulus	30000	N/mm ²
Mass Density	2770	kg/m ³
Tensile Strength	1771.953085	N/mm ²
Compressive Strength	4000	N/mm ²
Yield Strength	165	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient		/K
Thermal Conductivity	0.2256	W/(m·K)

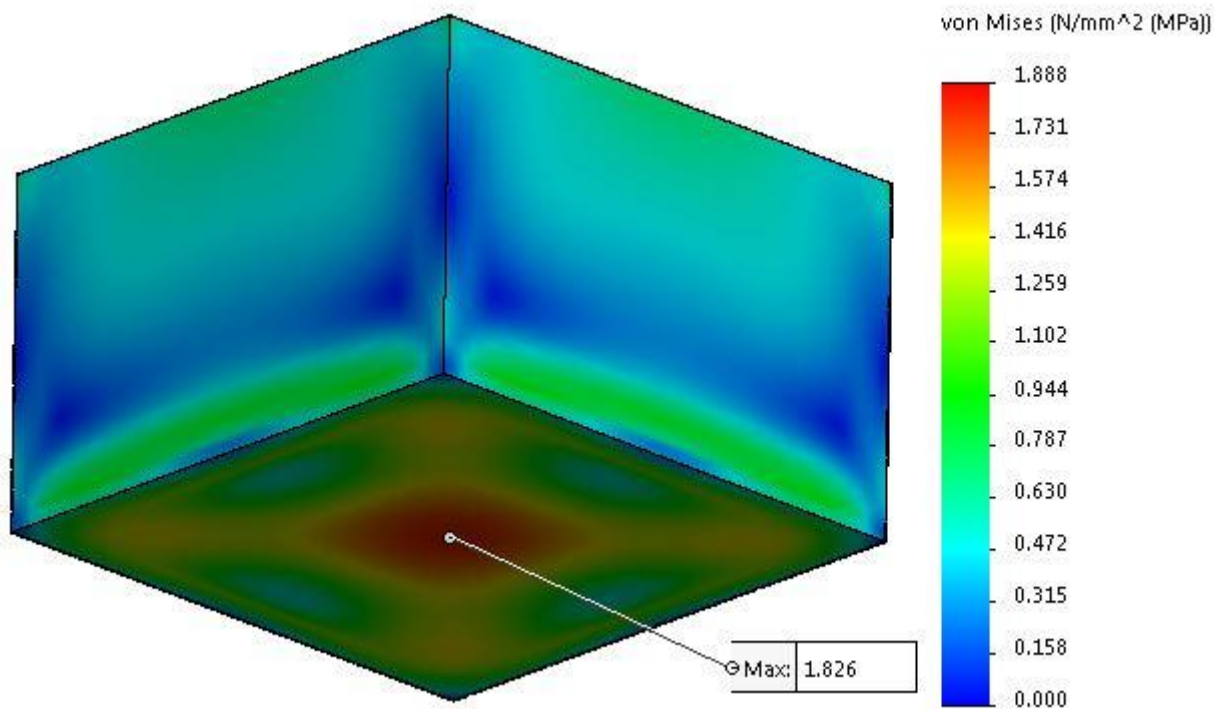
Tabell 154 - E-glassfiber-epoxy kompositt material egenskaper

RESULTATER

Analysen gir resultater i form av spenningskonsentrasjoner og deformasjon. Godstykkelsen til den ytre- og indre boksen er 0.7 mm. Vekten av sammenstillingen ved denne godstykkelsen er 2290.15 gram.

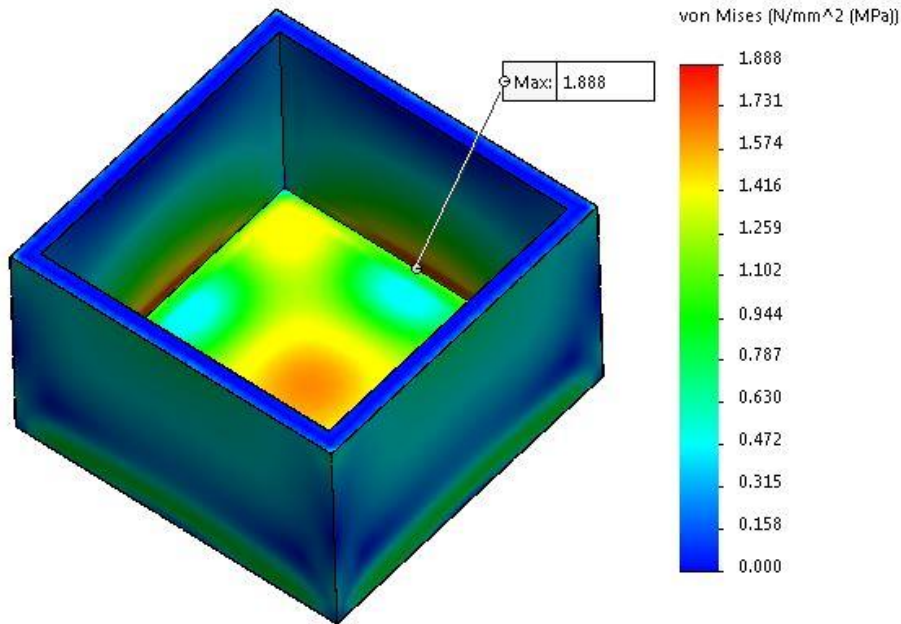
SPENNINGER

Spenningsene i den ytre boksen er lokalisert i senter av boksens bunn flate. Her er de største opptredende spenningsene lik 1.826 MPa.



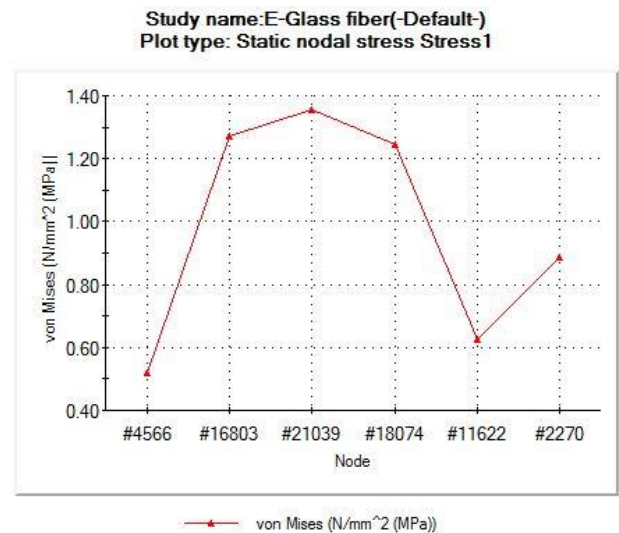
Figur 102 - Spennings resultater i ytre boks

De største spenningsene forekommer i overgangen mellom sideflaten og bunn flaten i den indre boksen, her er von Mises spenningen lik 1.888 MPa. Disse spenningen er langt unna flytegrensen til materialet (275 MPa).



Figur 103 - Spennings resultater i indre boks

Plottet (Figur 104Figur 92) viser spennings konsentrasjoner og er et resultat av målinger gjort på innerboksens bunnflate. Målingene er gjort diagonalt på flaten, fra innerboksens hjørne til flatens senter. De opptredende spenningsene i node nummer 4566 er spenningsene som opptrer i hjørnet. Node nummer 2270 er spenningsene lokalisert i flatens senter.

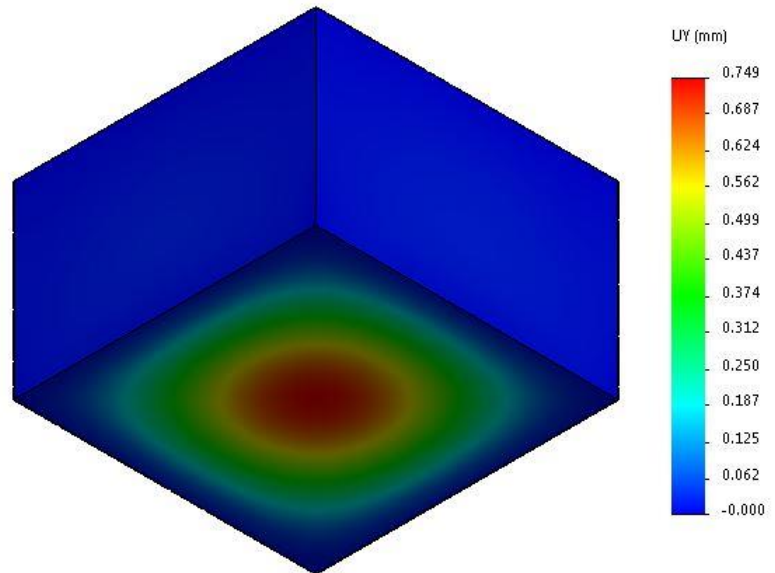


Figur 104 - Diagonalt plot av bunn flate

DEFORMASJONER

DEFORMASJON I Y-RETNING

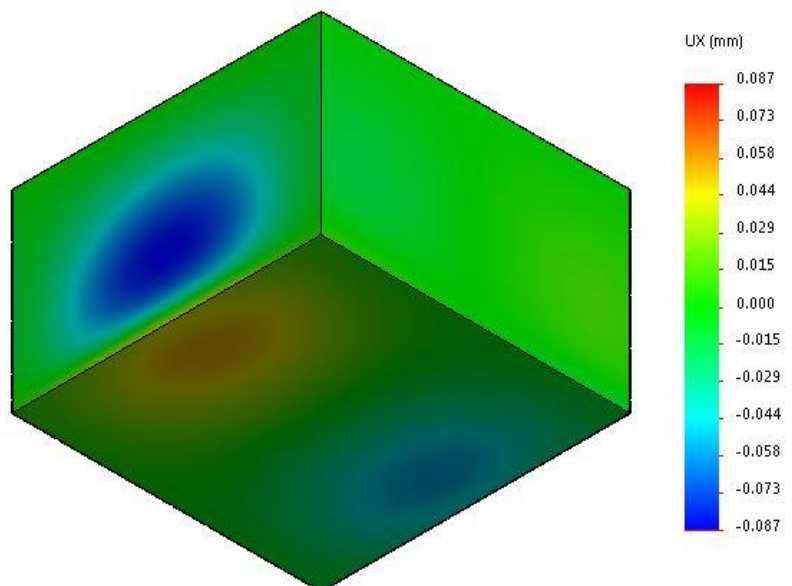
På grunn av den påførte lasten i Y-retning oppstår det deformasjon i boksen. Denne deformasjonen er elastisk og resulterer i en forskyvning av kjøleboksens bunnflate med 0.749 mm (Figur 105) i Y-retning. Deformasjonen er lik for alle delene i simuleringen



Figur 105 - Deformasjon i Y-retning

DEFORMASJON I X-RETNING:

Deformasjonen i X-retning tilsvarer en forskyvning på 0.087 mm (Figur 106). Denne deformasjonen er elastisk og opptrer i de to parallelle side flatene. Deformasjonen er lik for alle delene i simuleringen.



Figur 106 - Deformasjon i X-retning

KONKLUSJON

Analysen av E-glassfiber-epoxy kompositt ga resultater i henhold til antagelsene om at materialet ikke plastisk deformeres. E-glassfiber-epoxy kompositt har en fasthetsgrense (165 MPa) langt høyere enn de største opptredende kreftene som er 1.888 MPa.

Materialet i seg selv deformeres elastisk, både i X- og i Y-retning. Denne deformasjonen er av betydning for polyuretan boksen som ligger mellom de to boksene. Den største deformasjonen forekommer i senter av boksens bunn flate, denne deformasjonen er av så lav størrelse at man kan konkludere med at polyuretan boksen ikke vil plastisk deformeres ved gitt belastning.

E-glassfiber-epoxy kompositt har mange fordeler. Den kan blant annet skreddersys etter ønske iht, fiberretning, antall lag med fiber, antall mengde epoxy, kompositten har også et høyt styrke/vekt forhold.

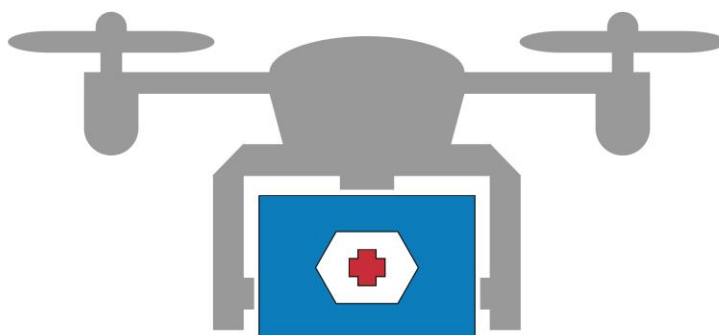
På grunn av vekten på sammenstillingen er det av fordel og benytte karbonfiber-epoxy kompositt til konstruksjon av boksen.



tecBAT / Gruppe 11

GRENSESNITT

LÅSMEKANISME, HÅNDTERING OG TETNING



VERSJONSHISTORIKK

Dato	Versjon	Kommentar	Av	Godkjent av
18.04.2017	0.1	Opprettet dokument	VT H	
11.05.2017	0.2	Lagt inn siste løsninger til prototype	VT H	
23.05.2017	1.0	Rettelser, utbedringer	TS	FR



ABSTRAKT

Begrepet grensesnitt handler om kommunikasjon mellom to ulike systemer eller konsepter, i denne sammenheng er systemene henholdsvis kjøleboksen og dronen. Grensesnittet er viktig for bruken av boksen. Det er mange komponenter som skal implementeres sammen. Det er viktig at alle disse komponentene fungerer sammen. De skal brukes og vare kanskje i flere år. Det å bruke tid på dette er viktig. Dårlige grensesnitt kan skille et godt produkt fra et dårlig produkt. I denne rapporten blir det gjennomgått grensesnitt til kjøleboks. Rapporten viser prosessen som vi har gått gjennom for å komme frem til de løsningen vi har valgt å bruke.



INNHALDSFORTEGNELSE

ABSTRAKT.....	251
FIGURLISTE.....	22533
TABELL LISTE	253
GRENSESNIITT	254
LÅSMEKANISME	254
PUGH MATRISE.....	255
LÅSTYPE	256
EGENDESIGNET LÅS	258
HÅNDBTERING.....	260
TETNING.....	262
KONKLUSJON.....	263



FIGURLISTE

Figur 1 - "Klamp" lås fra Pelican er blir brukt på kasser som er laget for å frakte dyrt utstyr	256
Figur 2 - Butterfly latch brukes på kasser til flytransport	256
Figur 3 - T-håndtak lås laget i gummi.....	257
Figur 4 - 3D printet lås	258
Figur 5 - 3D modellert illustrasjon over bærehåndtak	260
Figur 6 - Kommersielt tilgjengelig ABS bærehåndtak	261
Figur 7 - CAD render av låse- og bæremekanisme satt sammen til en komponent.....	261

TABELL LISTE

Tabell 1 – Pugh matrise	255
-------------------------------	-----

GRENSESNITT

Grensesnitt er en abstraksjon for kommunikasjon mellom to systemer eller konsepter. I vårt tilfelle gjelder det håndtering av boksen (hvordan skal den bæres), feste lokket til boksen, tetting mellom lokk og boks. Grensesnitt omhandler funksjonaliteten til boksen. Det har gjennom hele prosjektet vært fokus på at boksen skal brukes hver dag, flere ganger om dagen. Alle grensesnittene på boksen skal være enkle og intuitive å bruke. Slik at brukere av systemet ikke blir utslitt eller/og skadet ved bruk. Viktig å se på mulighetene for feilbruk, i tillegg må vi se på om det er noen deler som er tunge å flytte på eller operere.

LÅSMEKANISME

Det har blitt bestemt at tilgang til boksens lukkede volum skal sitte på toppen. Dette er den tradisjonelle plassering av tilgangspunkt på en kjøleboks, derfor var det naturlig å se på hvilke låsmekanismer som blir brukt andre kjøleboks applikasjoner. Boksen skal kunne opereres av alle på sykehuset så vi trenger en enkel og intuitiv måte å løse dette på. Det å bruke et enkelt system er fordelaktig. En av fordelene med å finne en mekanisme ofte blir brukt på andre applikasjoner, vil være at brukeren kan være kjent med mekanismen fra tidligere erfaringer.

Boksen vår har et lokk som må være sikret til selve boksen. Denne mekanismen må være enkel å operere. Det må være redundansen på låsmekanismen så sikkerheten er ivaretatt. Kravspesifikasjonen vår tar for seg to punkter om låsmekanismen.

Fra kravspesifikasjon:

1. Systemet skal ha en åpne/lukke mekanisme: DR-P14-A
2. Systemet skal ha en låsbar åpne/lukke mekanisme: DR-P13-A

I tillegg til disse kravene må vi ha robuste lette låser. Låsmekanismen får også jobb med å lage tetning mellom boks og lokk. Vi har sett på to måter å løse dette problemet på. Vi kan bruke to hengsler og to

låser eller vi kan bruke to stk. låser slik at lokket kan tas helt av. Vi setter opp en Pugh matrise for å evaluere de to alternativene.

PUGH MATRISE

Evalueringskriterier		Løsning			
		Hengsler og låser		2 låser	
	Prioritet	Rating	Score	Rating	Score
Vekt	5	4	20	5	25
Redundans	5	4	20	4	20
Brukervennlighet	3	4	12	3	9
Funksjonalitet	4	3	12	4	16
Evne til å tette	5	4	20	5	25
Pris	1	2	2	3	3
Total		86		98	

Tabell 1 - Pugh matrise

Det viktigste å få ut av denne Pugh matrisen er tettingsevnen to låser kommet til å gi oss. Dette er på grunn av lokket kommet til å bli presset ned jevnt over de to låsingspunktene. Dermed vil dette gi bedre isolasjon så boksen kan bruke mindre energi. Dette gir også muligheten til å fjerne hele lokket. Noe som kan være fordelaktig ved vasking og generell funksjonalitet. Pris er ikke tatt med i Pugh matrisen, disse produktene koster det samme så det er ikke en faktor som er relevant for valget.

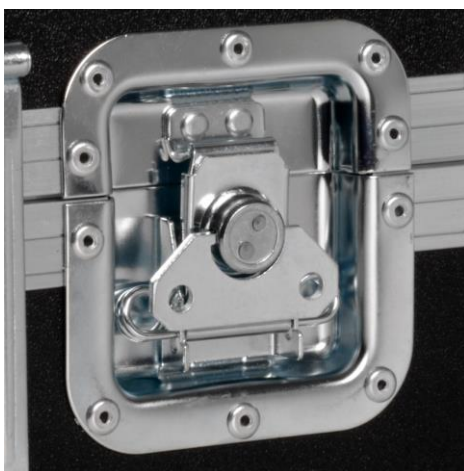
LÅSTYPE

Vi har sett på forskjellige typer låser. Det er to typer som skiller seg ut.



Figur 107 - "Klamp" lås fra Pelican er blir brukt på kasser som er laget for å frakte dyrt utstyr

Dette er en god låsmekanisme. Den er veldig robust men mangler låsmulighet. Når boksen skal festes til dronen blir den guidet opp i et rom i dronen. Her er det liten plass så hvis denne låstypen skal brukes må den integreres inn i boksen vår. Dette vil føre til at vi mister isolasjon. Denne låsen krever også et lite strømlinjeformet design. Dette passer ikke så godt på boksen vår. [35]



Figur 108 - Butterfly latch brukes på kasser til flytransport

Dette er en vanlig brukt låsmekanisme. Den kan låses ved hjelp av en hengelås. Den er veldig smal så tar ikke mye plass innover i boksen, i tillegg så stikker den seg ikke ut av boksen heller. Denne vil gjøre designet på boksen så strømlinjeformet som mulig. Den fungerer på den måten at kroken settes i sporet sitt så vrir man på mekanismen slik at i vårt tilfelle lokket dras sammen med boksen. [36]



Figur 109 - T-håndtak lås laget i gummi [37]

Dette T-håndtaket laget i gummi blir brukt på kjølebokser som kan kjøpes ferdig. Ved eventuell slippvinkel på boksen vil ikke denne låsen være påvirket av det. Fordelen med disse låsene er at de kan bøyes litt ved låsing slik at boksen vår kan støpes med slippvinkel hvis dette skulle være et behov. Denne typen lås vil veie 0,4 kg pr stk.

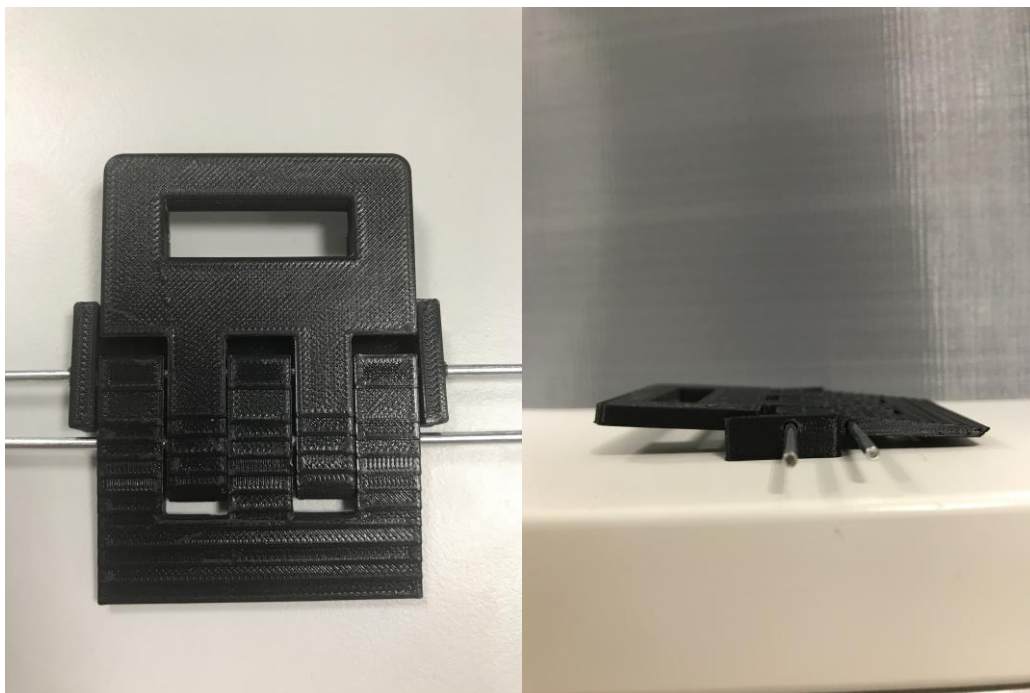
EGENDESIGNET LÅS

Siden låsene vi har funnet på markedet ikke fyller våre krav. Ble vi nødt til å se på mulighetene våre til å lage vår egen. Da ble det laget noen krav til denne låsen.


Krav:

- Lettest mulig, skal lages i plast eller kompositt
- Skal trekke lokket ned til boks
- Må tåle hard bruk
- Må ikke være høyere enn 10mm
- Skal holde seg lukket under transport
- Enkel å produsere

Ved å ha hentet mye informasjon om låser, var utfordringen å ta ut infoen vi hadde fått av dette og kombinere de løsningene som fylte våre krav inn i en applikasjon.



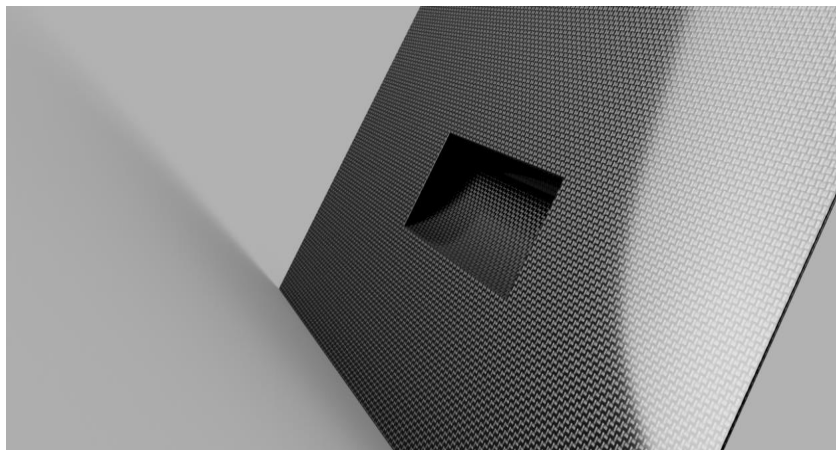
Figur 110 - 3D printet lås



Siden låsen ikke kunne være høyere enn totalt 10mm så ser vi på konstruksjonen at den er tegnet massiv og bred for å kunne lage en sterk lås. Vi satte låsen i strekkmaskin og dro den til 1060N før vi fikk en bøy slik at den åpnet seg (se eget dokument om testing). Konstruksjonen går inn i hverandre slik at alle deler hjelper til med å skape styrke og stivhet i låsen. Låsen er konstruert med tanke på mye bevegelse og risting da boksen henger under dronen. Derfor ble senter posisjon til ”hekte” mekanismen laget slik at den er under senteret til ”hekte” platen. Dette vil si at under last vil låsen dra seg inntil boksen og sannsynligheten for at den skal åpne seg blir mindre. Denne låsen er enkel å produsere. Den kan 3D printes eller så kan den freses ut i karbon. Hvis høyere styrke er ønskelig kan den også freses i aluminium. Låsen i dag er printet i PLA og veier kun 23 gram.

HÅNDBTERING

Boksen vår er 380mm*380mm en kvadratisk boks med høyde på ca. 300mm. Uten innhold skal boksen ha en maksvekt på 5 kg. Men med blod eller andre varer kan den veie opp mot 15 kg. Fra disse tallene ser vi at vi trenger en god måte å håndtere boksen på. Vi har sett på konvensjonelle bærehåndtak fra andre kjølebokser. Her finnes det mange muligheter (Se vedlagt Research). Plassen boksen får når den er landet i dronen er begrenset så vi er avhengig av å ha så lite som mulig som stikker ut a boksen. derfor har vi sett på en metode hvor vi støper et håndtak inn i selve boksen. Første iterasjon av denne ideen ble designet under iterasjon 5.



Figur 111 - 3D modellert illustrasjon over bærehåndtak

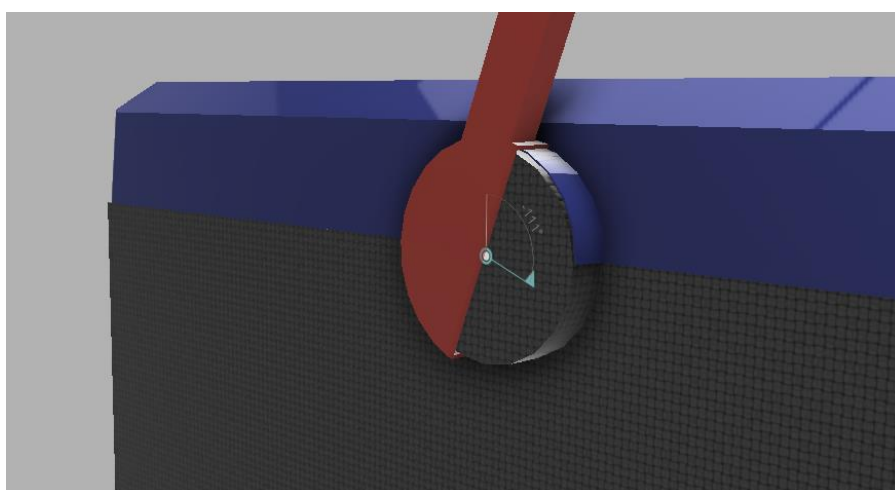
Dette vil gi oss et sterkt håndtak som er behagelig å løfte i. Her vil også et strømlinjeformet design være ivaretatt. Med denne løsning trengs det heller ikke å kjøpe noen ekstra komponenter. Dette er en god løsning vi skal se på. Det eneste minuset er at vi må ganske langt inn i boken for å få nok gripe flate og det betyr å ta av isolasjonen i boksen. Dette er noe vi ønsker å gjøre så lite av som mulig. Så denne løsningen må testes før den kan bestemmes. Det finnes mange bærehåndtak på markedet så en annen løsning er å implementere noen av disse på boksen vår.



Figur 112 - Kommersielt tilgjengelig ABS bærehåndtak

Disse bygger litt ut av boksen. Men det er mulig å implementere inn i boksen vår. Her stjeles det kun 1cm av isolasjonen i boksen. En stor ulempe med denne løsningen er den ekstra vekten, 200 gram per håndtak.

Vi har sett på muligheten til å bruke et bærehåndtak som også skal fungere som en lås. Dette er noe vi eventuelt må bygge da det ikke kan kjøpes. Prinsippet er som følger: et bærehåndtak som ligner på en konvensjonell kjøleboks. Ved å vippe dette håndtaket over boksen vil det låse lokket. Funksjonen som vises på bildet under er den samme på begge sider av boksen.



Figur 113 - CAD render av låse- og bæremekanisme satt sammen til en komponent

TETNING

Vi må finne en måte å tette skjøten mellom boks og lokk. Her kreves det noe som kan tas enkelt fra hverandre. Det er viktig at lokket kan fjernes fra boksen på en enkel måte, så vi må finne ett materiale som kan gi den isolasjons effekt som trengs men samtidig tåler det stresset som den blir utsatt for. Det finnes gode produkter både i Premium kjølebokser og kjøleskap. Her brukes det forskjellige gummiblandinger til å lage pakninger. Disse pakningene er avhengig av å bli presset sammen for å få optimal tetnings evne, dette blir da et nytt krav til låsmekanismen vi bruker. Låsmekanismen må ha mulighet til å dra lokket ned til kjøleboksen. (se avsnitt om låsmekanisme).

Pakningene som er aktuelle er laget av en miks mellom gummi og silikon. Gummi er mest brukt, og har de verdiene vi ser etter. Gummi blir brukt for å forsegle i temperatur sjiktet -50 til +120 grader celsius. Varme effekten på gummi er kumulativ og ikke reverserbar. Dette er ikke aktuelt for vår applikasjon, så her får vi en fin sikkerhetsfaktor. Gummi pakninger tåler vann og kan brukes med syre og alkalier. [38]

KONKLUSJON

Da vi designet siste utkast av boksen. Ble det bestemt at det skulle være lufting på siden av boksen vår. Disse hullene kommer under isolasjonen av boksen. Så ved å sikre viftene med netting slik at ikke fingre kan komme inn på viftene kan vi bruke disse hullene til å bære boksen med. Disse lufte hullene befinner seg under isolasjonen til boksen, isolasjons evne til boksen er ivaretatt. Oversiden til disse hullene får en ergonomisk utforming, slik at det skal være både naturlig og behagelig å bære boksen her. Dette har vi landet på som den beste løsningen.

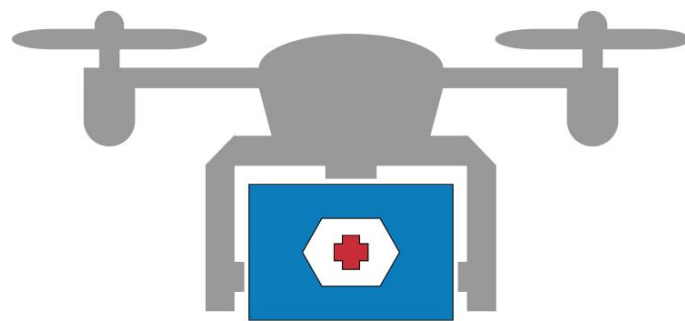
Ingen av låsene vi har sett på fyller våre krav og spesifikasjoner. Derfor så vi det fordelaktig å lage vår egen lås. Vi tok alle låsene vi har sett på, dro ut de fordelene disse låsene hadde og tegnet vår egen. Denne låsen har blitt printet med PLA filament. Denne låsen fikk en høyde på 9mm og er konstruert slik at den kan printes i plast og enkelt freses i andre materialer hvis ønskelig.



tecBAT/ Gruppe 11

VARMEA VVIKLING

AVVIKLE VARME FRA KJØLESYSTEM



VERSJONSHISTORIKK

Dato	Versjon	Kommentar	Av	Godkjent av
20.03.17	1.0	Opprettet	VTH	
06.04.17	1.1	Lagt til heatpipes	VTH	
21.04.17	1.2	Lagt til figurliste	VTH	
22.05.17	1.3	Oppdatert oppsett	VTH	
23.05.17	2.0	Rettelser, Utbedringer	TS FR	VTH

ABSTRAKT

Varmeavvikling er en del av det å lage kulde. Det å skape kulde er misvisende. Det er egentlig å transportere varme ut av et avlukket system. Det er ikke kulde som lekker ut, det er varme som lekker inn. Kjølesystemer jobber med å holde denne varmen ute. Dette systemet er i vår sammenheng kjøleboksen. God varmeavvikling er med på å skape et effektivt system. Det er mange måter å avvikle denne varmen på. I dette dokumentet ser vi på hvordan vi kan kvitte oss med denne varmen på en så effektiv måte som mulig. Vi ser på forskjellige kjølemetoder.

Vårt kjølesystem utviklet mer varme enn det vi tidligere regnet med så dette ble en større utfordring enn vi tidligere antok. Peltier elementer er lite effektive. Elementene gir fra seg varme, fra ineffektiviteter i systemet. Dette kommer i tillegg til varmen som skal ut av boksen.



INNHOLDSFORTEGNELSE

ABSTRAKT	267
FIGURLISTE	269
TABELL LISTE.....	269
INTRODUKSJON	270
VANNKJØLING	271
LUFTKJØLING	273
HEATPIPE	274
KONKLUSJON	277



FIGURLISTE

Figur 1 - Illustrasjon av ett vannkjøling system.....	272
Figur 2 - Illustrasjon av luftkjøling	273
Figur 3 - Viser hvordan heatpipes ser ut på innsiden.....	274

TABELL LISTE

Tabell 1 - Arbeidsvesker til heatpipes.....	275
---	-----

INTRODUKSJON

Hovedformålet i prosjektet er å senke temperaturen i en lukket boks. Denne boksen skal frakte biologiske materialer. Ett eksempel på dette kan være blodposer som skal holde 4 grader celsius, det kan også være blodprøver, vevsprøver og radioaktive isotoper.

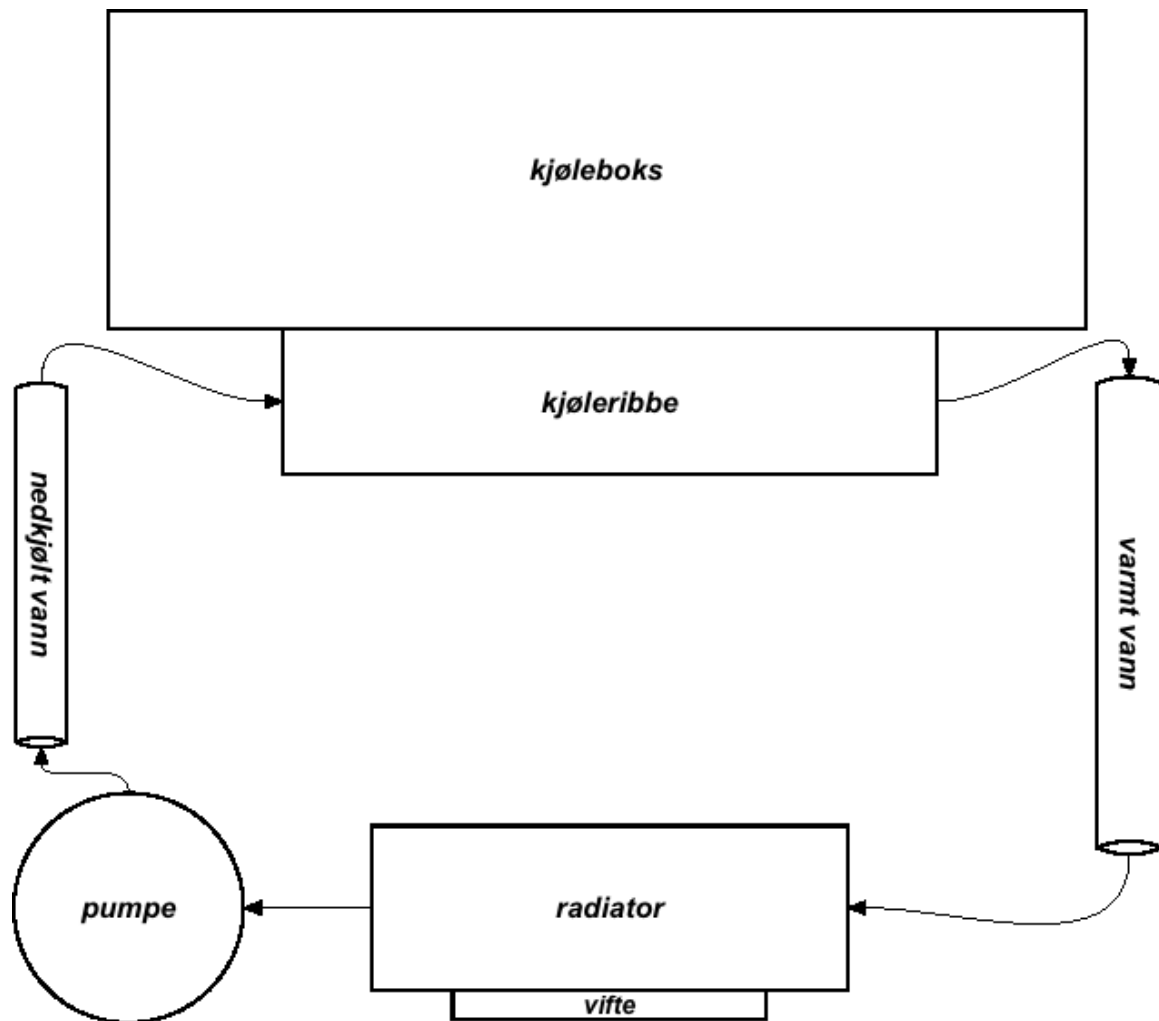
For å senke temperaturen må luften med høyere temperatur fraktes ut av boksen, denne varmen må flyttes ut i omgivelsene. Utfordringen er å kvitte seg med denne varmen. Effektiviteten til kjøleboksen avhenger av at denne varmen avvikles så hurtig og effektivt som mulig.

Vi finner problemstillingen rundt oss i dagliglivet, bilmotorer og kjøleskap er eksempler. Kjøleskap har samme hovedoppgave som vår boks. Forskjellen er at kjøleskap produsenten ikke trenger å følge strenge vektkrav, så her har vi blant annet en stor tung kondensator på baksida av kjøleskapet. Denne har som jobb å kjøle ned væsken i kjøleskap syklusen. Denne fungerer ved å skape en lengre vei for væsken, så væsken kan kjøle ned systemet gang på gang. På denne lange veien er det kjøle ribber som skaper større areal for å få større effektivitet på kjølingen. Dette er hele prinsippet for avvikling av varme. Areal er nøkkelen, et stort areal og et konduktivt material er hovedkomponentene som trengs.

VANNKJØLING

Det første vi så på var vannkjøling. Dette er en nøye utprøvd metode som er brukt i blant annet bilmotorer. En bilmotor utvikler mye varme, så det er naturlig å se på dette som en effektiv måte for varmeavvikling.

Her har vi en væske som pumpes forbi varmesiden av system, gjennom en varmeveksler. Vannkjøling er avhengig av pumpe for å fungere. Det er ønskelig med så få bevegelige deler av hensyn til driftssikkerheten. Termodynamiske prinsippet om termisk likevekt sier at to legemer med forskjellig temperatur vi alltid prøve å oppnå lik temperatur. Varme er overført fra legemet med høyere temperatur til legemet med lavere temperatur. Så temperaturen til vannet som pumpes inn der det utvikles varme må være lavere enn varmekilden. Varmen blir overført til vannet ved hjelp av varme konduktivitet. Varmen går gjennom aluminiumen i varmeveksleren og videre inn i væsken. Så pumpes vannet videre til neste varmeveksler, som i dette tilfelle er en radiator. Her kjøles væsken ned ved hjelp av luften rundt radiatoren. Radiatoren fungerer på den måten at to væsker, i vårt tilfelle luft og vann går gjennom radiatoren uten å være i fysisk kontakt. Luften presses mellom kjøleribben og vannet pumpes mellom rør som går gjennom hele arealet til radiatoren. I vårt tilfelle ble det brukt vifter for å få større strømming av luft gjennom radiatoren. Viftene brukes for å fjerne den varme som stråler ut av kjøleribbene i radiatoren [39].



Figur 114 - Illustrasjon av ett vannkjøling system [25]

Fordeler:

1. God varmetransport
2. God kjøle evne

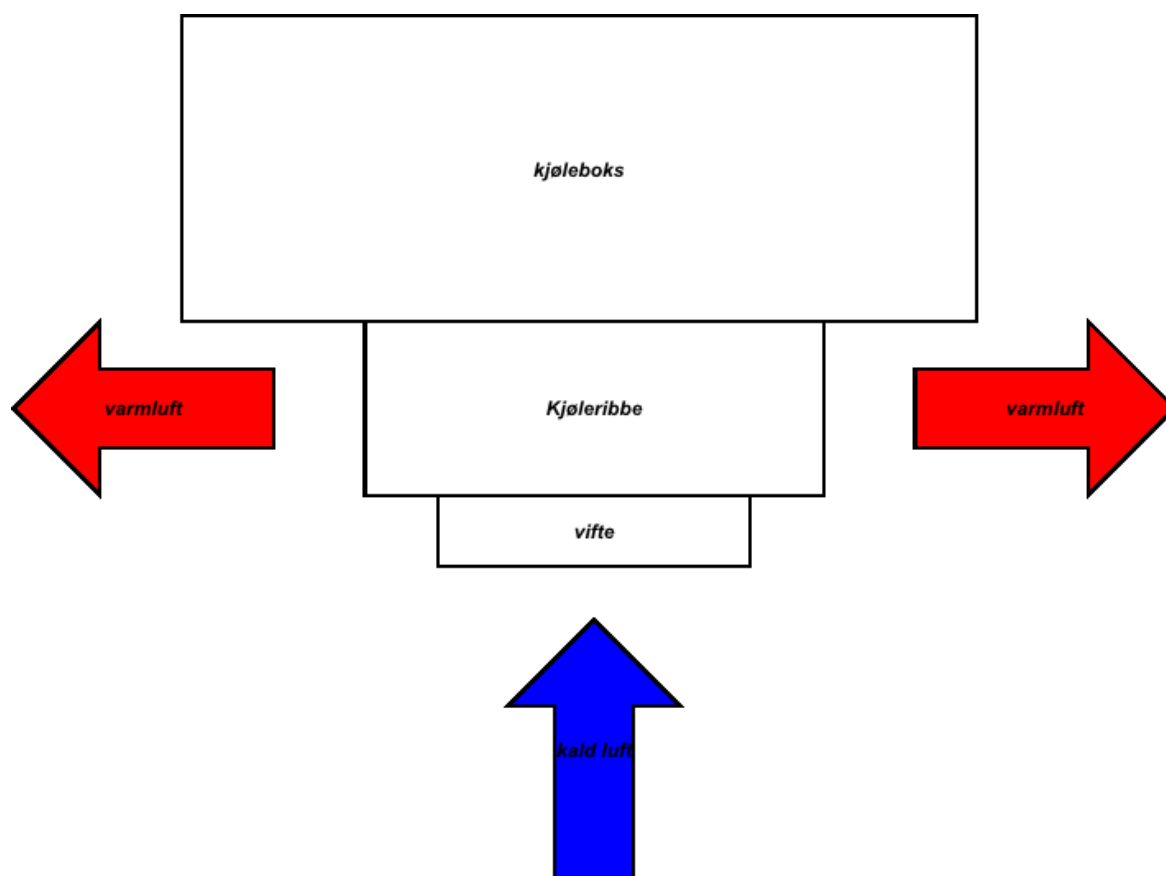
Ulemper:

1. Tungt med vann
2. Bevegelige deler
3. Flere komponenter

LUFTKJØLING

En termisk kjøleribbe skal kunne absorbere en begrenset mengde varme uten forandring i temperatur. Her blir det montert/maskinert kjøleribber direkte på varmekilden.

Ved luftkjøling tar vi bort væsken som transporterer varmen til varmeveksleren. Det fungerer slik at den varme siden av systemet vårt sitter direkte på kjøleribben. Kjøleribben må være laget av et materiale med høy termisk konduktivitet og laget på en slik måte at arealet blir størst mulig. Luftkjøling er veldig avhengig av areal. Arealet må være stort slik at varmen fordeler seg på større området og derfor stråler varme ut i omgivelsene rundt. Det eneste som flytter varmen rundt her er konduktiviteten til materialet. Vi brukte vifter på vår luftkjøling forsøk så vi fikk flyttet så mye varme vekk fra luftkjølingen som mulig. Vi brukte kun vifter da vi ikke hadde nok areal til å la omgivelsene kjøle ned kjøleribbene.



Figur 115 - Illustrasjon av luftkjøling [25]

Fordeler:

1. Enkelt system

Ulemper:

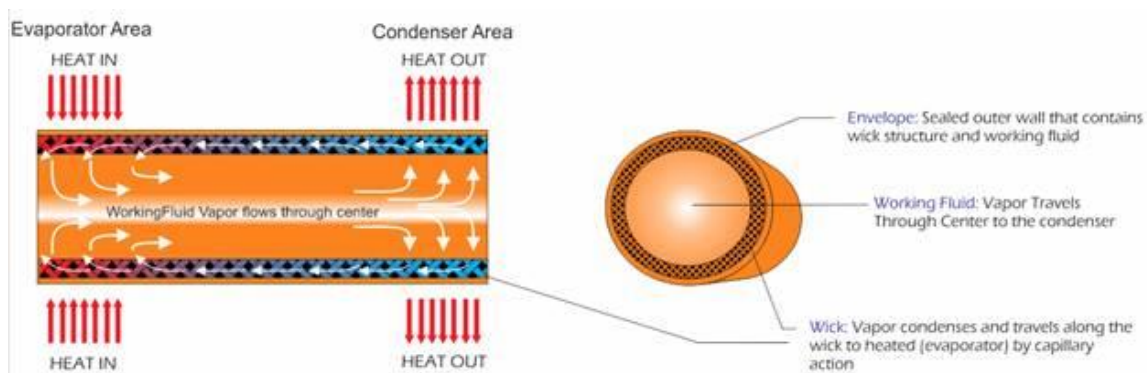
1. Trenger stort areal
2. Trenger mange vifter

HEATPIPE

Heatpipes bruker samme prinsipp som vannkjøling. Forskjellen er at det er veldig komprimert og væsken beveger seg i vakuum. Her er det også væsken som flytter varmen. Heatpipes bruker ikke pumpe for å sirkulere væsken. Det oppstår trykk ved oppvarming av arbeidsvæsken og derfor vil det sirkulere.

Heatpipes har mange bruksområder. Mest brukt i datamaskiner men kan også finnes i alt fra satellitter til permafrost kjøling til varmegjenvinning i ventilasjonsanlegg. Heatpipes består av tre hovedkomponenter.

1. Et vakuumtett rør i et gitt materiale
2. En arbeids veske
3. Kapillar vikling



Figur 116 - Viser hvordan heatpipes ser ut på innsiden [40]


På bildet over ser vi hvordan heatpipe ser ut på innsiden. På bildet til høyre vises kapillar viklingene i ytterkant. På bildet til venstre ser vi hvordan heatpipen opererer. Varmen kommer inn i kondensoren slik at arbeidsvæsken fordampes. Trykket i systemet øker. Væsken blir om til gass og flytter seg mot kondensoren siden i røret. Midtseksjonen i røret kalles for den adiabatisk seksjonen. Adiabatisk prosesser kan kun skapes i kontrollerte omgivelser inne i et laboratorium. En adiabatisk prosess har ingen Q , altså ingen varmeoverføring. Så i dette tilfelle er varmeoverføring i midtseksjonen så liten at det kan kalles en adiabatisk prosess. Men i denne seksjonen forekommer det arbeid. Dette vil si at varmen blir gjort om til arbeid som flytter væsken mot kondensoren. Når væsken kommer til kondensoren blir temperaturen overført til en kjøleribbe og videre ut til omgivelsene. Væsken i heatpipen går fra gass til flytende og blir presset tilbake til evaporatoren gjennom kapillar viklingene for en ny syklus.

Heatpipes må tunes inn til spesifikke kjøleforhold. Materialvalg på røret, størrelse og arbeidsvæske er med på å bestemme optimal temperatur heatpipen kan operere i. Dette er også en fordel med heatpipes, røret kan tilpasses til det forholdet det skal brukes til [41].

Examples of Working Fluid

Medium	Melting Point (°C)	Boiling Point at Atm. Pressure (°C)	Useful Range (°C)
Helium	-271	-261	-271 to -269
Nitrogen	-210	-196	-203 to -160
Ammonia	-78	-33	-60 to 100
Acetone	-95	57	0 to 120
Methanol	-98	64	10 to 130
Flutec PP2	-50	76	10 to 160
Ethanol	-112	78	0 to 130
Water	0	100	30 to 200
Toluene	-95	110	50 to 200
Mercury	-39	361	250 to 650
Sodium	98	892	600 to 1200
Lithium	179	1340	1000 to 1800
Silver	960	2212	1800 to 2300

Tabell 155 - Arbeidsvesker til heatpipes [41]



I tabellen over ser vi eksempel på hvilke temperaturspekter de forskjellige arbeidsvæskene egner seg til. Her ser vi at det er viktig å vite hvor heatpipe skal brukes så det kan skreddersys til sitt bruksområde. For vårt produkt vil heatpipes med ammoniakk være det som passer best til vår applikasjon. Dette fungerer fra -60 grader til 100 grader celsius så det vil alltid kunne kjøle ned en boks som opererer i Norge. Kjølesystemet vil ikke behøve å utføre arbeid når temperaturen går under 0 grader. Men da er vi avhengig av en arbeidsvæske i heatpipen som ikke fryser. [42]

Det finnes mange typer heatpipes:

- Damp kammer (planart heatpipes), som brukes til varmeflux transformasjon og isothermalisering av overflater
- Variabel konduktans heatpipes (VCHPs), som bruker ikke-kondenserende gass (NCG) til å forandre heatpipe effektivitet når effekt eller kjøleribbe omgivelsene forandrer seg.
- Trykk kontrollerte heatpipes (PCHPs), Dette er et VCHP hvor volumet til reservoaret, eller NCG massen kan forandres for å gi mer presis temperatur kontroll.
- Diode heatpipes, som har høy termisk konduktivitet. Denne typen heatpipes har et reservoar i evaporator enden av røret. Denne typen heatpipe fungerer bra i forover retning, men har lav termisk konduktivitet i reversert retning.
- Thermosyphons, som er heatpipes hvor væsken reverseres til evaporatoren ved hjelp av gravitasjons krefter.
- Roterende heatpipes, her returneres væsken ved hjelp av sentrifugal kraften.

KONKLUSJON

Vi har konkludert med at vannkjøling og luftkjøling med kjøleribber ikke er noen god måte å kjøle ned vårt system på. Vi begynte med vannkjøling. Vannkjøling er en måte å flytte problemet til et annet sted. Da vannet ikke kjøler ned noe, bare frakter varmen ut til radiatoren. I vårt forsøk brukte vi 6dl med vann og en 240mm radiator i tillegg til to vifter. Dette ble testet med peltier elementer som skaper mye varme da effektiviteten er lav. Dette systemet klarte ikke å holde elementene kalde nok til å oppnå de temperaturene vi ville. I tillegg til at vi har 600 gram med vann som ikke gjør noe annet en å transportere varme.

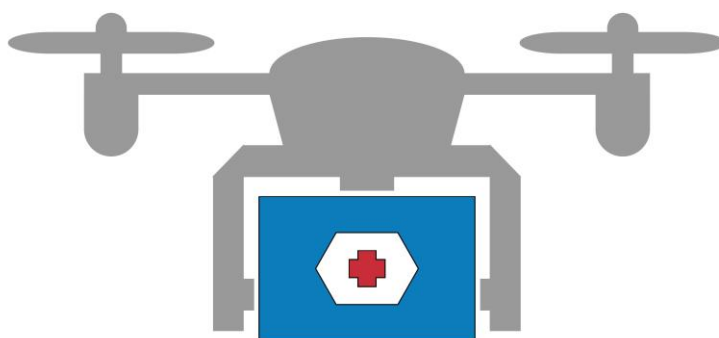
Luftkjøling fungerte enda dårligere. Vi har ikke nok plass til kjøleribber med stort nok areal som kreves for å fjerne varmen som skapes av elementene. Vi har kjørt tester med heatpipes. Heatpipes fungerer veldig godt i vår applikasjon. De har veldig god varmeledningsevne. I tillegg så har heatpipes ingen bevegelige deler så det er et vedlikeholdsfritt system hvis vi ser bort ifra viftene vi bruker.



tecBAT / Gruppe 11

ELEKTRONIKK

ELEKTRONISKE KOMPONENTER OG PROGRAMVARE



VERSJONSHISTORIKK

Dato	Versjon	Kommentar	Av	Godkjent av
11.04.2017	0.1	Dokument opprettet	MW	
20.05.2017	0.2	Lagt til om maskinvare	NT	
21.05.2017	0.3	Lagt til om programvare	NT	
22.05.2017	0.4	Lagt til abstrakt	MW	
23.05.2017	1.0	Lagt til konklusjon	NT	TS

FORKORTELSER

Forkortelse	Beskrivelse
MW	Martin Kvia Wigaard
Li-ion	Litium-ion
Wt	Watt-timer
KCL	Kirchoffs strøm lov
CC	Constant current
CV	Constant voltage
BMS	Battery management system
NT	Niclas Thoresen



ABSTRAKT


Elektronikk har en sentral rolle i denne prosjektoppgaven. Innholdet som skal fraktes i kjøleboksen er temperatursensitive varer der behovet for overvåkning og presis regulering av temperatur er kritisk for at systemet skal være velfungerende. Dette dokumentet beskriver komponentene som det elektroniske systemet består av, deres virkemåte, grensesnitt og strømforsyning.

INNHALDSFORTEGNELSE

ABSTRAKT.....	282
FIGURLISTE.....	Feil! Bokmerke er ikke definert.
MASKINVARE	286
MIKROKONTROLLER.....	286
SPENNINGSREGULATOR	286
TEMPERATURSENSOR.....	287
RELÉ.....	288
SPENNINGSDELER.....	289
BRUKERGRENSESNIFF.....	290
KOBLINGSSKJEMA	291
PROGRAMVARE	293
FUNKSJONER	293
BIBLIOTEK.....	294
PID REGULERING.....	294
BATTERIPAKKE.....	295
BATTERICELLER.....	295
OPPBYGNING.....	295
CELLER.....	297
OPPLADNING	299
KONKLUSJON	303

FIGURLISTE

Figur 1 - Bilde av mikrokontroller. Arduino Mega.	
Figur 2 - Tegning av arduino hentet fra grabcad.com.....	286
Figur 3 - Bilde av MultiMoto	
Figur 4 - Tegning av MultiMoto	287
Figur 5 - Bilde av DS18B20 temperatursensor	
Figur 6 - Tegning av DS18B20 temperatursensor	288
Figur 7 - Bilde av relé	
Figur 8 - Tegning av dobbelt relé.....	288
Figur 9 - Bilde av spenningsdeler	
Figur 10 - Tegning av spenningsdeler.....	289
Figur 11 - Bilde av vippe bryter	
Figur 12 - Tegning av vippe bryter med motstand.....	290
Figur 13 - Bilde av LCD skjerm som viser verdier	
Figur 14 - Tegning av LCD skjerm.....	290
Figur 15 - Koblingsskjema for hele systemet	292
Figur 16 - PID regulering flow diagram	294
Figur 17 - Seriekobling av 3 batterier	296
Figur 18 - Parallellkobling av 3 batterier	297
Figur 19 - Oppmåling av potensialforskjell før batteriene ble parallellkoblet.....	297
Figur 20 - Illustrasjon av 1 av batteripakkens 2 batterimoduler.	289
Figur 21 - Bilde av batteripakken med to batterimoduler som er koblet i parallell	296



Figur 22 - Bilde av 1 batterimodul med tilhørende BMS tilkoblet.....	299
Figur 23 - Illustrasjon av hvordan en batterimodul er koblet på BMS	300
Figur 24 - Grafene viser en 3-steps oppladnings prosess.....	302

FORMEL LISTE

Formel 1 - Formel for spenningsdeler.....	290
Formel 2 - Kirchoffs strøm lov	296

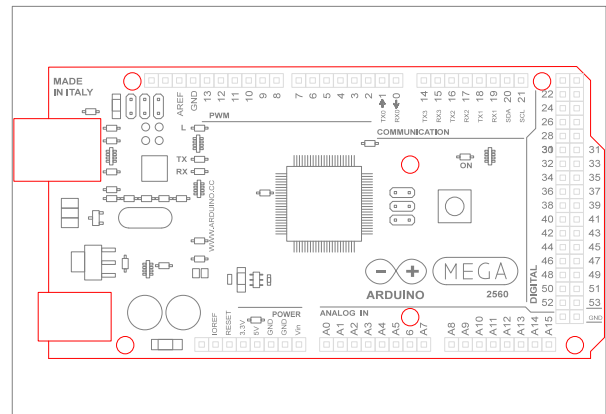
MASKINVARE

MIKROKONTROLLER

Arduino er en mikrokontroller som ble utviklet for studenter uten elektro og programmeringsbakgrunn som et verktøy for rask prototyping. Etterhvert har mikrokontrollene fra Arduino blitt omfavnet av både amatører og profesjonelle [43]. Vi velger å bruke Arduino i vårt prosjekt da vi har noe erfaring med Arduino fra tidligere fag samt dens modulære egenskaper, som tillater rask prototyping.



Figur 117 - Bilde av mikrokontroller. Arduino Mega. grabcad.com



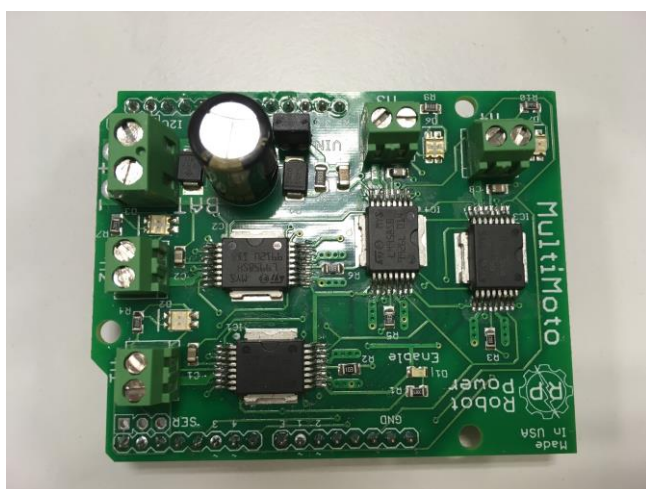
Figur 118 - Tegning av arduino hentet fra

SPENNINGSREGULATOR

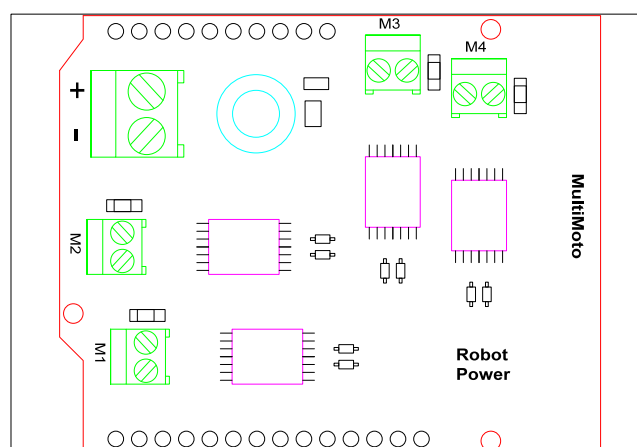
For å styre peltièr elementene som brukes til nedkjøling av boksen velger vi å kontrollere spenningen elementene mottar. Ved å se på databladene til elementene samt resultatene fra testene vi har utført, fant vi de spesifikasjonene og egenskapene som spenningsregulatoren vi trengte måtte inneha.

- Arduino kompatibel
- 4 utganger med individuell styring
- 6A per utgang
- 10 – 15V inn
- Reverserbare utganger

Etter endel reserch så fant vi et «shield» som innfridde kravene vi hadde satt. Et shield er et kretskort med en funksjon som er laget spesielt for Arduino mikrokontrollere. Spenningsregulatoren vi valgte å bruke heter MultiMoto og er designet for å drive små motorer i roboter, men kan også brukes til å drive LED lys, ventiler, reléer, lineære aktuatorer og peltièr elementer. Kortet har 4 utganger med individuell toveis styring, 6-36V input spenning, tåler 6,5A kontinuerlig strøm og 8A peak [44].



Figur 119 - Bilde av MultiMoto

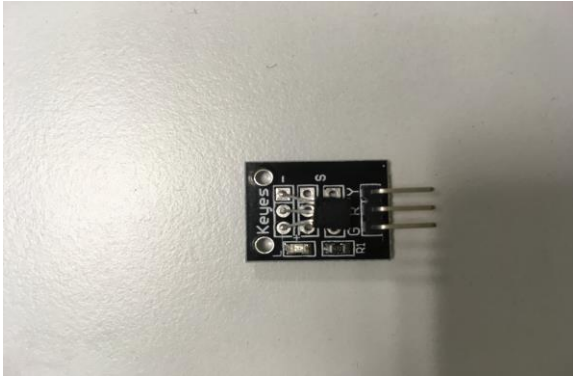


Figur 120 - Tegning av MultiMoto

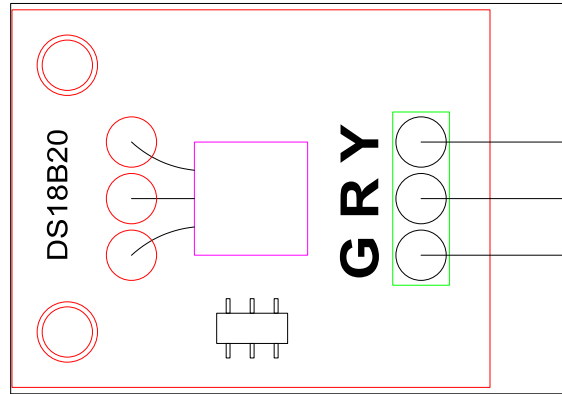
TEMPERATURSENSOR

Ved konstruksjon av prototype 2 benyttet vi en DHT11 temperatursensor. Det viste seg ved kontrollmåling at denne temperatursensoren hadde for dårlig nøyaktighet ($2^{\circ}\text{C} \pm$). I tillegg viste den

bare heltall. Vi undersøkte og fant en temperatursensor som var egnet for systemet. DS18B20 er en temperatursensor som har en nøyaktighet på $0,5^{\circ}\text{C} \pm$ og gir 2 desimaler [45].



Figur 121 - Bilde av DS18B20 temperatursensor



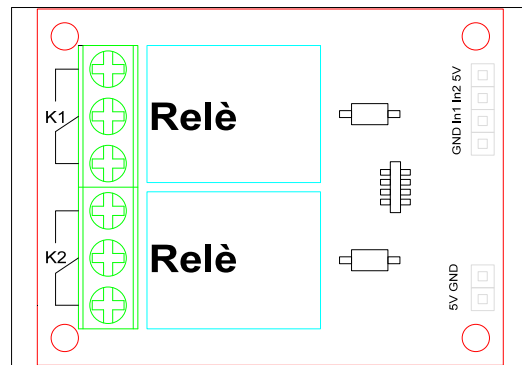
Figur 122 - Tegning av DS18B20 temperatursensor

RELÉ

For å kunne kontrollere når både sirkulasjonsvifte og kjølevifter skal kjøres så har vi valgt å bruke et relé. Et relé er en elektrisk komponent som lar brukeren bryte eller legge inn en krets ved hjelp av et strømsignal. Signalet setter strøm på en elektromagnet som legger en bryter inn. Denne bryteren er fjærbelastet, når signalet går bort så åpner bryteren seg igjen og kretsen er brutt. På reléet er det 2 utganger. NO som står for "normally open", og NC som står for "normally closed". Når reléet er i en "hvilende" tilstand så vil en krets som er koblet til NO utgangen være brutt og en som er koblet til NC utgangen vill være lagt inn. Dette blir da motsatt når strømsignalet settes på. Reléet vi har valgt er Arduino kompatibelt og tåler spenning opp til 30VDC og strøm opp til 10A. [46]



Figur 123 - Bilde av relé



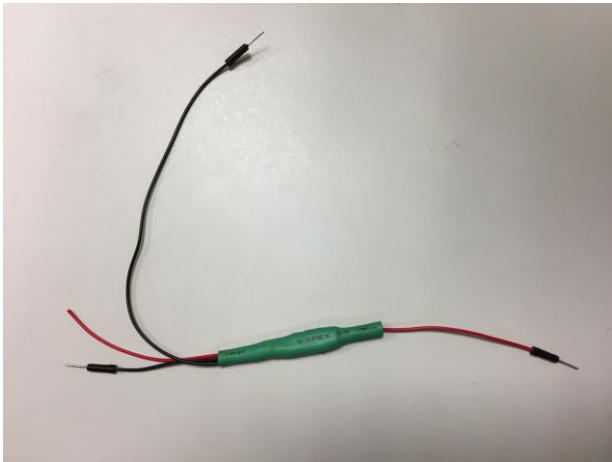
Figur 124 - Tegning av dobbelt relé

SPENNINGSDELER

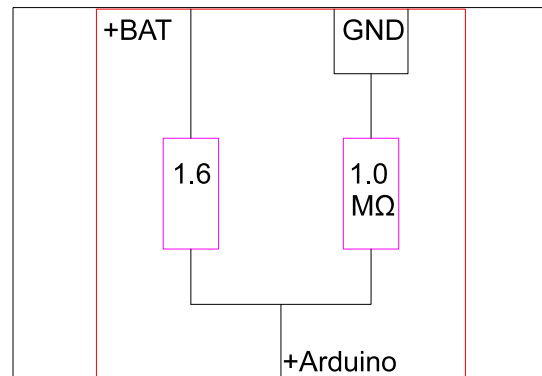
Vi ville vite batteriets potensialforskjell fortløpende når kjølesystemet var aktivt for å kunne ha kontroll på gjenværende batterikapasitet. Arduinoen kan kun måle en spenningsverdi inn mellom 0,0V-5,0V og batteriet vil under drift ha en spenning på mellom 8,4V-12,6V. For å redusere spenningen så den ble målbar, laget vi en spenningsdeler. En spenningsdeler er en elektrisk komponent som ved hjelp av motstander reduserer potensialforskjellen mellom inngang og utgang. Ved å velge riktig forhold mellom motstandene kan vi tilpasse spenningen som monitorers av Arduinoen. [47]

$$V2 = V1 * \frac{R2}{R1+R2} \Leftrightarrow 5V = 12,6V * \frac{1M\Omega}{1M\Omega+1,52M\Omega}$$

Formel 6 - Formel for spenningsdeler



Figur 125 - Bilde av spenningsdeler



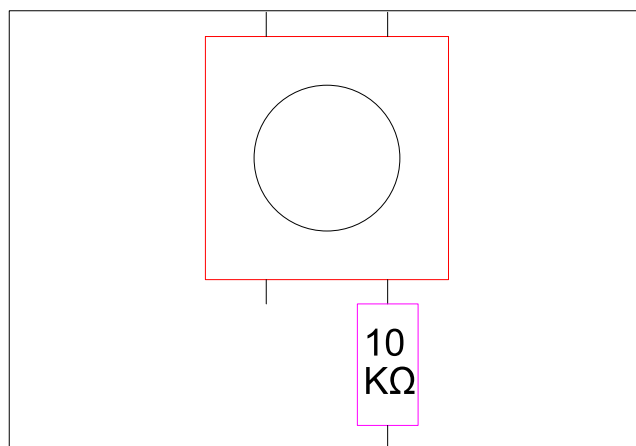
Figur 126 - Tegning av spenningsdeler

BRUKERGRENSESNITT

For å kunne kontrollere og overvåke systemets funksjoner og status har vi implementert en bryter og en LCD skjerm. Bryteren har en av/på funksjon der på-bryteren starter kjølesystemet. Kjølesystemet kjøler da ned boksen til 4°C og regulerer pådrag så temperaturen holder seg stabil. LCD skjermen viser temperatur i boksen, hvilken temperatur kjølesystemet er satt til å kjøle ned til og gjenværende batterikapasitet. Dette brukergrensesnittet er hovedsakelig for bruk ved testing av prototype men ansees også som første steg mot brukergrensesnitt for endelig bruker.

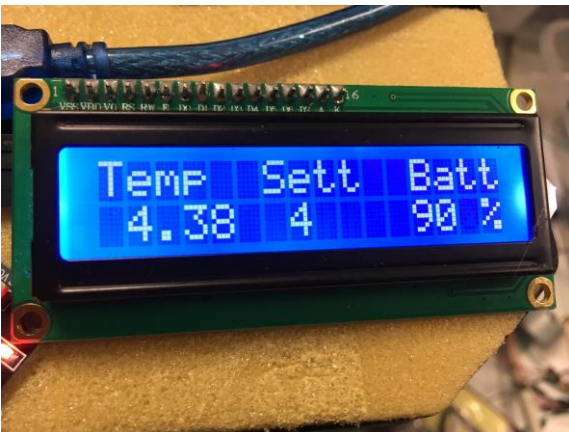


Figur 127 - Bilde av vippe bryter

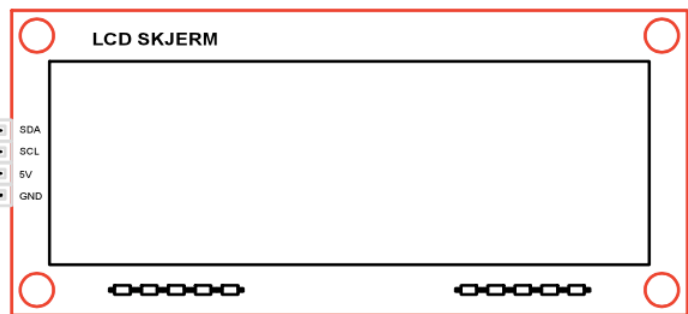


Figur 128 - Tegning av vippe bryter med motstand

Skjermen vi har valgt å bruke er en 2x16 LCD skjerm. Skjermen har en tilleggsmodul som lar Arduinoen skrive til skjermen via en I2C BUS. På skjermen kan vi lese av temperaturen inne i boksen, hva temperaturreguleringen er satt til og batteriprosent.



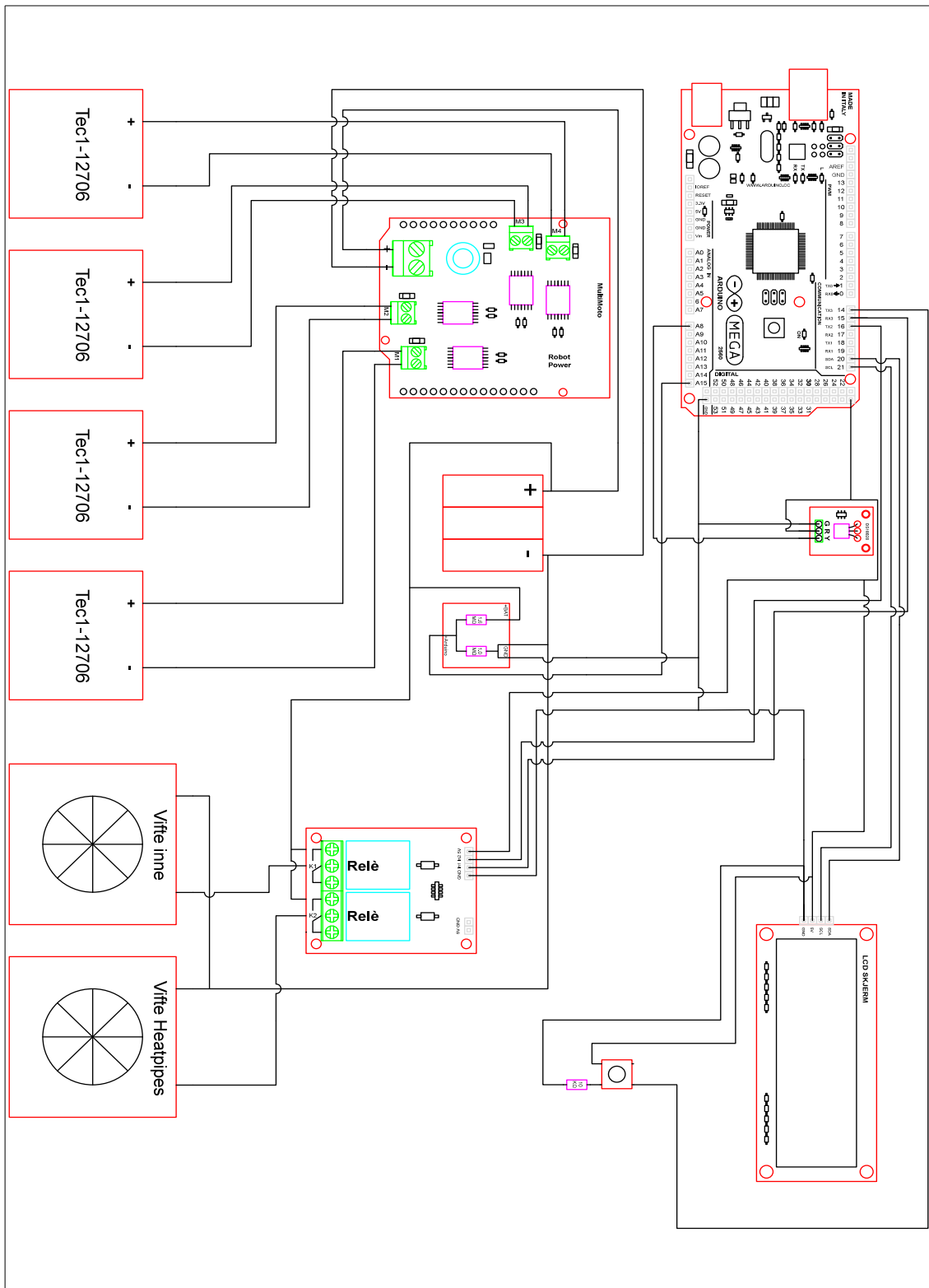
Figur 129 - Bilde av LCD skjerm som viser verdier



Figur 130 - Tegning av LCD skjerm

KOBLINGSSKJEMA

For å kunne gi en oversikt over alle elektroniske komponenter har vi laget et koblingskjema i Autodesk AutoCAD. (Figur 131). Koblingskjema viser skjematisk hvordan de forskjellige komponentene er koblet sammen.



Figur 131 - Koblingskjema for det elektroniske systemet

PROGRAMVARE

FUNKSJONER

1. sikkerhet(voltVerdi);

Skrur av vifter og kjølesystem om spenningen på batteriene blir for lav. Dette for å ikke ødelegge batteriene. Bruker voltVerdi.

2. sjekkTemp();

Henter temperaturverdien fra temperatursensor, skriver den ut på seriell monitor og returnerer temperaturen (erVerdi).

3. regulering(erVerdi);

Mottar temperaturverdien og regner ut pådrag i forhold til en settverdi. Returnerer pådragsverdien (paadrag).

4. sendPWM(paadrag);

Bruker pådragsverdien (paadrag) for å sende PWM signal til MultiMoto spenningsregulator.

5. lesVolt();

Leser batterispenningen og returnerer spenningsverdien (voltVerdi) når systemet er skrudd på. Når det ikke er skrudd på setter den spenningsverdien (voltVerdi) til 350. Returnerer spenningsverdien (voltVerdi)

6. skrivTilLCD(erVerdi, voltVerdi);

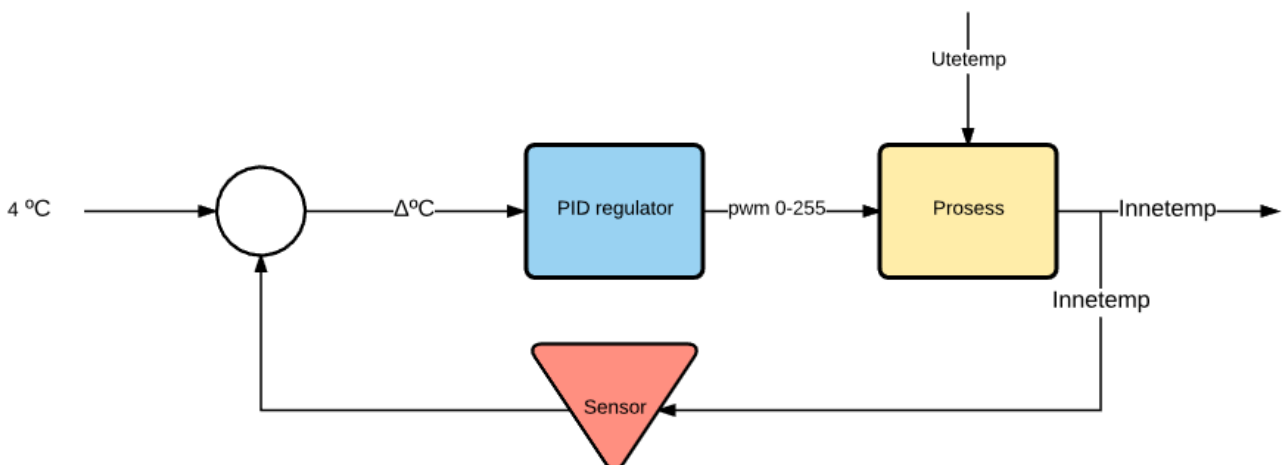
Mottar temperaturverdien (erVerdi) og spenningsverdien (voltVerdi). Skriver disse verdiene og settpunktverdi til LCD skjerm

BIBLIOTEK

- <LiquidCrystal_I2C.h> Bibliotek for LCD skjerm
- <DallasTemperature.h> Bibliotek for Temperatursensor
- <OneWire.h> Bibliotek for oneWire BUS
- <SPI.h> Bibliotek for SPI BUS
- <PID_v1.h> Bibliotek for PID regulator
- <Wire.h> Bibliotek for I2C BUS

PID REGULERING

Etter mye testing med peltièr elementer fant vi ut at de ikke er egnet for av og på regulering. Vi valgte derfor å bruke et PID regulerings bibliotek i programvaren for å kunne regulere peltièr elementene trinnløst. En PID regulering regulerer i 3 ledd. P-leddet(proporsjonal), I-leddet (integrasjon) og D-leddet (derivasjon). P-leddet tar differansen mellom settpunkt og faktisk verdi og ganger det opp med en faktor for å få pådragsverdien. I-leddet integrerer avviket over med en faktor, så jo lenger tid det tar for systemet å redusere avviket så øker pådraget. D-leddet kan sees på som en støtdemper som senker pådraget dersom det er for raske endringer i avviket. Disse tre faktorene som P, I og D bruker må” tunes” for at systemet skal fungere optimalt. [48]



Figur 132 - PID regulering flow diagram

BATTERIPAKKE

BATTERICELLER

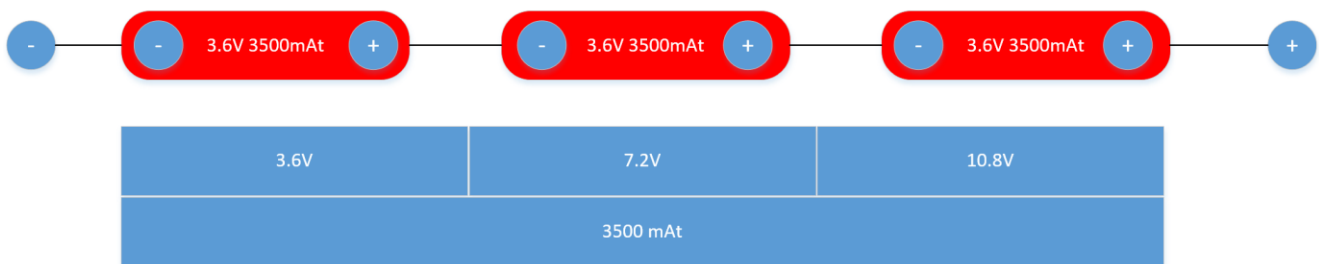
Som energiforsyning til de elektroniske komponentene har vi valgt å sette sammen en batteripakke bestående av litium-ion celler. Det finnes både fordeler og ulemper ved bruk av li-ion kjemi i batterier. Den kanskje største fordelen, og grunnen til at den er godt egnet i vårt system, er dens høye energitetthet [49]. Energitettheten er varierende fra produsent til produsent, men typiske verdier er mellom 180Wt/kg og 265 Wt/kg [50]. I vårt tilfelle er energitettheten 224 Wt/kg. Til sammenligning har et tradisjonelt nikkel-metall hydride AA batteri en energitetthet på mellom 90 Wt/kg og 100 Wt/kg [50]. Optimalisering og vektreduksjon er sentrale punkter i alle komponenter i forbindelse med dronetransport og det er derfor viktig at også batteripakkens vekt er så lav som mulig. Andre fordeler vedrørende bruk av li-ion celler er lav selv-utladning, lavt vedlikeholds behov, og mulighet for høy effekt ved utladning [49]. En av hovedutfordringene ved bruk av li-ion batterier er tilknyttet oppladning [51]. Lav toleranse for overlading gjør at prosessen bør overvåkes og kontrolleres [51]. Denne utfordringen kan løses enten ved bruk av lader med innebygget sensorsystem eller en BMS (battery management system) [52]. Vi har valgt å benytte BMS i vårt system.

OPPBYGNING

Ved hjelp av testing og simulering har vi kartlagt ønsket spenning og energikapasitet fra batteripakken. Fra testresultatene har vi konkludert med at spenningen bør være omkring 12V og energikapasitet på 200Wt. 200Wt ved 12V tilsvarer 16 667 mAt. I en batteripakke vil imidlertid ikke spenningen holdes konstant men variere mellom øvre og nedre grenser. Etersom energikapasiteten i mAt er en funksjon av potensialforskjellen i batteriet bør dette tas hensyn til. I en batteripakke med nominell spenning på 10.8V vil 200Wt tilsvare 18500 mAt.

Batteriene i batteripakken er Panasonic-Sanyo NCR18650GA 3500mAh som har en nominell spenning på 3.6 Volt. Batteriene har en maksimal spenning etter oppladning på 4.2V og minimumsnivå etter utladning på 2.8V.

For at spenningen til batteriet skal være i ønsket intervall har vi valgt å koble 3 batterier i serie. Ved å koble negativ pol på batteri n , med potensialforskjell v , til positiv pol på batteri m , også med potensialforskjell v , økes potensialforskjellen fra v til $2v$. Tilsvarende vil kobling av tre batterier i serie, med lik potensialforskjell v , gi en total potensialforskjell på $3v$ [53]. I vårt oppsett vil dette gi en nominell spenning fra batteriet på $3 \cdot 3.6V = 10.8V$ og et spenningsintervall fra $8.4V$ etter utladning til $12.6V$ etter oppladning.



Figur 133 - Seriekobling av 3 batterier viser at potensialforskjellen øker mens kapasiteten forblir uendret

Kapasiteten vil imidlertid forbli den samme, på 3500mAh i vårt tilfelle. Dette er gitt av Kirchoffs strøm lov (KCL) som sier at summen av strøm inn i til et forgreningspunkt, må være lik som summen av strøm ut fra forgreningspunktet [54]. Algebraisk kan dette uttrykkes som:

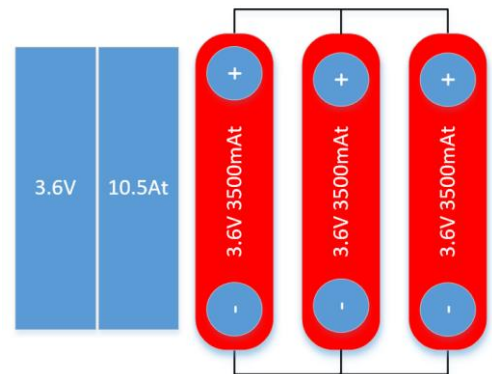
$$\sum_{i=1}^N I_i = 0$$

Formel 7 - Kirchoffs strøm lov

der strøm inn til et forgreningspunkt har positivt fortegn og strøm ut fra forgreningspunktet har negativt fortegn [54].

CELLER

Én celle i vår batteripakke består av 3 batterier koblet i parallell. Ved å koble 3 batterier, med lik potensialforskjell, i parallell forblir potensialforskjellen den samme som over ett batteri. Kapasiteten blir imidlertid endret på samme måte som potensialforskjellen blir endret ved å koble batteriene i serie. Med 3 batterier koblet i parallell, som hver har en nominell kapasitet på 3500 mAt, gir dette en total kapasitet på 10500 mAt pr. celle.



Figur 134 - Parallellkobling av 3 batterier viser at kapasiteten øker mens potensialforskjellen forblir uendret

Dersom batterier med ulik potensialforskjell kobles i parallell vil dette skape en elektrisk strøm fra batteriet med høyest potensialforskjell til batteriet med lavest potensialforskjell [13]. En ukontrollert mengde strøm er uønsket da dette kan skade battericellen.

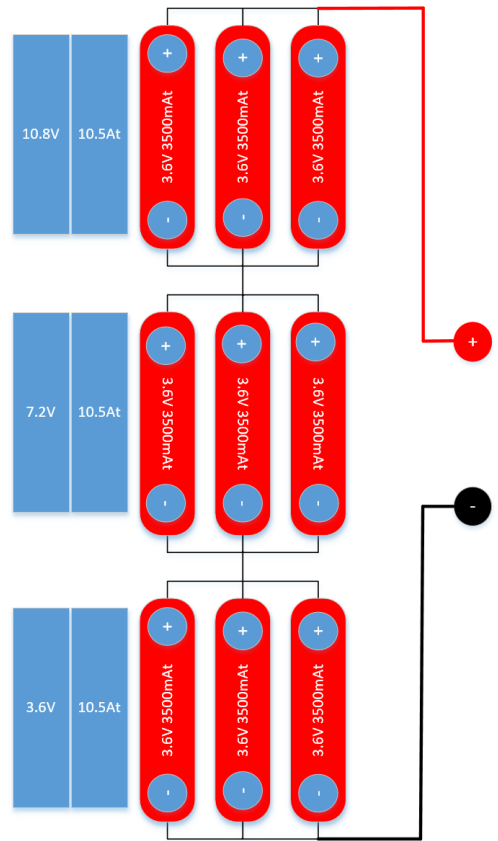
Batteriene i vår batteripakke ble målt før de ble koblet i parallell og celler ble bygget med batterier med lik potensialforskjell, som var innenfor en nøyaktighet på $1 \cdot 10^{-3}V$.



Figur 135 - Oppmåling av potensialforskjell før batteriene ble parallellkoblet

Disse cellene har så blitt koblet sammen i serie bestående av 3 celler. Modulen som består av 3 celler i serier, som hver har 3 batterier i parallell, har en potensialforskjell på 10.8V og 10500 mAt.

Totalt består batteripakken av 2 slike moduler som er koblet sammen i parallell. Dette er for å imøtekomme den ønskede kapasiteten på 200Wt. Det gir en samlet potensialforskjell i batteripakken på 10.8V og 21000 mAt som tilsvarer 226.8 Wt.



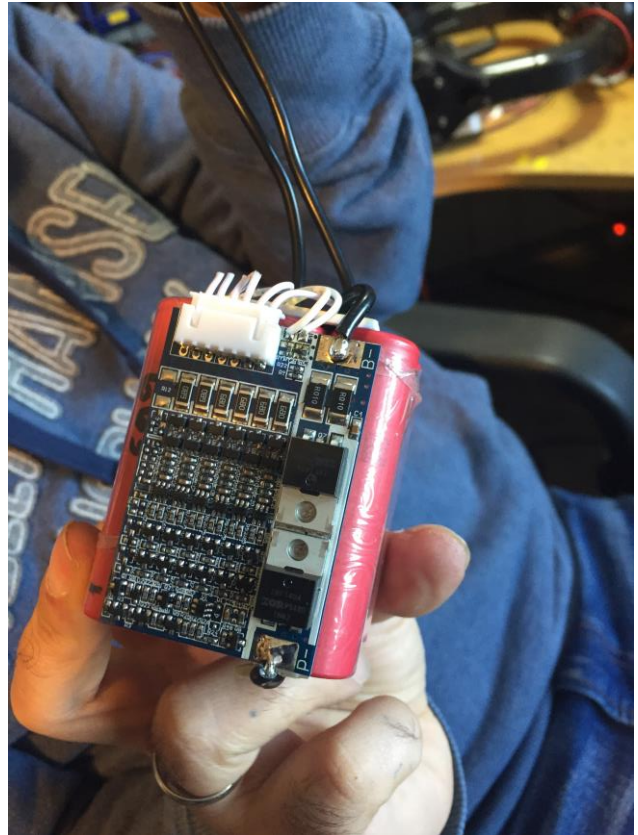
Figur 136 - Illustrasjon av 1 av batteripakkens 2 batterimoduler. Hver modul har en kapasitet på 10500mAt og potensialforskjell på 10.8V



Figur 137 - Bilde av batteripakken med to batterimoduler som er koblet i parallell. Batteripakken har en kapasitet på 21000mAt og potensialforskjell på 10.8V

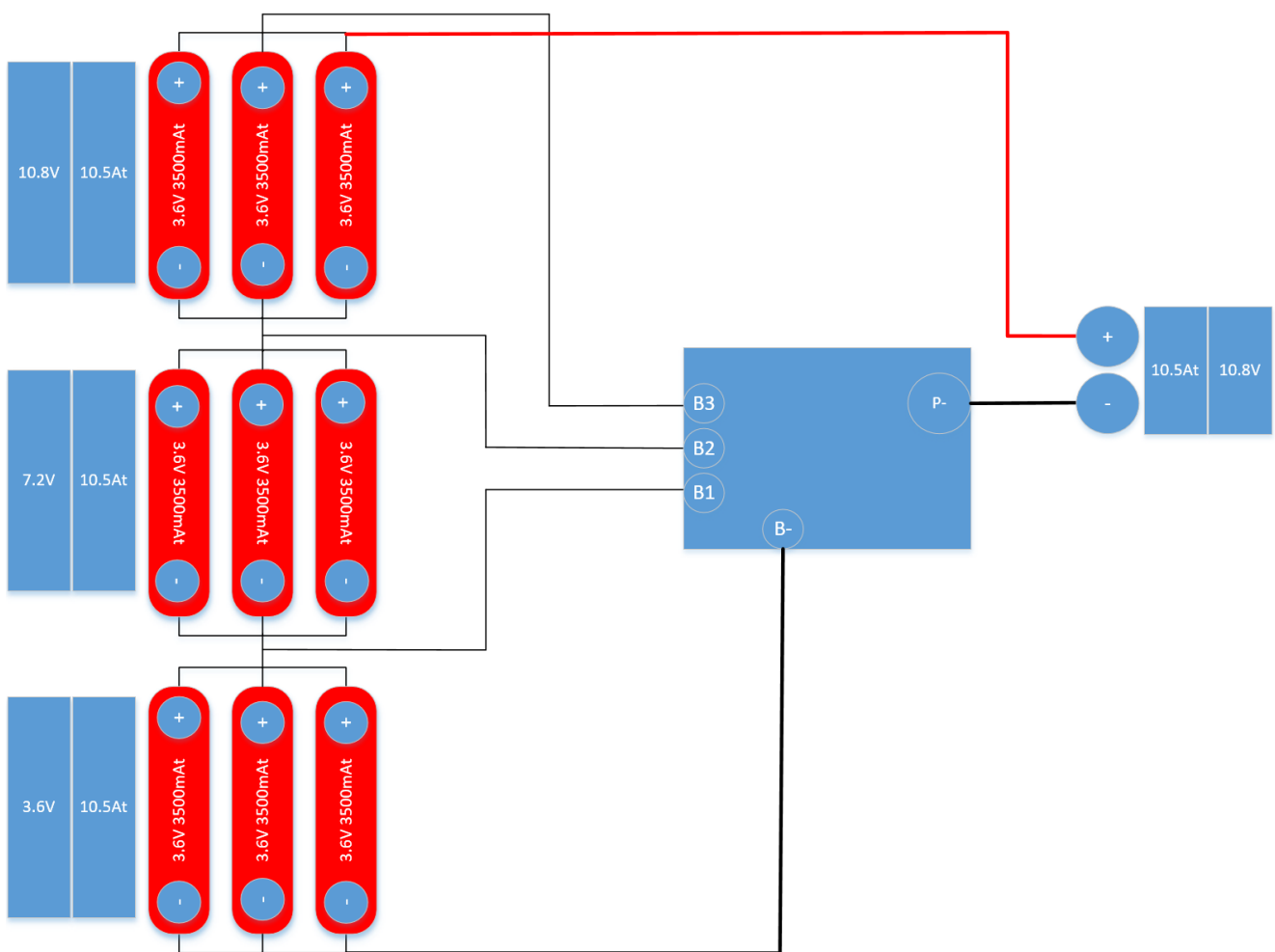
OPPLADNING

En BMS er essensielt et lite kretskort. Oppgaven til en BMS er å overvåke og regulere de seriekoblede cellene i batteripakken. Målet med reguleringen er å sørge for at spenningen i de individuelle cellene er på samme nivå, at batteriene opererer innenfor sine nedre og øvre grenser i forbindelse med strømstyrke ved oppladning og utladning, og at temperaturen i cellene ikke overstiger tillatte grenser [52]. Dersom en celle blir overladet vil dette medføre fare for eksplosjon eller brann. Dette skyldes en reaksjon i battericellens katode som begynner å produsere karbondioksid. Produksjon av CO₂ fører til oppbygning av trykk i battericellen. Dersom ingen sikkerhetstiltak iverksettes, altså at oppladningen opphører, vil en sikkerhetsmembran utløses ved ca. 3500kPa og trykket vil ventilere ut. Dette i form av flammer [51].




Figur 138 - Bilde av 1 batterimodul med tilhørende BMS tilkoblet

Dersom flere celler er koblet i serie, som i vårt tilfelle, kan situasjoner oppstå der cellene ikke har lik spenning. Eksempelvis kan 3 celler som til sammen har en potensialforskjell på 12.0V være på henholdsvis 4.0V, 3.8V og 4.2V. Cellen som i utgangspunktet var på 4.2V vil da bli overladet innen cellen på 3.8V er fulladet. En av oppgavene til en BMS er å forhindre den individuelle potensialforskjellen som kan oppstå i battericellene. Spenningsensorer kobles til mellom hver seriekoblet celle og utligner eventuelle potensialforskjeller om de skulle oppstå. Reguleringen er aktiv både under oppladning og utladning.

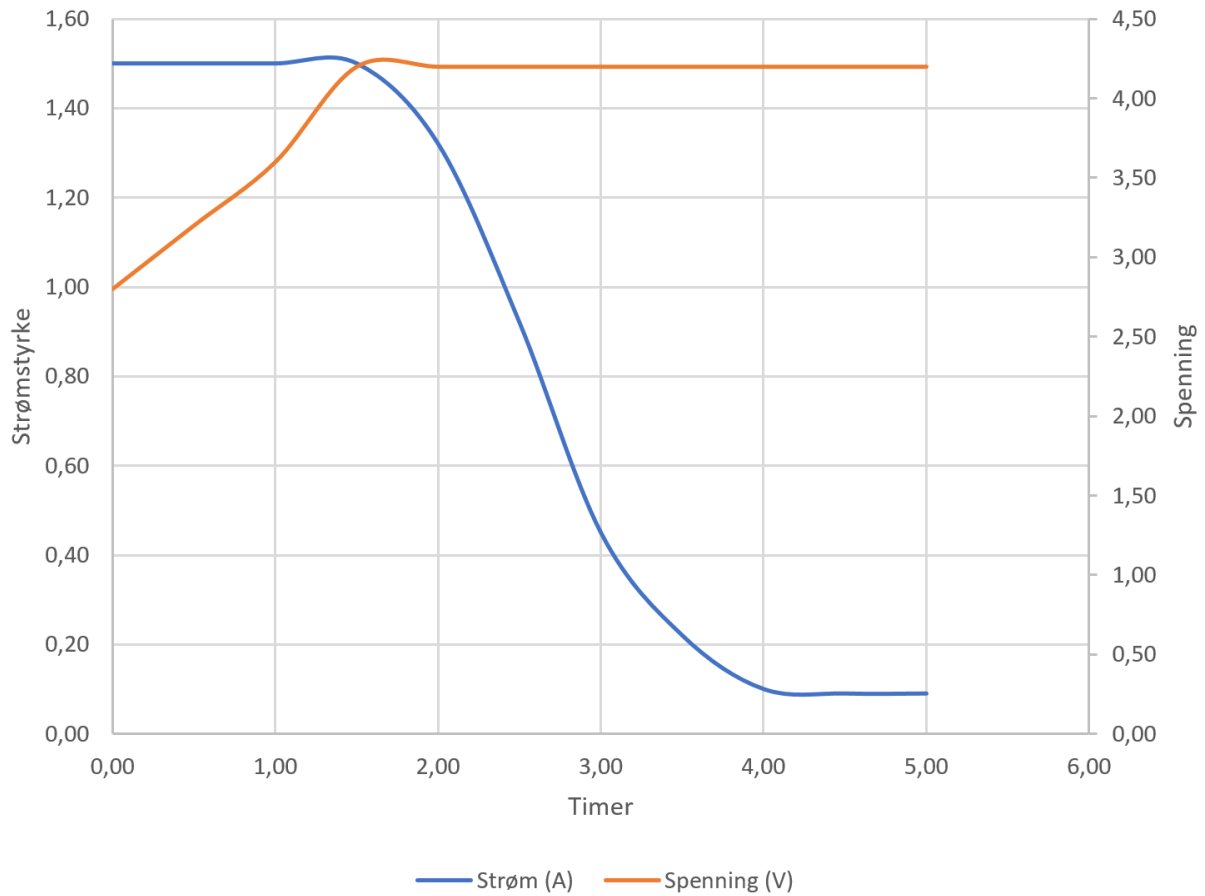


Figur 139 - Illustrasjon av hvordan en batterimodul er koblet på BMS. B- er batteriets negative leder inn til BMS. B1 er sensor 1 som er koblet mellom første og andre celle. B2 er sensor 2 som er koblet mellom batteriets andre og tredje celle. B3 er sensor 3 som er koblet til batteriets positive leder. P- er batteriets negative leder ut fra BMS.



Oppladning prosessen av li-ion batterier er en 3-steps prosess, eventuelt 4-steps prosess avhengig av ladetype [51]. Første steg er en konstant strøm prosess, betegnes som CC (constant current) fase, der spenningen gradvis øker til ønsket nivå. I vårt tilfelle er dette 4.2V pr. celle eller 12.6V totalt i batteripakken. Når ønsket spenningsnivå er nådd starter andre steg som er en konstant spennings prosess, betegnes som CV (constant voltage) fase, der strømstyrken gradvis avtar. Steg 2 refereres til som metnings prosess som er ønsket i forbindelse med økt brukstid på batteriene. Batteriene betegnes som fulladet når metnings strøm er på 0.3%-0.5% av batteriets kapasitet når det er fulladet [51]. Vår batteripakke, med kapasitet på 21 000 mAh, vil være fulladet når metnings strøm er på 63mA. Eventuelt 10.5mA pr. celle. Tredje steg er der oppladningen avsluttes og batteriet er fulladet. Dersom batteriene blir liggende ubrukt etter oppladning vil dette medføre en minimal selv-utladning [51]. Fjerde steg er en toppladning prosess som iverksettes ved gitte tidsintervaller for å lade opp batteriet til full kapasitet etter selv-utladning. I en batteribank der det er ønskelig å ha bruksklare batterier til enhver tid, kan det fjerde steget være en ønsket funksjon av laderen.

Tre-steps oppladning



Figur 140 - Grafene viser en 3-steps oppladnings prosess. CC-fase frem til potensialforskjell mellom ladespenning og batterispenning er lik null. Deretter CV-fase frem til metnings strøm er på 0.03%-0.05% av full kapasitet og oppladingen opphører.

KONKLUSJON

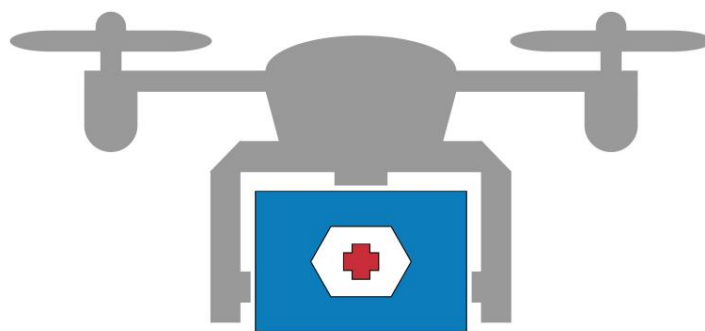
Formålet med arbeidet innen elektronikk var å møte de funksjonelle kravene gitt av kjølesystemet. På tross av begrenset erfaring innen emnet, har vi tilegnet oss tilstrekkelig med kunnskap for å konstruere et system som tilfredsstillende funksjonene som kjøleboksen skal inneha. Vi ser imidlertid at ved videre iterering frem mot den endelige fullskala prototypen vil det være muligheter for forbedringer. Et firma som Dronera, med høyt kompetansenivå innen elektronikk og programmering, vil kunne skreddersy en integrert løsning som lett vil kunne implementeres i kjøleboksen.



tecBAT / Gruppe 11

TERMISK TEST

TERMISK TEST AV ANDRE PROTOTYPE



VERSJONSHISTORIKK

Dato	Versjon	Kommentar	Av	Godkjent av
04.05.17	0.1	Dokument opprettet	MW	
16.05.17	0.2	Testresultater og konklusjon har blitt lagt til	MW	
18.05.17	0.3	Lagt til resultater fra regulering	MW	
19.05.17	0.4	Oppdatert abstrakt og konklusjon	MW	
23.05.17	1.0	Ferdigstilling av versjon 1.0	MW	FR

FORKORTELSER

Forkortelse	Beskrivelse
MW	Martin Kvia Wigaard
V	Volt
A	Ampere
W	Watt
Wt	Watttime



ABSTRAKT

Dette dokumentet beskriver oppbygging, gjennomføring, resultater og konklusjon på andre testfase. Ved hjelp av tester har vi kartlagt kjølesystemets optimale spenningsnivå, nedkjølingshastighet og energiforbruk for prototype 2. Ved å erstatte den tradisjonelle kjøleribben med en aluminiumsplate er resultater fra denne testfasen avgjørende for validering av kjølesystemets oppbygning.



INNHALDSFORTEGNELSE

ABSTRAKT.....	308
FIGURLISTE.....	310
HENSIKT.....	311
TEST RIG OG KONFIGURASJON	311
RESULTATER	313
NEDKJØLINGSHASTIGHET 11.0V	313
NEDKJØLINGSHASTIGHET 12.5V	314
NEDKJØLINGSHASTIGHET 14.0V	315
ENERGIFORBRUK VED TEMPERATUR-REGULERING	316
KONKLUSJON	317

FIGURLISTE

Figur 1 - Prototype 2 av karbonfiber.....	311
Figur 2 - Multimoto motorkontroller	312
Figur 3 - Lab-strømforsyning 11.0V konstant spenning	313
Figur 4 - Nedkjølingshastighet og effekt ved 11.0V.....	313
Figur 5 - Lab-strømforsyning.....	314
Figur 6 - Nedkjølingshastighet og effekt	314
Figur 7 - Lab-strømforsyning 14.0V	315
Figur 8 - Nedkjølingshastighet og effekt ved 14.0V.....	315
Figur 9 - Grafen viser effektendring ved temperatur-regulering	316
Figur 10 - Sammenligning av nedkjølingshastighet.....	317

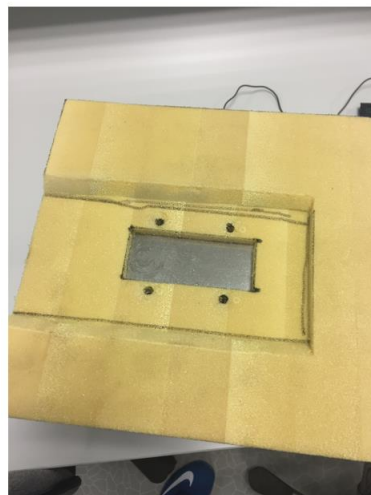
HENSIKT

Hensikten med testene er å kartlegge nedkjølingshastighet og energiforbruk ved nedkjøling av boksen, samt energiforbruk ved temperatur-regulering på 4°C. Resultater fra disse testene skal bli brukt til å bestemme optimale strøm og spenningsnivåer systemet bør dimensjoneres etter. Med systemet menes batteridimensjoner, ledninger, spenningsregulator og vifter.

TEST RIG OG KONFIGURASJON

Prototype 2 er en videreutvikling av prototype 1. Boksen er konstruert med ytre boks i karbonfiber med dimensjoner 260x260x260 (l-b-h) mm. Isolasjonen i boksen er 20mm PVC plater med termisk ledningsevne på 0.036 W/mK.

Kjølesystemet til boksen består av 2 peltier elementer på 6A som er montert med «kald» side på en 1.5mm tykk aluminiumsplate. Den «varme» siden av peltier elementene er montert på en 10mm kobberskinne som fungerer som varme-bro og bindeledd mellom elementene og heatpipe som skal frakte varmeenergi bort fra systemet. Kjølesystemet er montert på 20mm PVC plate som fungerer som boksens lokk.



Figur 141 - Prototype 2 av karbonfiber med 20mm PVC isolasjonsplater.

På aluminiumsplatens kalde side er det montert en vifte som skal forsikre luftsirkulasjon inne i boksen. En temperatursensor er suspendert i boksens senter for avlesning av temperatur. Strømforsyningen til forsøket er laboratoriestrømforsyning QPX1200SP.

Strømforsyningen er koblet til et motorkontroller kort som forsyner de 2 peltier elementene med strøm fra 2 individuelle utganger.

Forsøkene i forbindelse med nedkjølingshastighet ble utført med tre forskjellige konfigurasjoner; første forsøk ble gjennomført med 11.0V, andre forsøk med 12.5V og tredje forsøk med 14.0V. I alle forsøkene ble strømstyrken begrenset til 12.0A. En stoppeklokke ble brukt til å manuelt lese av strømstyrke og temperatur med intervaller på 30 sekunder. Hvert av forsøkene i forbindelse med nedkjølingshastighet ble avsluttet når temperaturen inne i boksen hadde sunket til 4°C med ambient lufttemperatur på 23.20°C.



Figur 142 - Multimoto motorkontroller

RESULTATER

NEDKJØLINGSHASTIGHET 11.0V

Før kjølesystemet ble startet viste temperatursensoren at det var 23.20 °C inne i boksen. Resultatene viser at peltier elementene trekker noe mer strøm under oppstart men stabiliserer seg på ca. 7.5A etter 3 minutter.

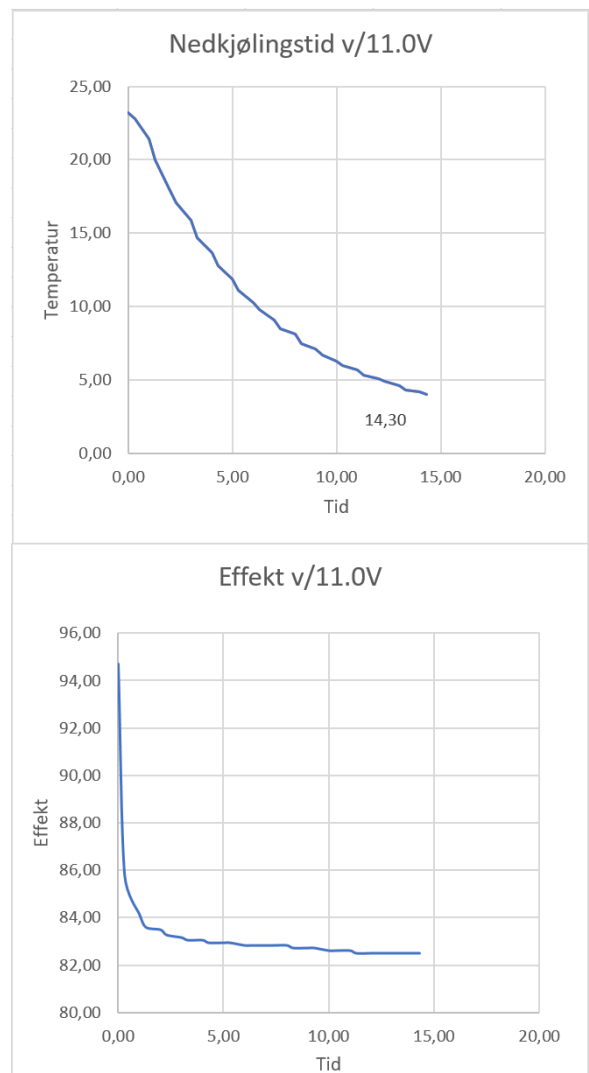
Total nedkjølingstid fra 23.20°C til 4°C er 14 minutter og 30 sekunder.

Gjennomsnittlig effekt i nedkjølingsfasen ved 11.0V er på 83.36W. Det gir totalt energiforbruk under nedkjøling på:

$$83,36W \cdot 0,242t = 20,15Wt$$



Figur 143 - Lab-strømforsyning. 11.0V konstant spenning, 12.0A begrensning av strømstyrke



Figur 144 - Nedkjølingshastighet og effekt ved 11.0V

NEDKJØLINGSHASTIGHET 12.5V

Starttemperaturen i andre forsøk var på 22.5 °C. I likhet med første forsøk trakk peltier elementene mer strøm under oppstart men stabiliserte seg etter ca. 4 minutter på 8.5A.

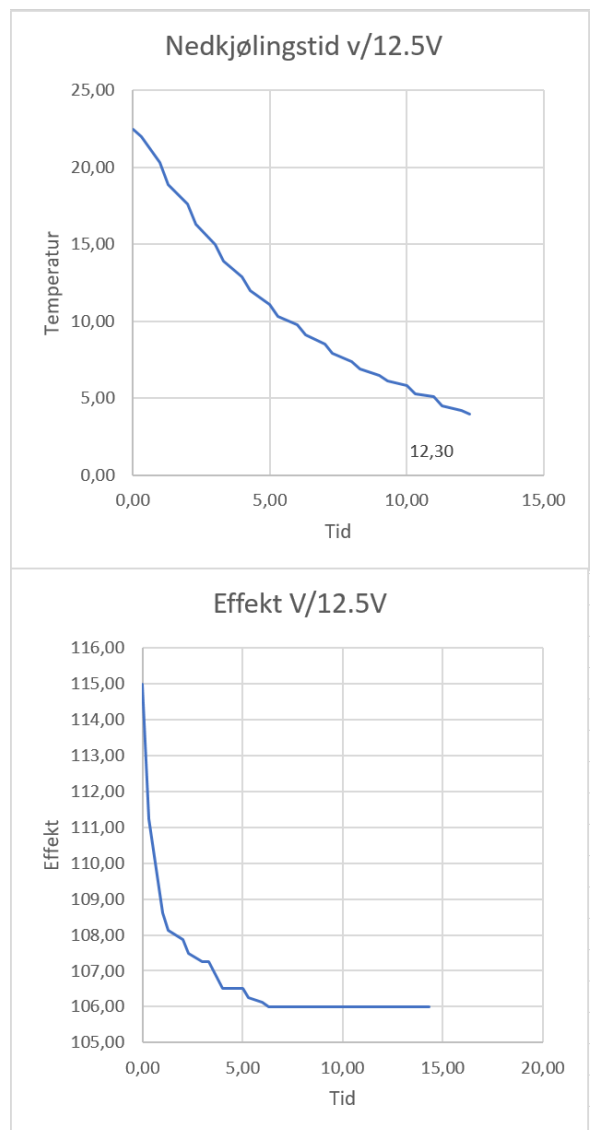
Total nedkjølingstid fra 22.5°C til 4°C ble 12 minutter og 30 sekunder.

Gjennomsnittlig effekt ved 12.5V under nedkjølingsfasen var på 106.89W. Det gir totalt energiforbruk under nedkjøling på:

$$106.89W \cdot 0,208t = 22,27Wt$$



Figur 145 - Lab-strømforsyning. 12.5V konstant spenning, 12.0A begrensning av strømstyrke



Figur 146 - Nedkjølingshastighet og effekt ved 12.5V

NEDKJØLINGSHASTIGHET 14.0V

Starttemperaturen i tredje forsøk var på 22.0 °C. I likhet med de to første forsøkene trakk peltier elementene mer strøm under oppstart men stabiliserte seg etter ca. 3 minutter på 9.35A.

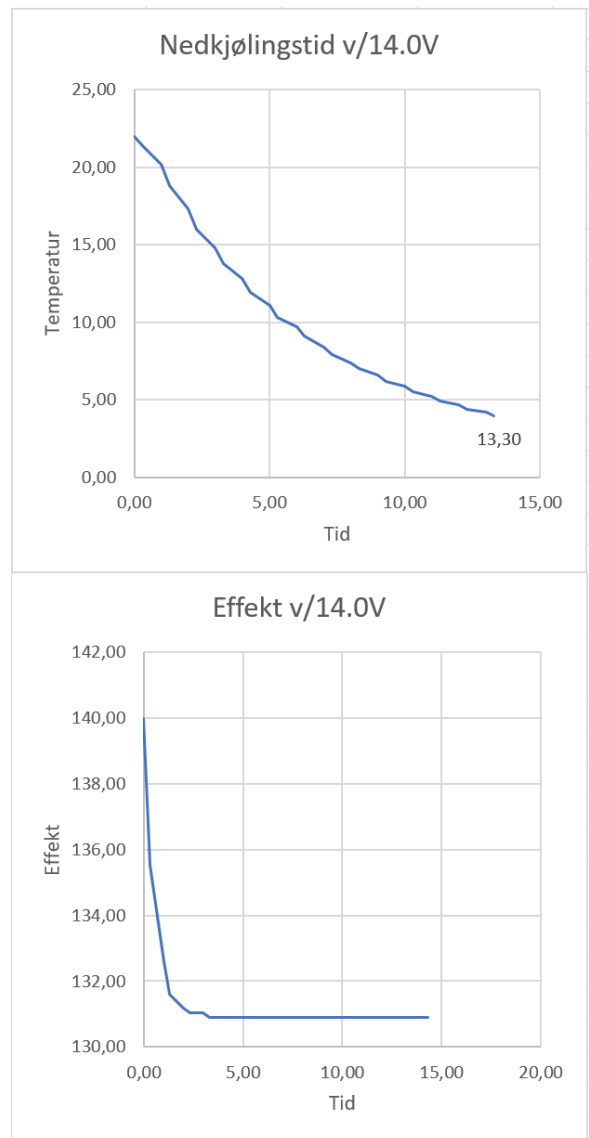
Total nedkjølingstid fra 22.5°C til 4°C ble 13 minutter og 30 sekunder.

Gjennomsnittlig effekt ved 14.0V under nedkjølingsfasen var på 131.46W. Det gir totalt energiforbruk under nedkjøling på:

$$131.46W \cdot 0,225t = 29,58Wt$$



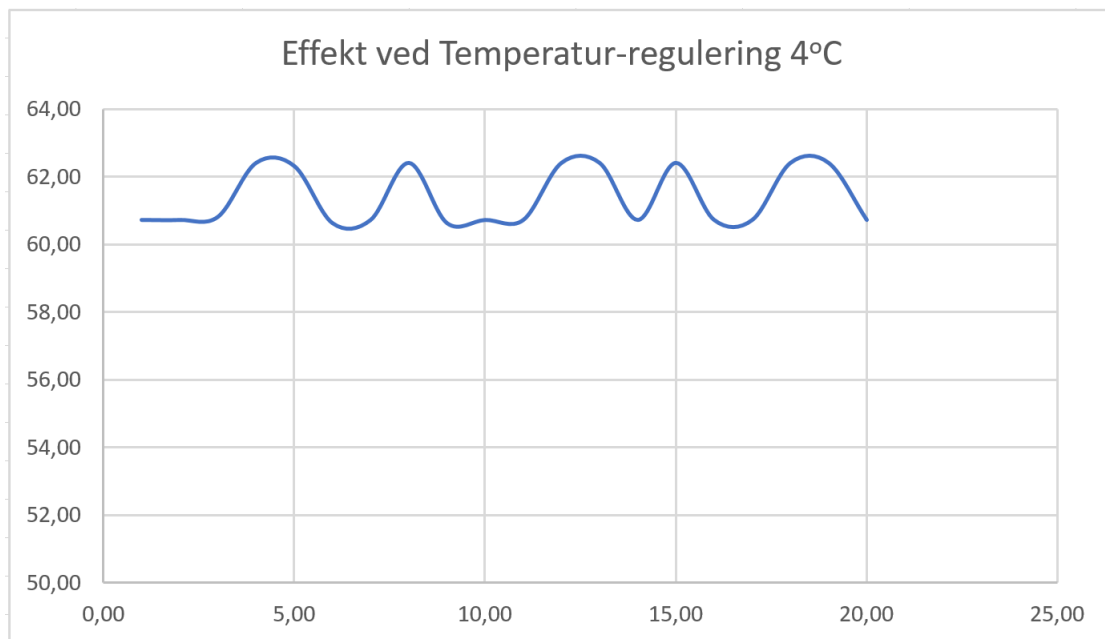
Figur 147 - Lab-strømforsyning. 14.0V konstant spenning, 12.0A begrensning av strømstyrke



Figur 148 - Nedkjølingshastighet og effekt ved 14.0V

ENERGIFORBRUK VED TEMPERATUR-REGULERING

For å kartlegge energiforbruk ved temperaturregulering brukte vi samme testoppsett som ved nedkjøling. I denne testen regulerte vi spenningen ut fra strømforsyningen manuelt med mål om å holde temperaturen inne i boksen stabil på 4°C med ambient lufttemperatur på 23.20°C. Dersom temperaturen steg til over 5°C justerte vi spenningen opp 0.1V og dersom temperaturen sank til under 4°C justerte vi spenningen ned 0.1V.



Figur 149 - Grafen viser effektendring ved temperatur-regulering på 4°C over 20 minutter

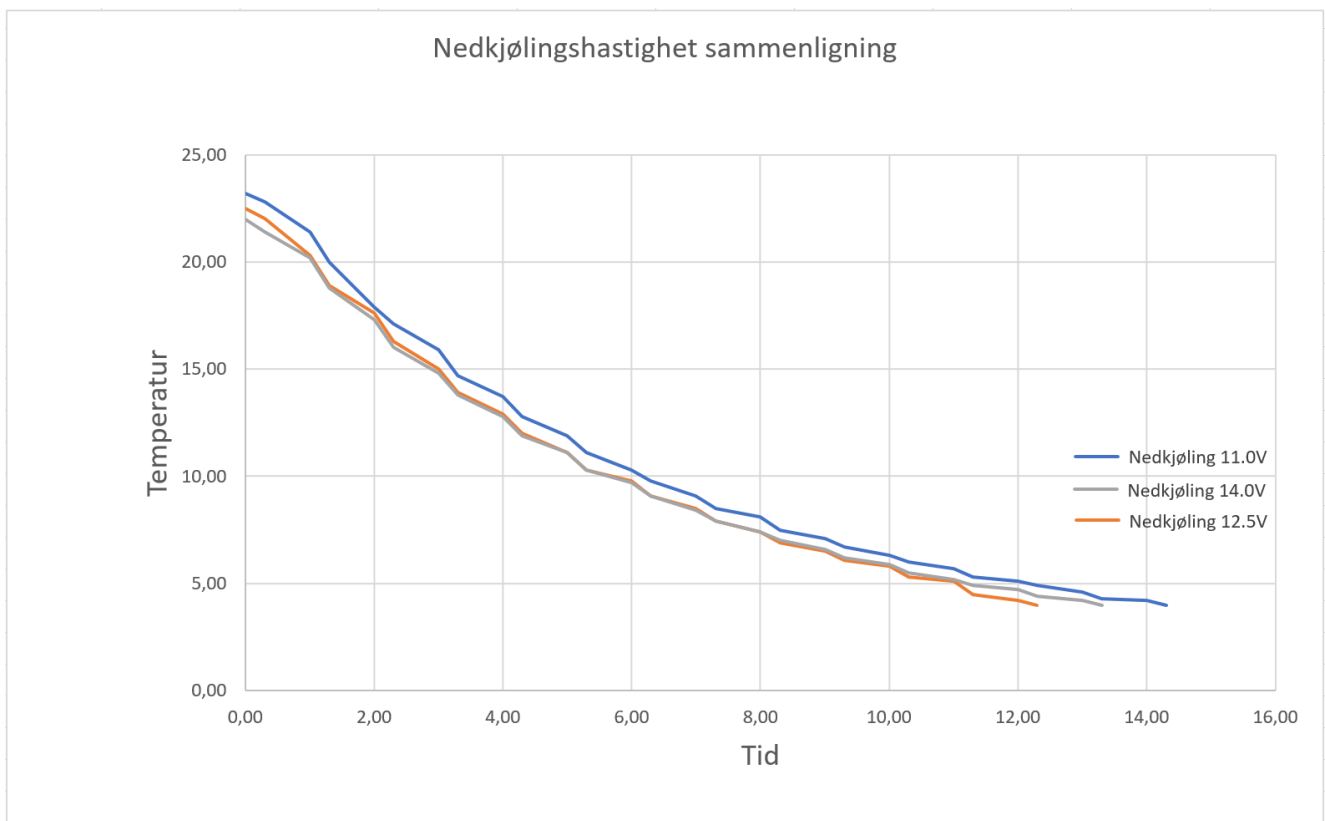
Gjennomsnittlig effekt over forsøketstidsforløp var på 60.82W. Knyttet mot kravkode DR-P5-A om systemets driftstid på 90 minutter kan det da estimeres, for denne prototypen under like forhold, at energibehovet vil være:

$$60.82W \cdot 1.5t = 91.3Wt$$

KONKLUSJON


I testfase 2 tok vi med oss lærdom fra første testfase. Denne lærdommen omhandler oppsettet av peltier elementer, system for å transportere varmeenergi bort fra systemet og hvilken effekt som skal tilføres peltier elementene. Resultatene fra testene viste at nedkjølingstid var, noe varierende.

Ved en økning på 1.5V fra 11.0V til 12.5V reduserte nedkjølingstiden med 2 minutter. Videre økning på 1.5V fra 12.5V til 14.0V førte imidlertid til at nedkjølingstiden økte med 60 sekunder.



Figur 150 - Sammenligning av nedkjølingshastighet ved 11.0V, 12.5V og 14.0V

Økningen i nedkjølingshastighet var forventet, etter lærdom fra testfase 1, men det var uklart hvor den skulle inntreffe. Årsaken til at denne økningen er avhengig av testoppsett og sammensatt av 2 faktorer.



Den første faktoren er økende termisk gjennomslag gjennom peltier elementene. Ved høyere effekt øker produksjon av varmeenergi i elementene. Denne energien må fraktes bort dersom elementene skal fungere optimalt. Dette leder til den andre faktoren som er systemets evne til å transportere denne varmen bort. Dette viser seg å være en svært viktig faktor ved oppsett av et kjølesystem som baserer seg på peltier elementer.

Kjølesystemet slik det er satt sammen i prototype 2 har vist seg å være i stand til å holde temperaturen stabil på 4°C med ambient lufttemperatur på 23.2°C.

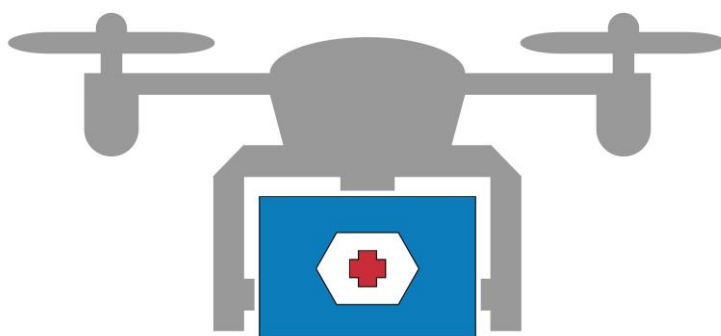
En fullskala prototype vil imidlertid ha større overflateareal enn denne prototypen. Dette er en faktor som må tas hensyn til ved dimensjonering av batteripakke da termisk ledningsevne er en funksjon av overflateareal av det nedkjølte volums grensesnitt mot eksterne forhold. Ved å bruke resultater fra denne testen har vi estimert energibehovet til en fullskala modell til å være ca. 200Wt.



tecBAT / Gruppe 11

VEKT REGNSKAP

OVERSIKT OVER KJØLEBOKSENS TOTALE VEKT



VERSJONSHISTORIKK

Dato	Versjon	Kommentar	Av	Godkjent av
21.05.2017	1.0	Opprettet dokument	VTH	
22.05.2017	1.1	Layout	VTH	
22.05.2017	2.0	Revidert	FR	VTH

FORKORTELSER

Forkortelse	Beskrivelse
FR	Fredrik Rasmussen
VTH	Vegard Tverrås Haugen
PUR	Polyuretan



ABSTRAKT

Dokumentet gir en oversikt over vekten til kjøleboksens komponenter. Vekten av alle komponenter utgjør den totale vekten av kjølesystemet. Gjennom prosjektet har kravet DR-P1-A hatt stor betydning for kjøleboksens endelige design og vært prioritert høyt å innfri.



INNHALDSFORTEGNELSE

VERSJONSHISTORIKK	321
ABSTRAKT.....	323
FIGURLISTE.....	325
TABELL LISTE.....	325
INNLEDNING	326
REGNSKAP.....	327



FIGURLISTE

Figur 1 - Diagram over vekten til hovedkomponenter i boksen 328

TABELL LISTE

Tabell 1 - Tabell over den totale vekten til systemet 327



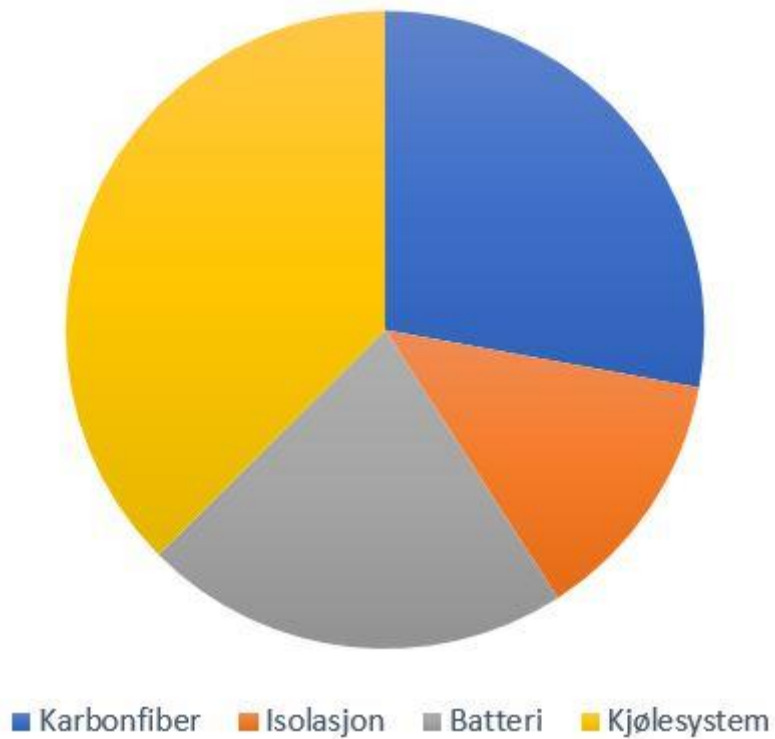
INNLEDNING

Et av kravene (DR-P1-A) fra oppdragsgiver har vært å holde vekten av kjøleboksen til ≤ 5 kg. Prosjektgruppen har gjennom hele prosjektet forsøkt å kontrollere vekten av alle komponenter som inngår i systemet. I en oppgave med stort fokus på vekt er det viktig å holde fokus på vekten av alle komponentene som skal inn i systemet. Uten fokus på dette vil det blir problematisk å innfri kravet. Vi valgte å legge inn alle komponentene som inngår i systemet i en liste hvor vi summerer opp den totale vekten av systemet.

REGNSKAP

Komponent	Vekt (gram)
Ytre boks	670
Indre boks	213
Ytre lokk	169,7
Indre lokk	281
Peltier element	92
Forseglingsplate	78
PUR plate lokk	194,5
PUR plate høyre	89,1
PUR plate venstre	89,1
PUR plate front	87,5
PUR plate bak	87,5
PUR plate bunn	73,75
Kjøle-ribb	141,6
Kjøleplate	409,5
Låser	48
Elektrokomponenter	152
Batteri	946
Kjølevifte	77
Sirkuleringsvifte	65
Batteri kassett	46
Batteri Kassettramme	43,6
Ventilasjonsplate	158,4
Kurv	106,7
Honeycomb	224,3
Fot (1, 2, 3, 4)	4
Heatpipe	422
Total vekt	4969,25 gram

Tabell 156 - Tabell over den totale vekten til systemet



Figur 151 - Diagram over vekten til hovedkomponenter i boksen

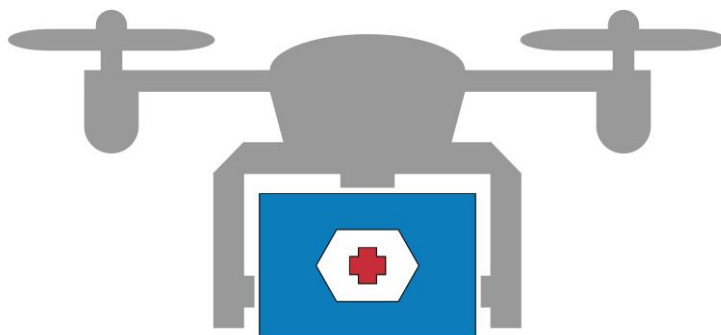
Diagrammet viser en oversikt over vekten til hovedkomponenter i boksen. Det kommer frem av diagrammet at kjølesystemet er den tyngste delen av kjøleboksen. Fokusområdet har hele veien vært å lage kjølesystemet så lett som mulig. Mange iterasjoner har gått ut på å lage kjølesystemet så lett som mulig, så det kjølesystemet som er i dag er betydelig lettere i forhold til det vi startet med.



tecBAT / Gruppe 11

REGNSKAP

MATERIAL KOSTNAD FOR FULL SKALA PROTOTYPE



VERSJONSHISTORIKK

Dato	Versjon	Kommentar	Av	Godkjent av
21.05.17	0.1	Opprettet dokument. Implementert kapitler og diagrammer	VTH	
23.05.17	1.0	Ferdigstilt versjon 1.0	FR	VTH



ABSTRAKT

I enhver utviklingsprosess er det viktig å redegjøre for kostnadene forbundet med produktet som skal utvikles, så det lettere kan tas hensyn til kostnad i alt fra komponentvalg til tilvirkningsmetodikk. Ethvert produkt som skal være kommersielt forsvarlig vil måtte inngå et kompromiss mellom kostnad og funksjon i en eller annen grad. Ved å ha et nøyaktig og oversiktlig bilde på kostnadene i sann tid vil disse beslutningene bli enkle å ta.



INNHOLDSFORTEGNELSE

VERSJONSHISTORIKK	331
ABSTRAKT	332
FIGURLISTE	334
TABELL LISTE.....	334
BUDSJETT	335
REGNSKAP.....	336
BESKRIVELSE	338



FIGURLISTE

Figur 1 - Diagrammet viser fordelingen av kostnader på boksen 338

TABELL LISTE

Tabell 1 - Tabell over komponentkostnader til boksen..... 337

Tabell 2 - Tabell med total sum 337

BUDSJETT

Droner er avhengig av lett vekt. Det dyreste på dronen er batteripakken. Så desto lettere lasten til dronen er desto mindre energi trengs for frakte lasten, så lettvekt betyr penger spart i det lange løp. Vi hadde ikke noe budsjett på vår boks. Oppdraget bestod av å utvikle en funksjonell kjøleboks, med så lav egenvekt som mulig. Ekstra vekt på dronen vil øke drift kostnadene betydelig. Så det å bygge boksen så lett som mulig er prioritet før kostnaden.

REGNSKAP

Budsjett	Antall	Pris pr.stk med MVA		Total pris
Kjølesystem:				
Peltier element	4,0	46	Stk	184
Heatpipes	2,0	400	Stk	800
Aluminiumplate	1,0	250	Stk	250
Varme-bro	2,0	100	Stk	200
Kjøle pasta	2,0	119	Stk	238
Lim	1,0	70	Stk	70
Kjølevifte	2,0	269	Stk	538
Sirkuleringsvifte (IP 67)	1,0	200	Stk	200
Skall:				
Infusjon nett	5,0	94	Stk	470
Forbruksmateriell	6,0	130	Per støp	780
Epoxyblokker til støpeform	3,0	5695	Stk	17085
Fiber klipt av rull	6,0	808	per m ²	4848
Fiber brukt ytre boks	1,9	808	per m ²	1535,2
Epoxy ytre boks	1,0	93	Stk	93
Herder ytre boks	1,0	40	Stk	40
Fiber brukt indre boks	2,9	808	Stk	2327,04
Epoxy indre boks	1,0	80	Stk	80
Herder indre boks	1,0	35	Stk	35
Fiber indre lokk	0,6	808	Stk	484,8
Epoxy indre lokk	1,0	47	Stk	47
Herder indre lokk	1,0	24	Stk	24
Fiber ytre lokk	0,7	808	Stk	565,6
Epoxy ytre lokk	1,0	41	Stk	41
Herder ytre lokk	1,0	20	Stk	20
Bagge materiell	4,0	105	m ²	420
3D-print Støpeform	6,0	300	Stk	1800
Sparkel og glassfiber (3D-print)	1,0	900	tot	900

Grensesnitt:				
Bærehåndtak		0	Stk	0
Låsmekanisme	2,0	100	Stk	200
Tettingslist	1,0	99	Stk	99
Isolasjon:				
Isolasjonsplater	1,0	344	Stk	344
Fugemasse	2,0	149	Stk	298
Styring:				
Mikrokontroller	2,0	269	Stk	538
H-bro	1,0	280	Stk	280
Spenningsdeler	1,0	15	Stk	15
Program	1,0	0	Stk	0
Temperatursensor	1,0	70	Stk	70
Ledninger	2,0	8	pr.meter	16
O-led skjerm	1,0	269	Stk	269
Kontakt	1,0	10	Stk	10
Relé	1,0	34	Stk	34
Batteri:				
Celler	18,0	119	Stk	2142
Sveising batteri	1,0	1000		1000
Ledninger	1,0	8	pr.meter	8
Kontakt		10	Par	0

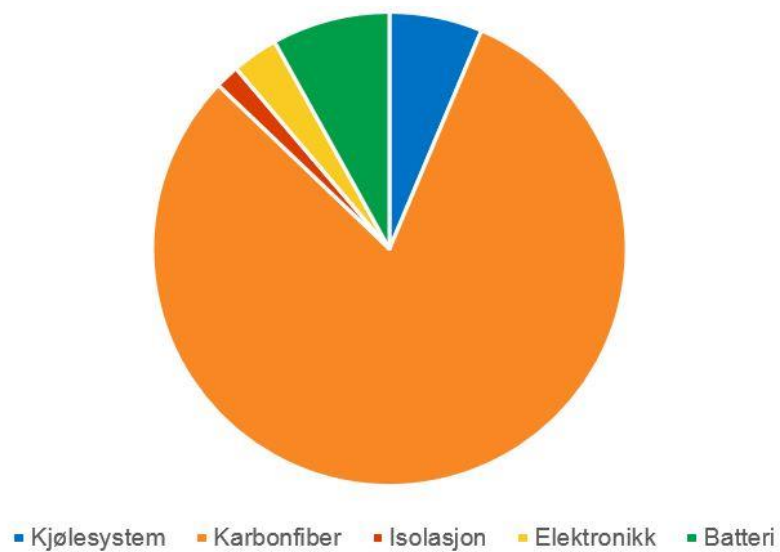
Tabell 157 - Tabell over komponentkostnader til boksen

Total sum:	39398,64
Sum med Epoxy støpeform	37974,64
Sum med 3d print støpeform	22560,64

Tabell 158 - Tabell med total sum, støp med epoxy former og støp med bruk av 3D-printede støpeformer

BESKRIVELSE

Regnskapet tar for seg priser på komponenter som blir brukt ved produksjon av boksen. Det er ikke tatt med arbeidstimer. Det blir oppgitt 3 totalsummer på slutten. Disse forteller om kostnadene ved bruk av konvensjonelle Epoxy støpeformer, 3D printetede støpeformer og en total sum av alle kostnader. Regnskapet viser at 3d printing av støpeformer er betraktelig billigere, denne måten å støpe på er eksperimentell.



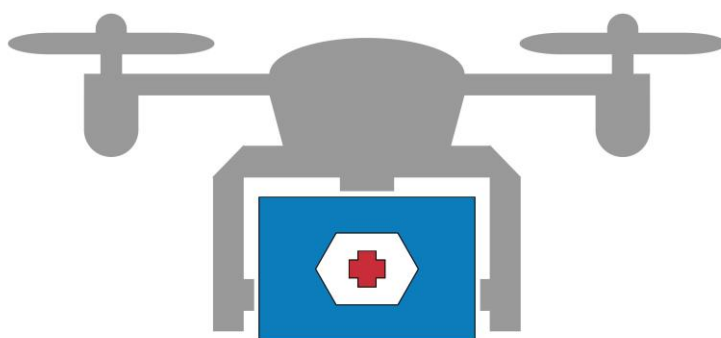
Figur 152 - Diagrammet viser fordelingen av kostnader på boksen

Diagrammet viser at det dyreste på vår boks er karbonfiber. Dette presser prisen på boksen betraktelig opp. Batteri og kjølesystem er også større kostnads poster.



tecBAT / Gruppe 11

RREFLEKSJONS DOKUMENT



PROSJEKT AVSLUTNING

Vi har med dette dokumentet forsøkt å redegjøre vårt design og de valg som ligger til grunn for vårt produkt. En god idé overlever kun om den kan kommuniseres på en adekvat måte til andre. Det vil si at ingen idé er god om den ikke kan beskrives, konstrueres eller bevises. Som spirende ingeniører har denne problemstillingen bydd på spennende utfordringer og i stor grad bidratt til vår faglige utvikling.

Vi er takknemlige for at vi har kunnet ta del i et større prosjekt der nye teknologiske løsninger kan bidra positivt til formingen av morgendagens samfunn både fra et økonomisk, miljøvennlig og helsemessig standpunkt.

Avslutningsvis vil vi takke våre dyktige veiledere som har bidratt med verdifull kunnskap og god hjelp gjennom hele prosjektet.


Jamal Safi: Intern veileder, HSN

Erik Solberg: Ekstern veileder, Dronera

Kåre Særen: Ekstern veileder, Dronera

REFLEKSJON MARTIN

Som gruppeleder har jeg hatt det overordnede ansvaret for prosjektets fremdrift. Det har vært en lærerik prosess med spennende utfordringer på flere områder. Planlegging av arbeidsoppgaver og tidsforbruk knyttet til hver enkelt oppgave har hatt mye fokus. Vi har fått erfare hvor krevende dette er i en produktutviklings prosess. Dette er nok en kombinasjon av flere faktorer. Manglende erfaring innenfor produktutvikling tror jeg er hovedårsaken. Uten erfaring har man dårlig grunnlag å basere estimater på, og disse blir da unøyaktige. I løpet av prosjektperioden tilegnet vi oss noe erfaring gjennom iterasjonsplanleggingen, men det forble en stor utfordring helt frem til prosjektets slutt. I og med at det



har vært utfordrende har også læringsutbytte vært stort i forbindelse med arbeidsfordeling, tidsforbruk, og samarbeid.

Utover det tekniske aspektet har prosessen med gruppedynamikk og samarbeid vært svært givende. Det har til tider vært en intensiv og utfordrende prosess, men moralen i gruppen har vært høy og samarbeidet har vært konstruktivt. Jeg er imponert over alle gruppemedlemmenes evne til å tenke løsningsorientert, spesielt i perioder med mye stress og lange arbeidsdager.


Avslutningsvis vil jeg takke mine medstudenter for et svært godt samarbeid.

REFLEKSJON TOR

Vi som en gruppe er i en svært travel fase i prosjektet vårt når jeg nå sitter her og forsøker å reflektere over de siste fem måneders prosjektarbeid. Det er nå ett døgn til leveringstid for alt av dokumenter, og tempoet er høyt, dagene lange og hodene slitne. Svært slitne er hodene, men til tross for dette er samarbeidet, tonen og viljen på sitt aller høyeste igjennom prosjektperioden. Det sier mye om kvaliteten på mine gruppemedlemmer, og deres modenhet og kapasitet. Jeg gjør disse refleksjoner med bakgrunn i mine yrkesaktive år, der jeg har jobbet i mange ulike grupper og lag, og erfart hvordan ting kan gå galt under lignende omstendigheter og press. Kort forklart er jeg meget godt fornøyd med medlemmene i denne prosjektgruppen, og ser på meg selv som heldig som får være en del av den.

Jeg føler meg også heldig med tanke på prosjektet vi fikk mulighet til å ta del i, et prosjekt som faktisk skal realiseres, og med et viktig formål. Nå er det jo usikkert hvor mye av vårt arbeid som til sist vil ende opp i det ferdige systemet, da det gjenstår mye funksjonell testing på fullskala prototyper. Men jeg føler helt klart at det vi etter fem måneder har levert, er av god kvalitet, med gode og gjennomtenkte løsninger som burde kunne helt eller delvis implementeres i det ferdige systemet. Jeg håper å kunne en dag se sykehusdronen i lufta over Oslo.

Vi var svært uheldige da vi mistet gruppelederen vår Richard dagen før første fremføring, og det ble mye «armer og bein» for å dekke opp for hans frafall. Først fordi vi helst skulle ha vært en full gruppe



med seks medlemmer grunnet oppgavens omfang, men også grunnet hans rolle som gruppeleder og det at han hadde lagt sitt eget særpreg på prosjektstyringsverktøyene han hadde ansvaret for. Martin ble beordret inn i stillingen som gruppeleder, og har mestret denne rollen svært tilfredsstillende.


Min egen faglige bakgrunn som flymekaniker har ført til min rolle som primært ligger innen den tekniske utviklingen av systemet vi har i dag. Jeg har sittet med det primære ansvaret av test og utvikling av kjølesystemet, som innbefatter mye tilvirkning, testing og 3D modellering. Det å holde tråden og fokuset under et såpass stort og komplisert prosjekt, har nok vært mitt største personlige utbytte fra bacheloroppgaven. Dokumentasjons behov og prosjektplanlegging, har til dels vært en bratt læringskurve, og flere lærepenge er ervervet under prosjektperioden. Spesielt med tanke på dårlig loggføring og dokumentasjon av test data helt i starten av forsøksperioden, som ledet til at en del data måtte forkastes og forsøk gjennomføres på nytt. Læringsutbytte her har altså vært stort for min del, og jeg er meget godt fornøyd med det jeg og vi som gruppe har klart å levere.

REFLEKSJON VEGARD

Jeg begynte på ingeniør studiene for å lære og utvikle meg som person. Jeg hadde jobbet mye praktisk og ville nå ta kunnskapene til det neste nivået. Etter 2.5 år på ingeniørstudie har jeg gjort akkurat dette, lært masse. Har tilegnet meg masse kunnskap, i tillegg så har jeg lært nye og mer systematiske måter å jobbe på.

Vi var så heldige å få en oppgave som handlet om å designe noe som faktisk skal brukes ute i det virkelige liv. Dette gjorde det ekstra spennende å jobbe med. Vi har fått kjempe god hjelp og veiledning fra både skole og oppdragsgiver. Det har vært en veldig praktisk oppgave som har passet meg bra.

Det ble også åpnet for samarbeid med fagskolen. Dette har fungert kjempe bra. Her fikk hele gruppen lov til å følge fagskolen sin prosess og vi fikk overse støpning av boksen og konstruksjon av støpeformer. Her lærte vi masse og jeg tror vi alle hadde kjempe mye utbytte av dette. Det hadde hvert fall jeg.



Vi var så uheldige å miste gruppelederen vår Richard dagen før vi hadde første presentasjon. Dette krevde litt omstrukturering i gruppa. Vi er fornøyde med hvordan vi løste dette. Den nye gruppelederen vår har gjort en kjempe jobb. Hele gruppa fungerer veldig godt sammen. Til og med når presset er høyt og luntene er korte holdes både moral og motivasjon oppe. Jeg kunne ikke havnet i en bedre gruppe. Det kan fort bli problematisk å jobbe så tett på personer som man ikke kjenner fra før, men dette har gått så bra som det kan gå.


Bachelor oppgave har vært høydepunktet på høgskolen i sørøst norge. Det har vært en fin måte å bruke kunnskapen man har tilegnet seg. Jeg er svært fornøyd med hvordan vi har løst problemstillingen og resultatet vi leverer.

REFLEKSJON NICLAS

Gruppesammensetningen er kanskje det jeg er mest fornøyd med i denne oppgaven. Alle har bidratt med det de kan og involvert seg fullstendig i oppgaven. Vi har hatt mange diskusjoner, men jeg syntes vi har vært utrolig flinke til å holde en god og respektfull tone når vi har diskutert med hverandre. Alle har blitt hørt og ikke minst så har omtrent alle diskusjoner blitt avgjort med en enighet etter argumentasjon og ikke med avstemning eller sjefavgjørelser.

En utfordring med gruppesammensetningen at alle er fra maskin linjen. Erfaringen med elektro og data var begrenset. Vi hadde nok spart noe tid om for eksempel to av gruppemedlemmene hadde kommet fra elektrolinjen. Til tross for dette har vi klart å konstruere et system som fungerer tilstrekkelig.

Oppgaven vi fikk med har vært utrolig spennende og morsom å jobbe med. Det gir en ekstra motivasjon å kunne drive med noe som skal realiseres. Spesielt når prosjektet er revolusjonerende innen et så viktig felt som helsesektoren. Oppgaven har latt oss bruke ferdigheter som vi har lært på maskinlinjen, men også utfordret oss på ting vi ikke har hatt noen erfaring med tidligere. Jeg er stolt av det vi har klart å få til, og jeg både håper og tror Dronera vil ha en stor gevinst av arbeidet vi har gjort.



Det har til tider vært utfordrende å tilfredsstillere de forskjellige behovene til arbeidsgiver og skolen. Da arbeidsgiver hadde størst fokus på det faktiske produktet og skolen hadde sitt fokus på dokumentasjon og prosess.

Ingen i gruppen hadde noe som helst erfaring med planlegging og gjennomføring av et så omfattende prosjekt. Dette var veldig utfordrende, men det er også det jeg føler vi har lært mest av.

REFLEKSJON FREDRIK

Bachelorprosjektet denne våren har vært en stor milepæl på horisonten gjennom hele denne utdanningsperioden, og det følte godt å endelig kunne ta fatt på den, en seier i og av seg selv. Vi kom høvelig sent i gang med å danne prosjektgruppe, og kom derfor sent i gang med anskaffelse av oppgave. Ved semesterets oppstart hadde vi enda ingen oppgave, heldigvis kom vi i snakk med Kåre Særen ved fagskolen Tinius Olsen, som muligens hadde en oppgave til oss. Vi havnet da i den heldige situasjonen at vi selv kunne være med på å forme prosjektets innhold og omfang, innenfor de rammer Dronera UAV kunne tilby oss. Dronera UAV var på det tidspunktet selv i oppstartsfasen av sykehusdrone prosjektet, så tidspunktet kunne ikke blitt bedre.

Når jeg nå ser tilbake på de første ukene av prosjektet er det lett å se hvor mye vi har lært, og hvor langt vi har kommet, i forståelsen av hva et større prosjektarbeid handler om og består av. Fokuset, tidsplanlegging og struktureringen av arbeidet vi skulle i gang med har vært en stor utfordring, men med tilsvarende stort læringsutbytte.

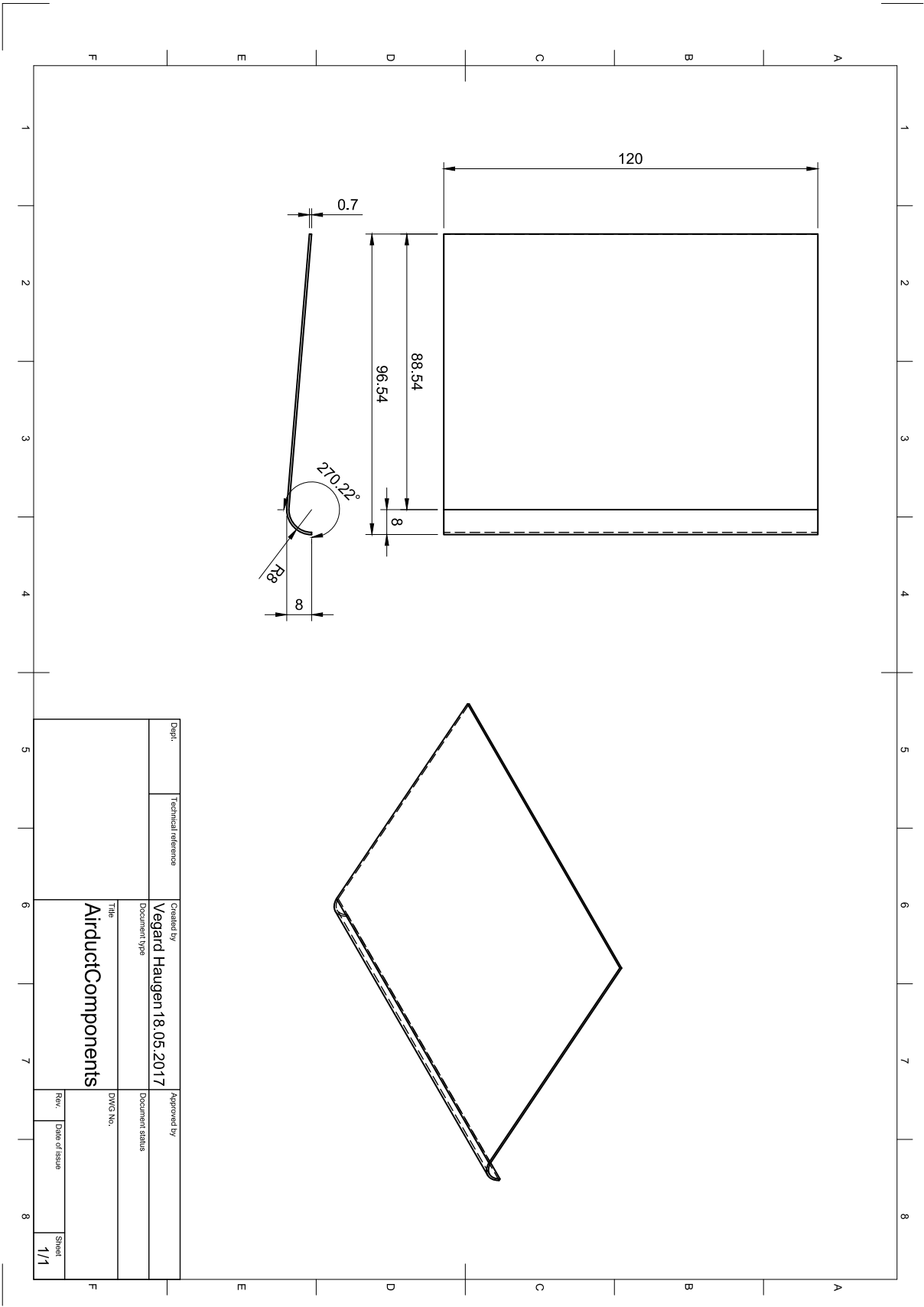
Det gode kollegiale samarbeide vi har hatt i denne bachelorgruppen er også noe jeg har hatt stort utbytte av, og produktet vi har skapt er noe jeg føler meg svært godt fornøyd med. Sett i sin helhet har dette siste semesteret gitt meg økt mestringsfølelse, og en god erfaring jeg vil ta med meg videre.

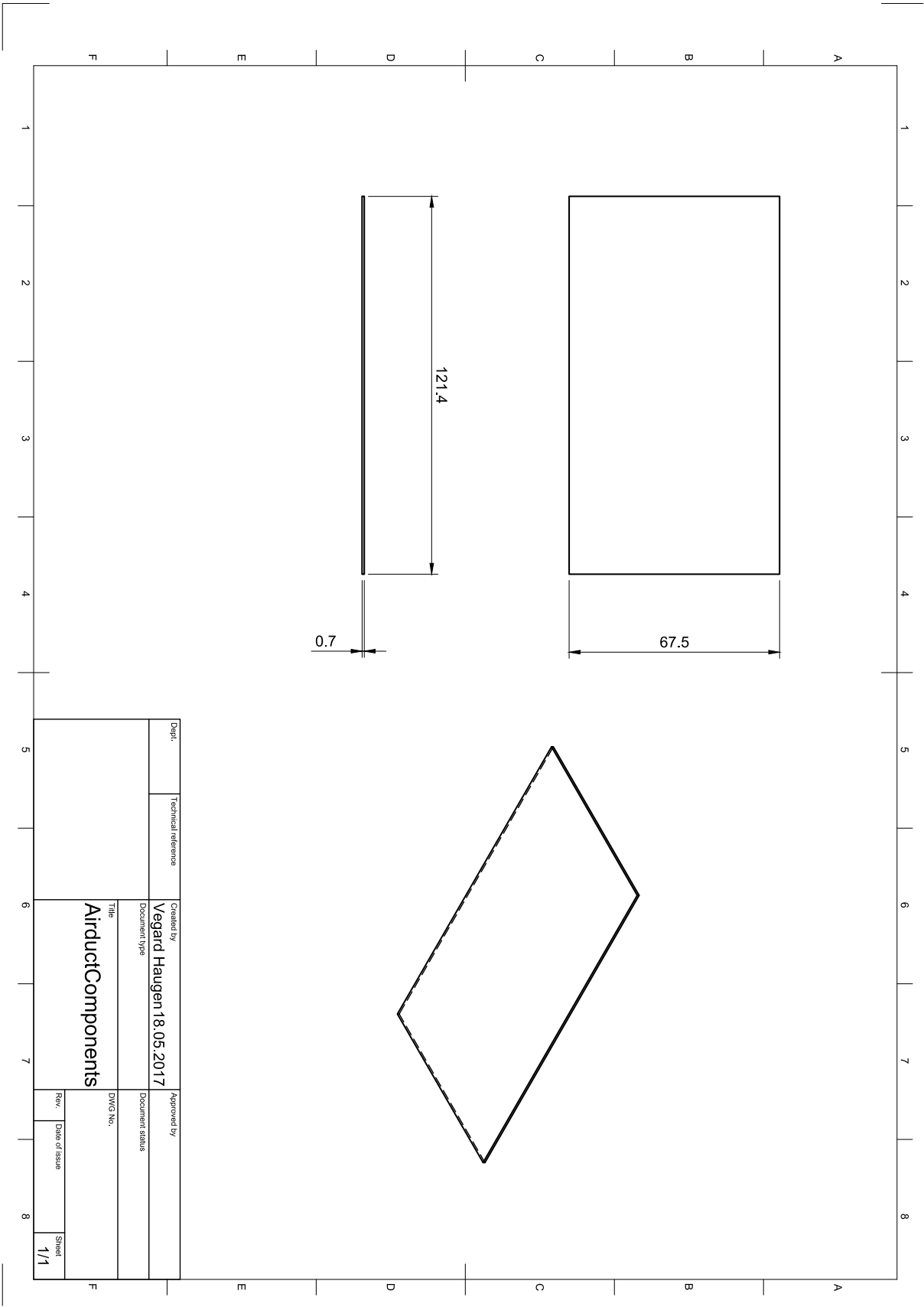




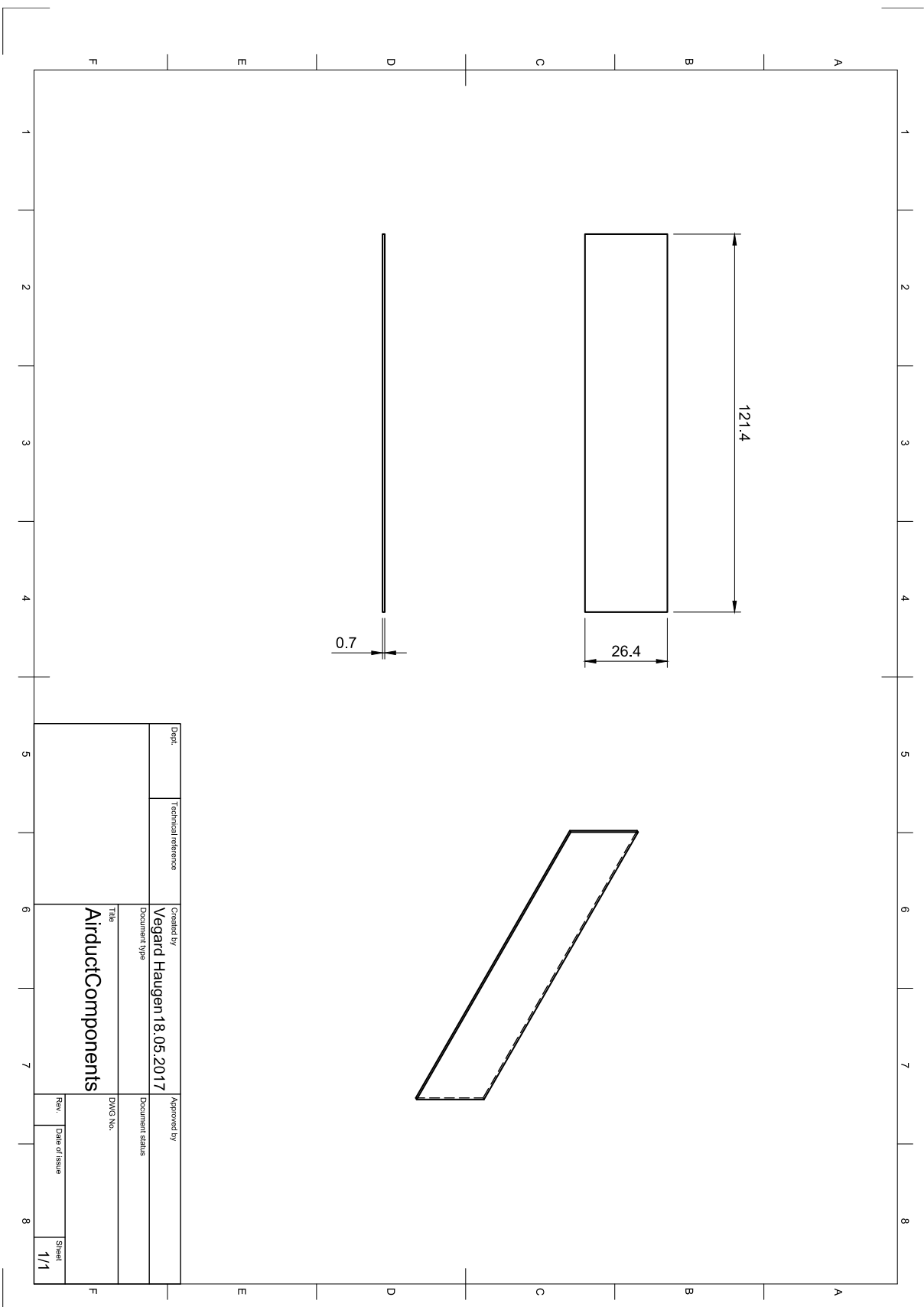
VEDLEGG

VEDLEGG - A 2D TEGNINGER

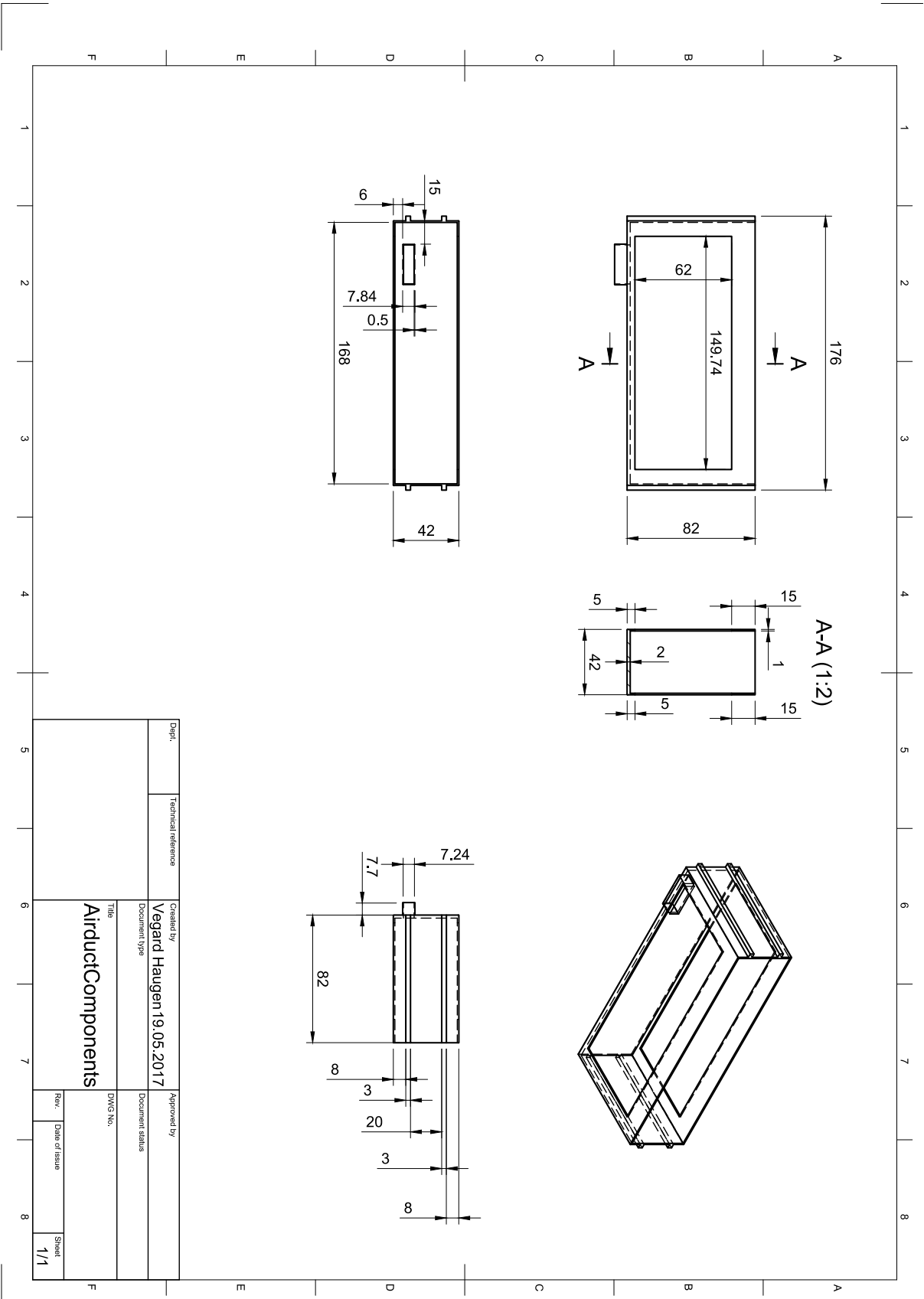


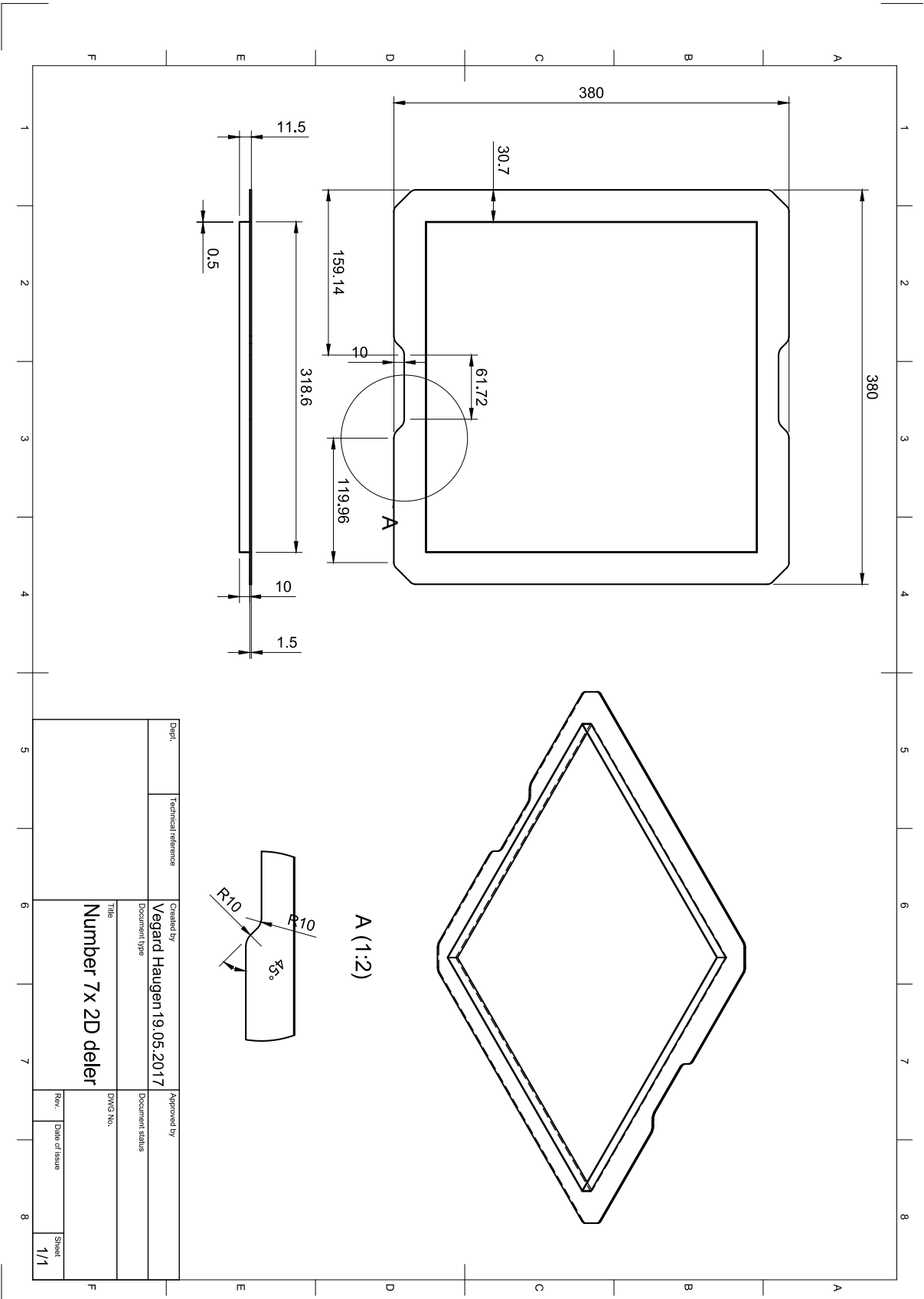


Dept:	Technical reference	Created by	Approved by	
		Vegard Haugen 18.05.2017		
		Document type	Document status	
		Title	DWG No.	
		AirductComponents		
		Rev.	Date of Issue	Sheet
				1/1

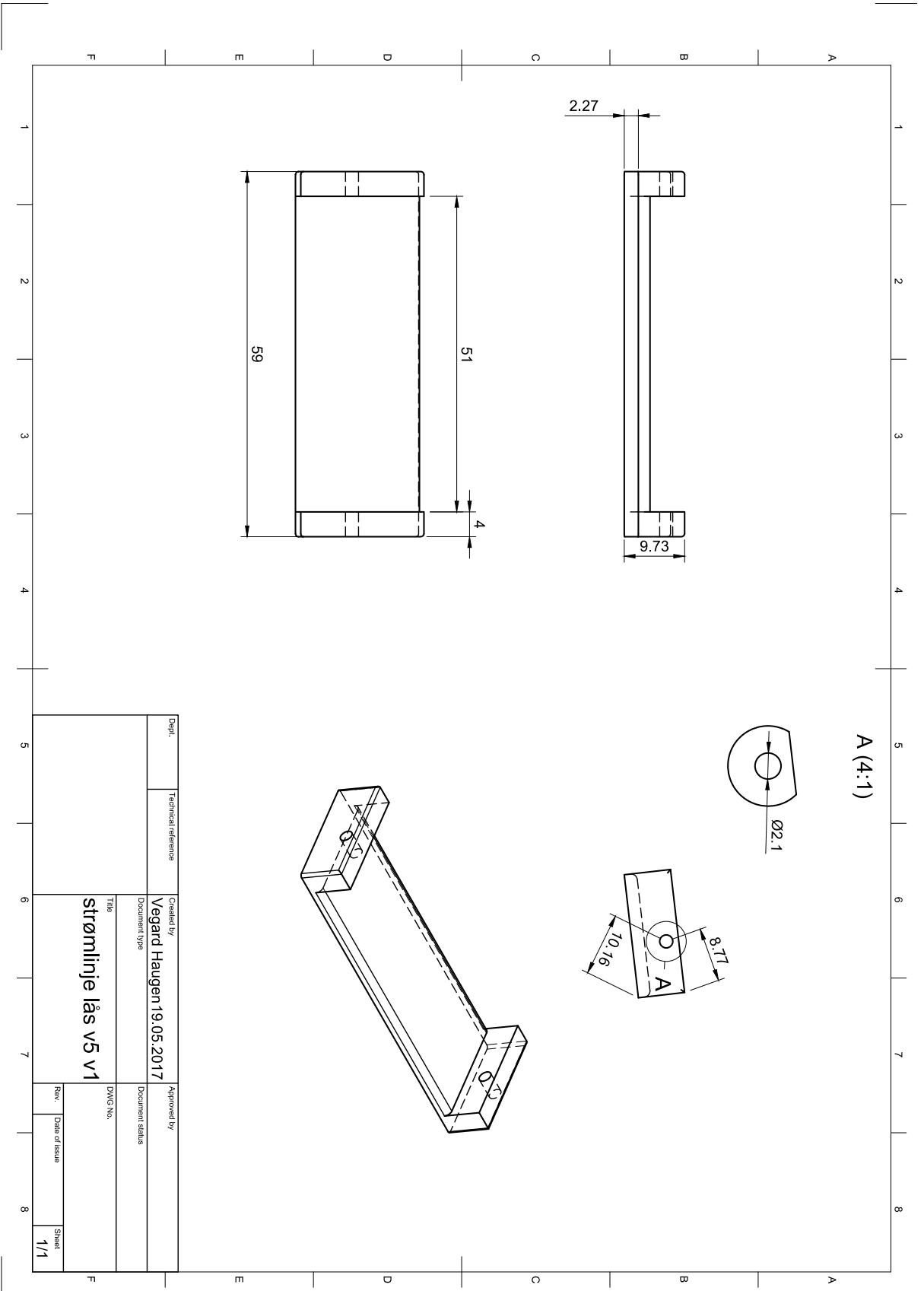


Dept	Technical reference	Created by	Approved by
		Vegard Haugen 18.05.2017	
		Document type	Document status
		DWG No.	
		Rev.	Date of issue
		Sheet	1/1



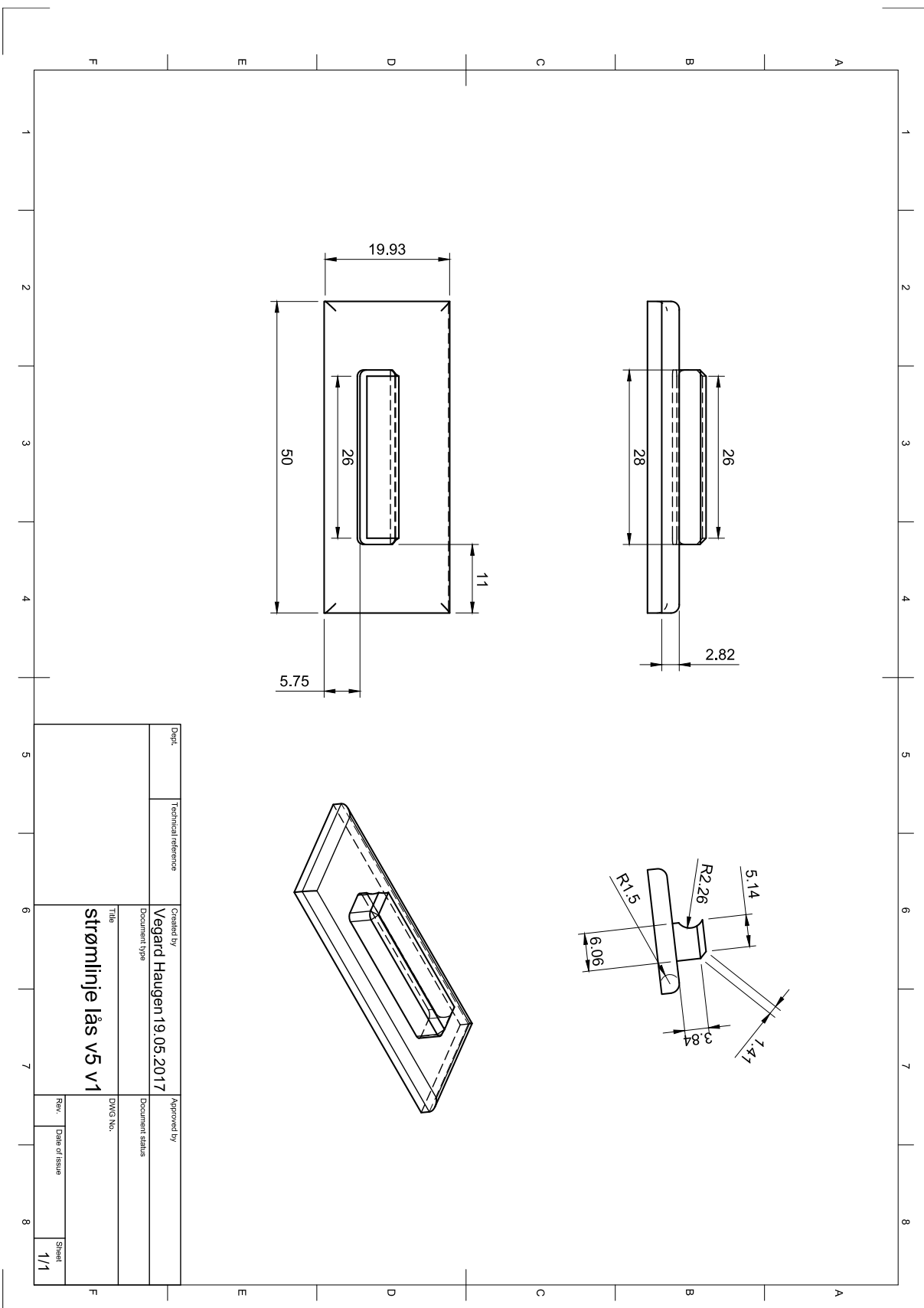


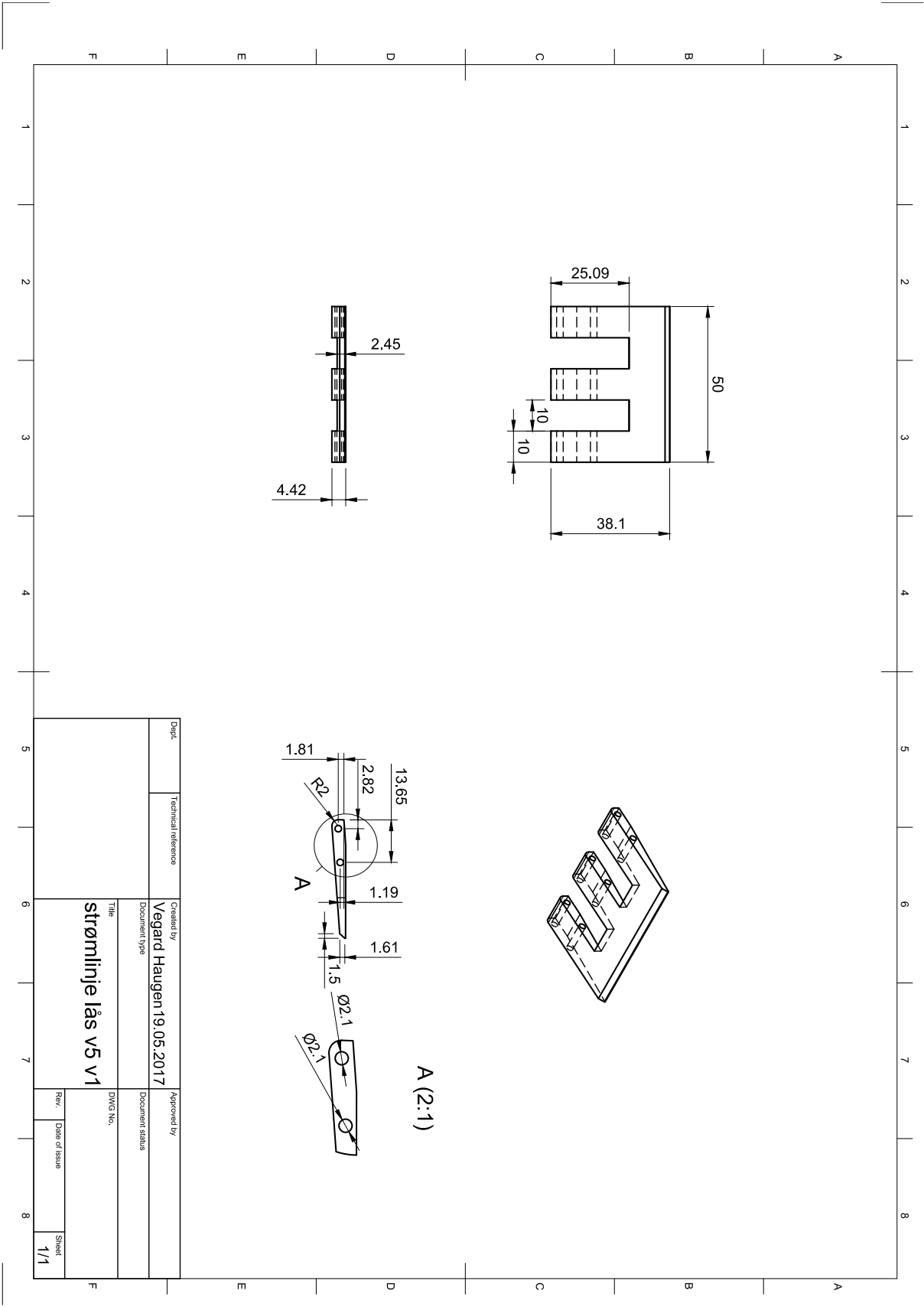
Dept:	Technical reference	Created by	Approved by
		Vegard Haugen 19.05.2017	
	Document type	Document status	
	Title	DWG No.	
	Number 7x 2D deler		
	Rev.	Date of issue	Sheet
			1/1



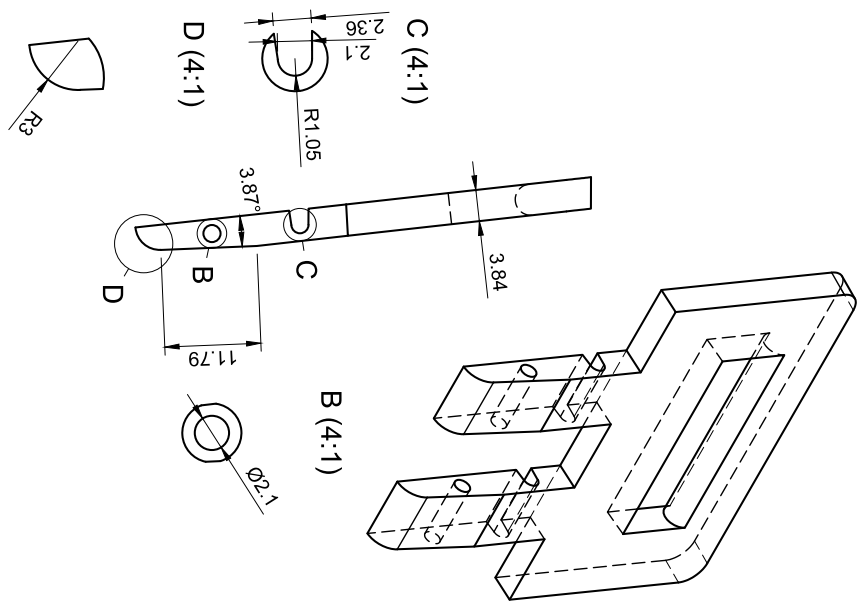
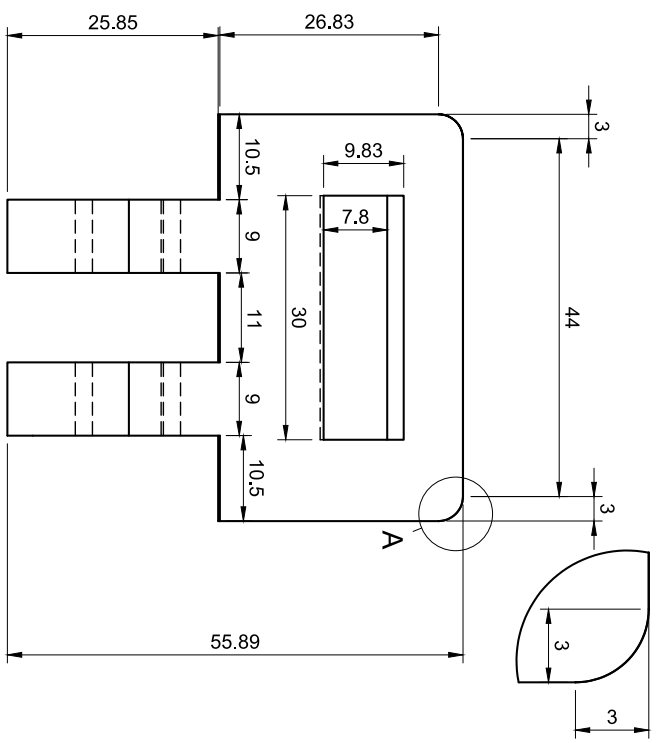
Dept.	Technical reference	Created by	Approved by
		Vegard Haugen 19.05.2017	
		Document type	Document status
		DWG No.	
		Rev.	Date of issue
		Sheet	
		1/1	

strømledningslås v5 v1

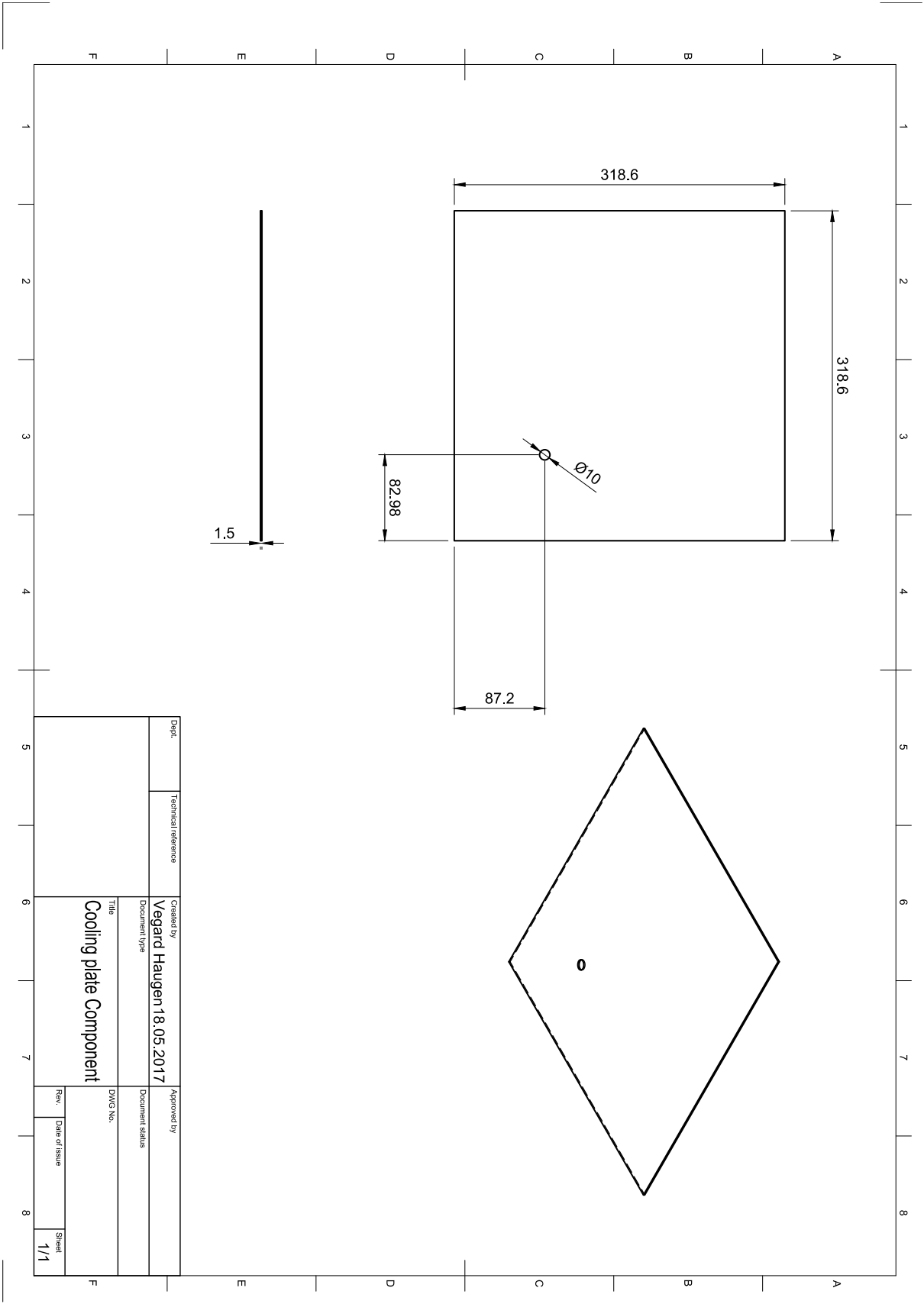




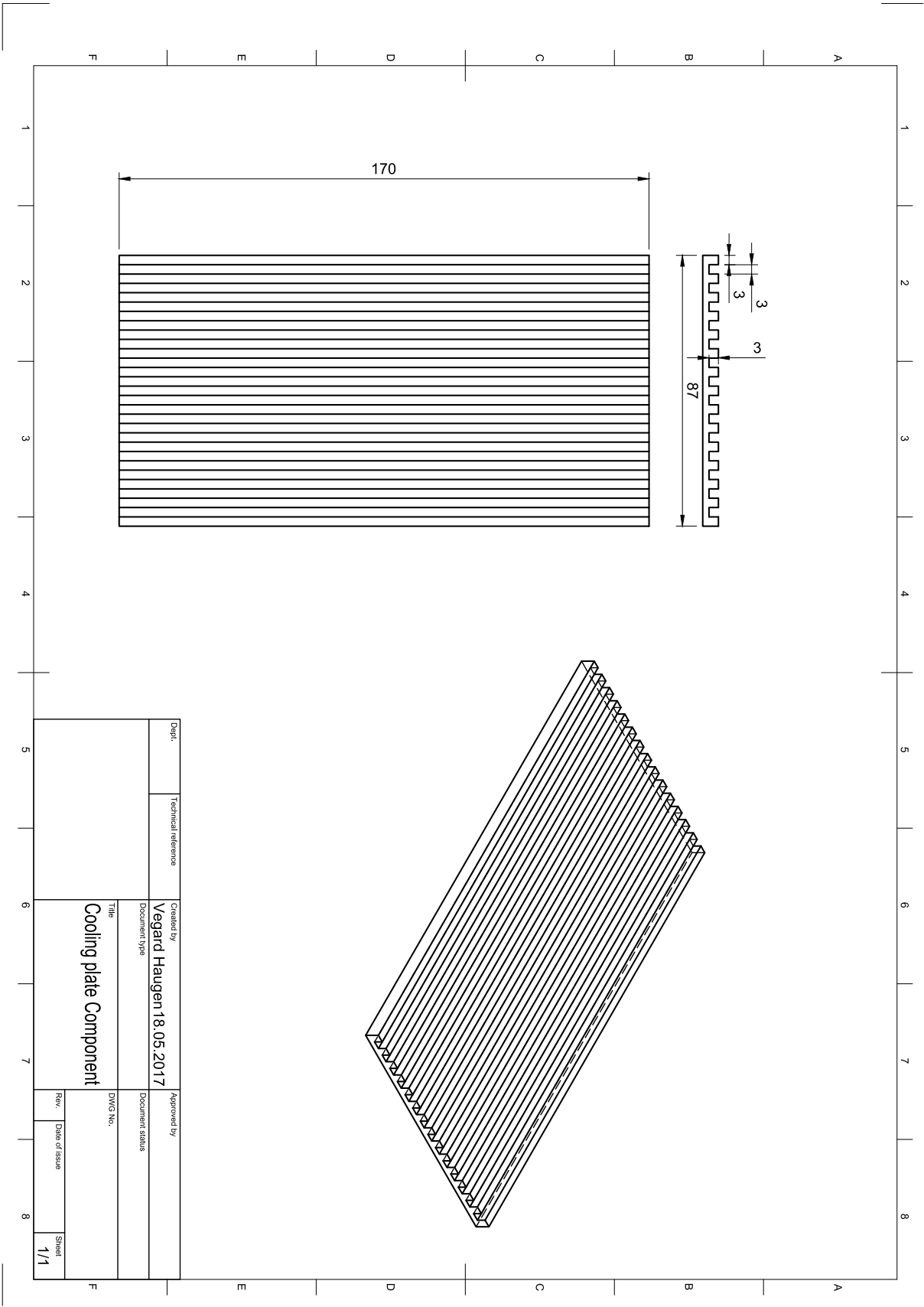
A (6.0000)



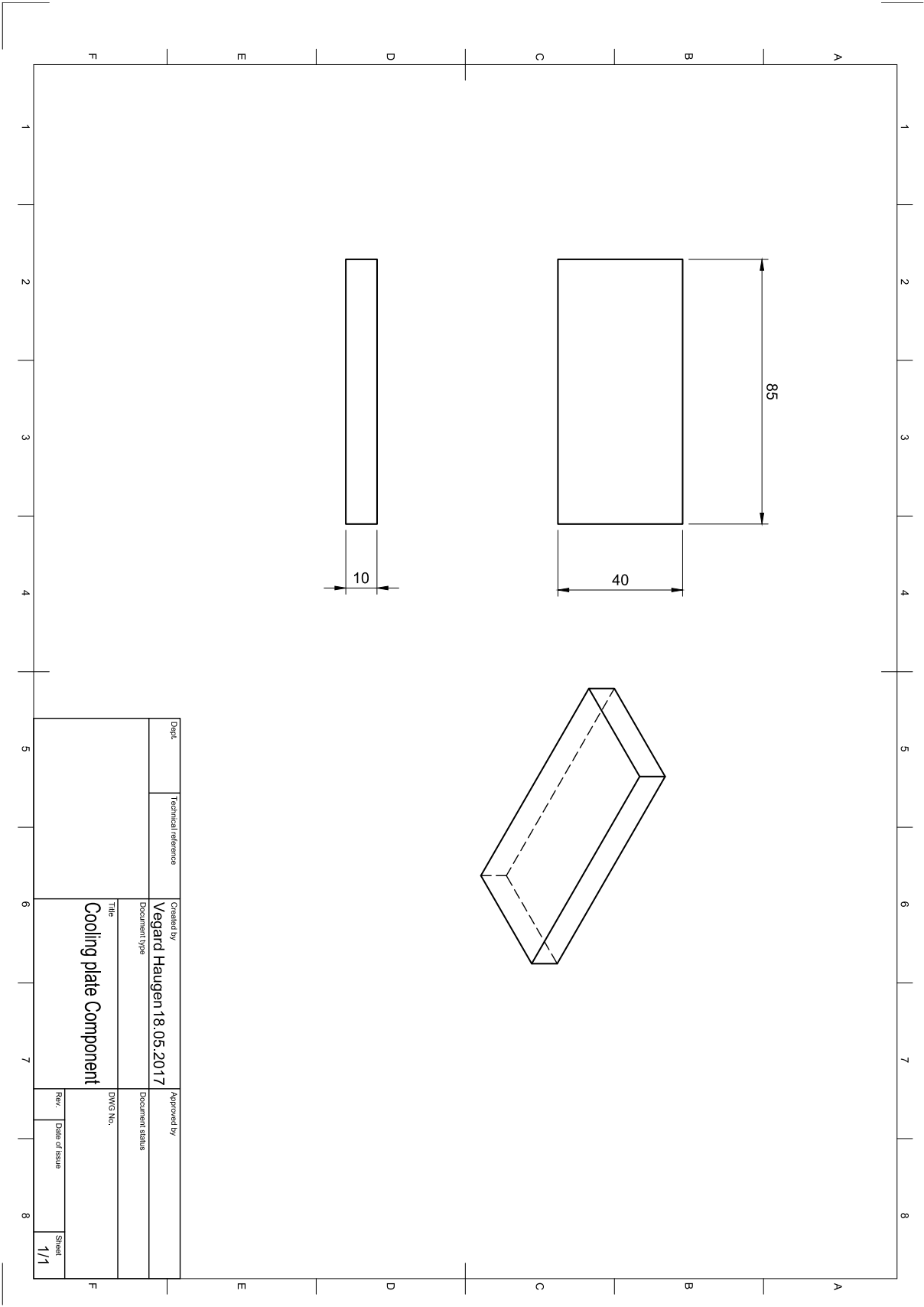
Dept.	Technical reference	Crafted by	Approved by
		Vegard Haugen 19.05.2017	
		Document type	Document status
		Title	DWG No.
		strømlinje lås v5 v1	
		Rev.	Date of issue
			Sheet
			1/1



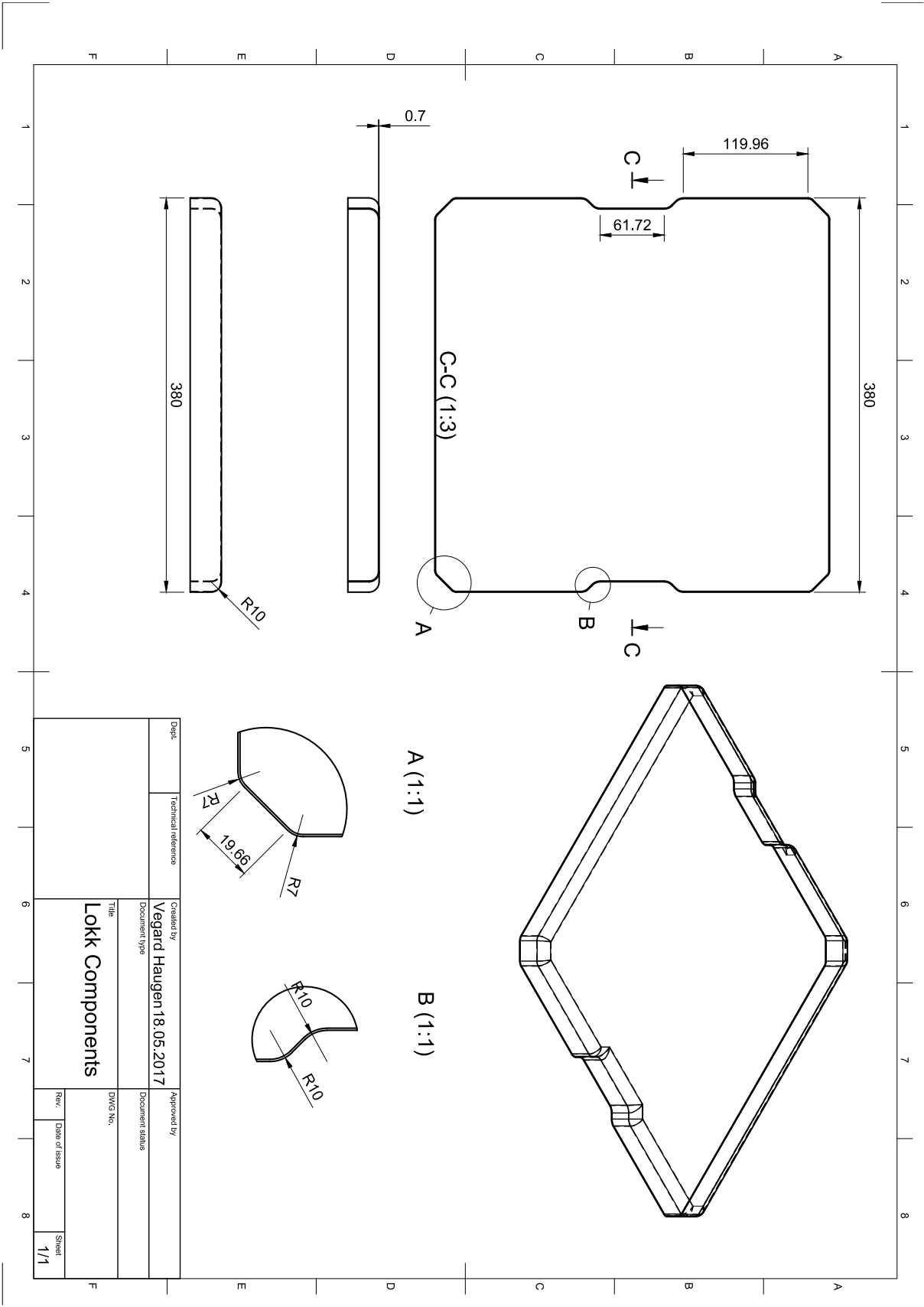
Dept.	Technical reference	Created by	Approved by
		Vegard Haugen 18.05.2017	
		Document type	Document status
		DWG No.	
		Rev.	Date of issue
		Sheet	1/1



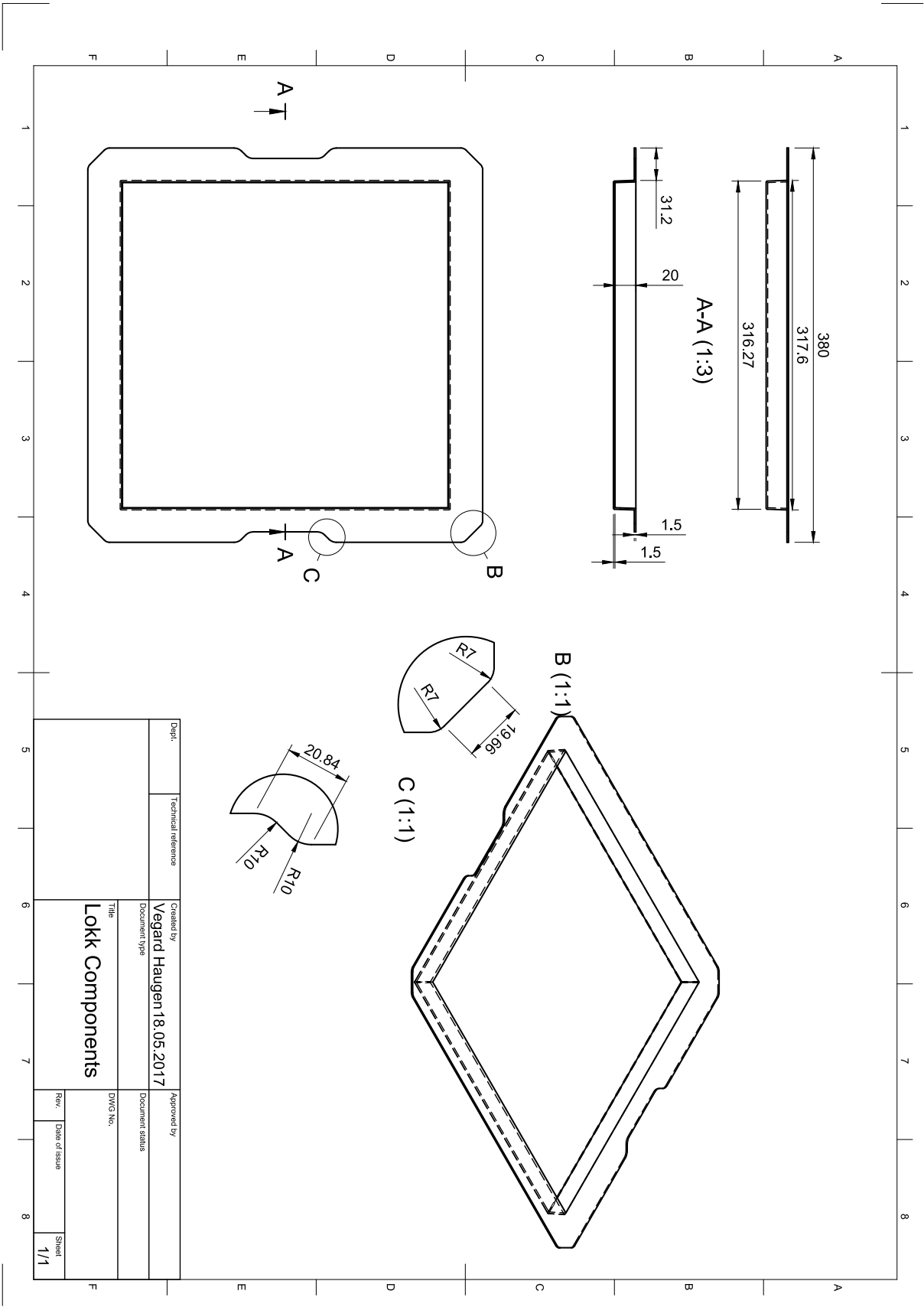
Dept.	Technical reference	Created by	Approved by
		Vegard Haugen 18.05.2017	
		Document type	Document status
		Title	DWG No.
		Cooling plate Component	
		Rev.	Date of Issue
			Sheet
			1/1



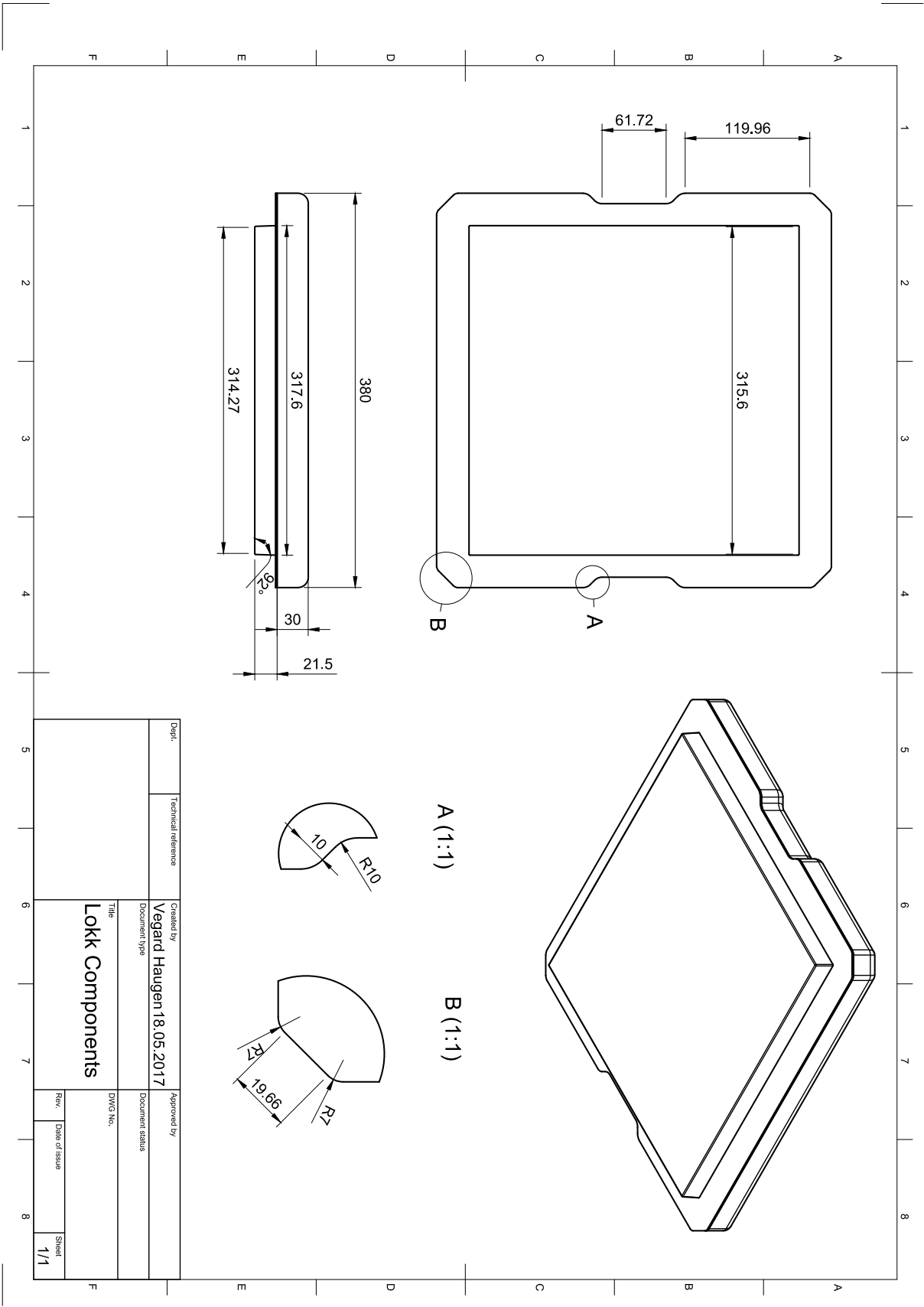
Dept.	Technical reference	Created by	Approved by
		Vegard Haugen 18.05.2017	
		Document type	Document status
		Title	DWG No.
		Cooling plate Component	
		Rev.	Date of Issue
			Sheet
			1/1



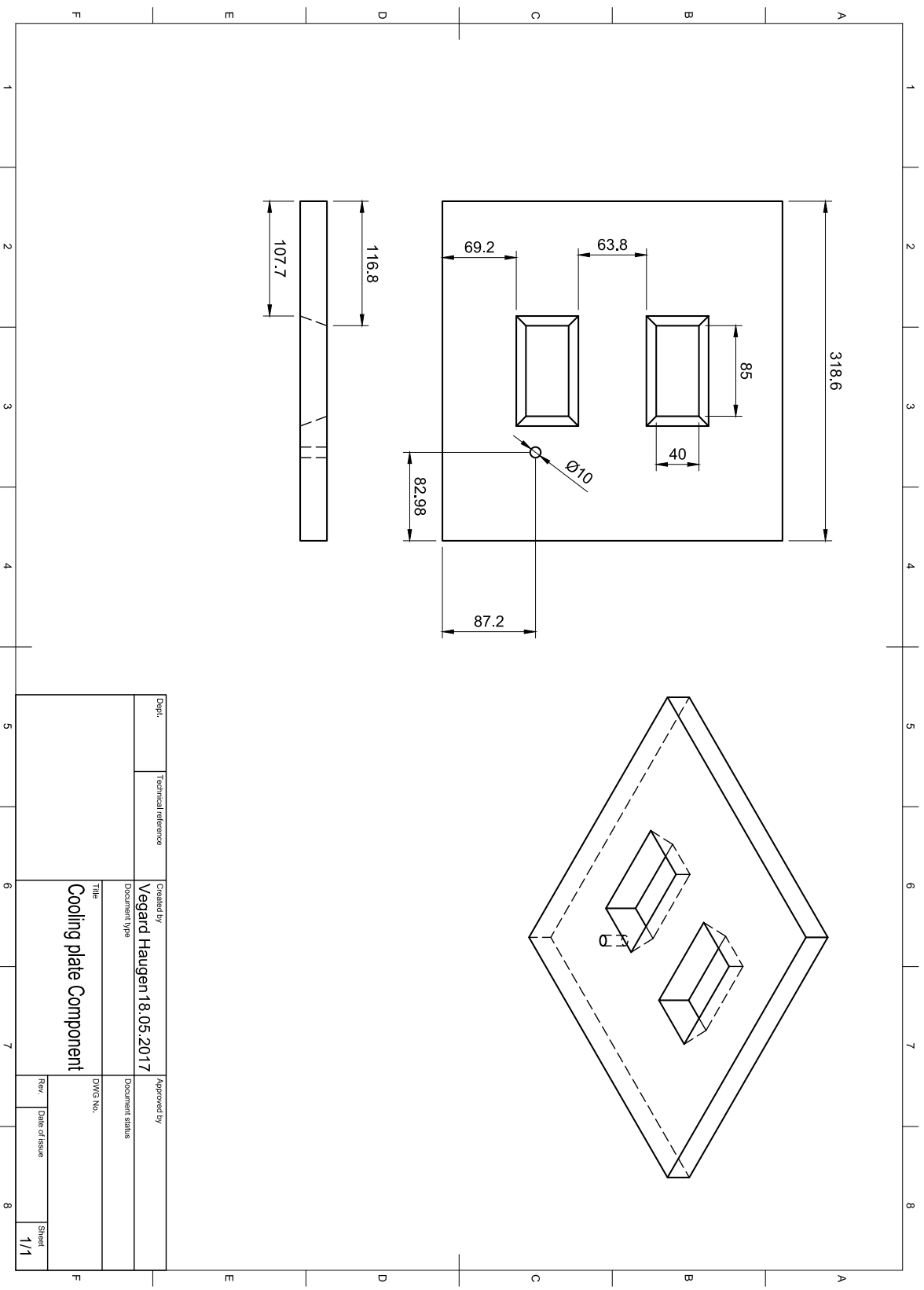
Dept.	Technical reference	Created by	Approved by
		Vegard Haugen 18.05.2017	
	Document type	Title	Document status
		Lokk Components	
		DWG No.	
		Rev.	Date of Issue
			Sheet
			1/1



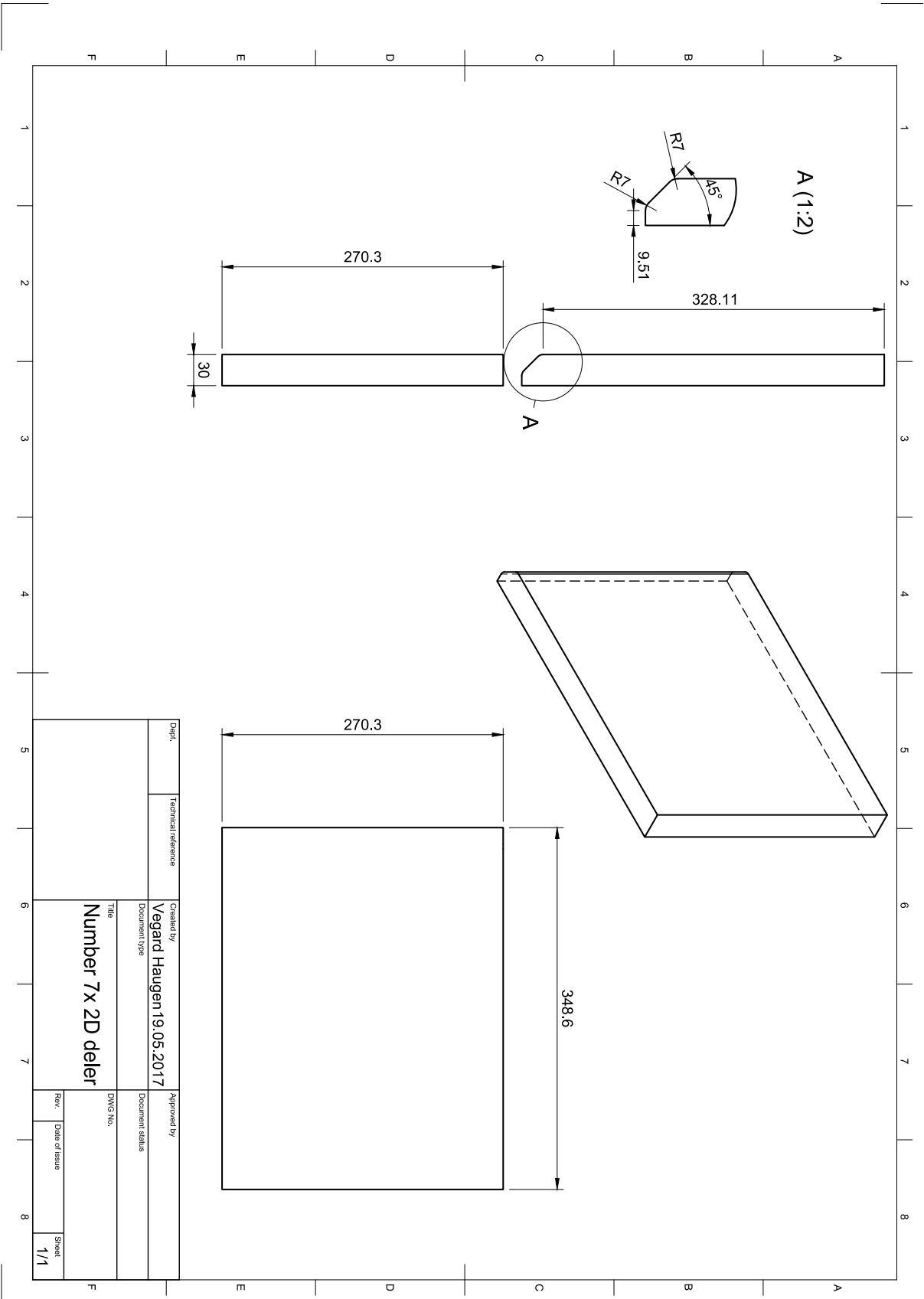
Depth:	Technical reference	Created by	Approved by
		Vegard Haugen 18.05.2017	
	Document type	Document status	
Title		DWG No.	
Lokk Components			
Rev.	Date of Issue		Sheet
			1/1



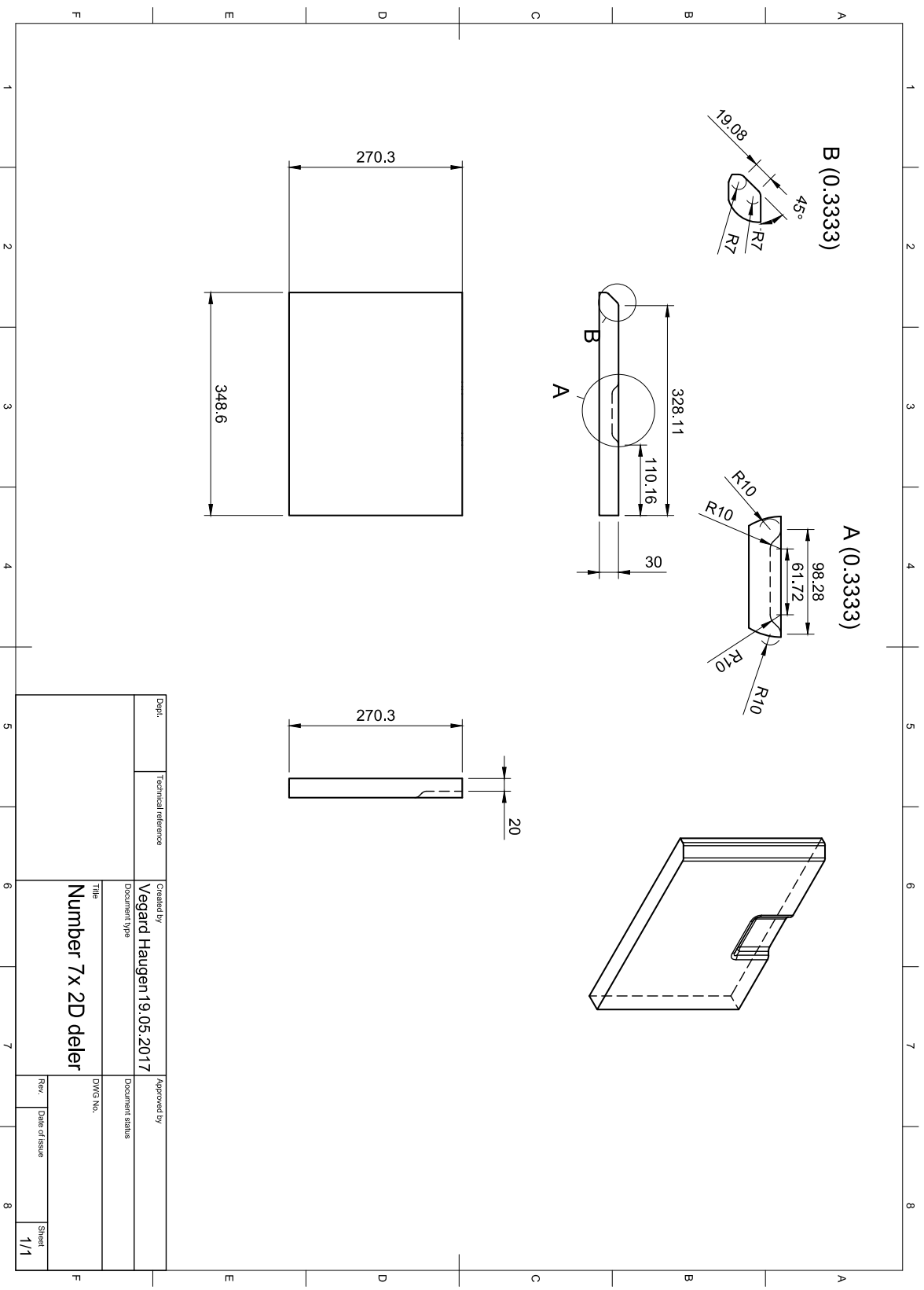
Depth:	Technical reference	Created by	Approved by
		Vegard Haugen 18.05.2017	
	Document type	Document status	
	Title	DWG No.	
	Lokk Components		
	Rev.	Date of Issue	Sheet
			1/1



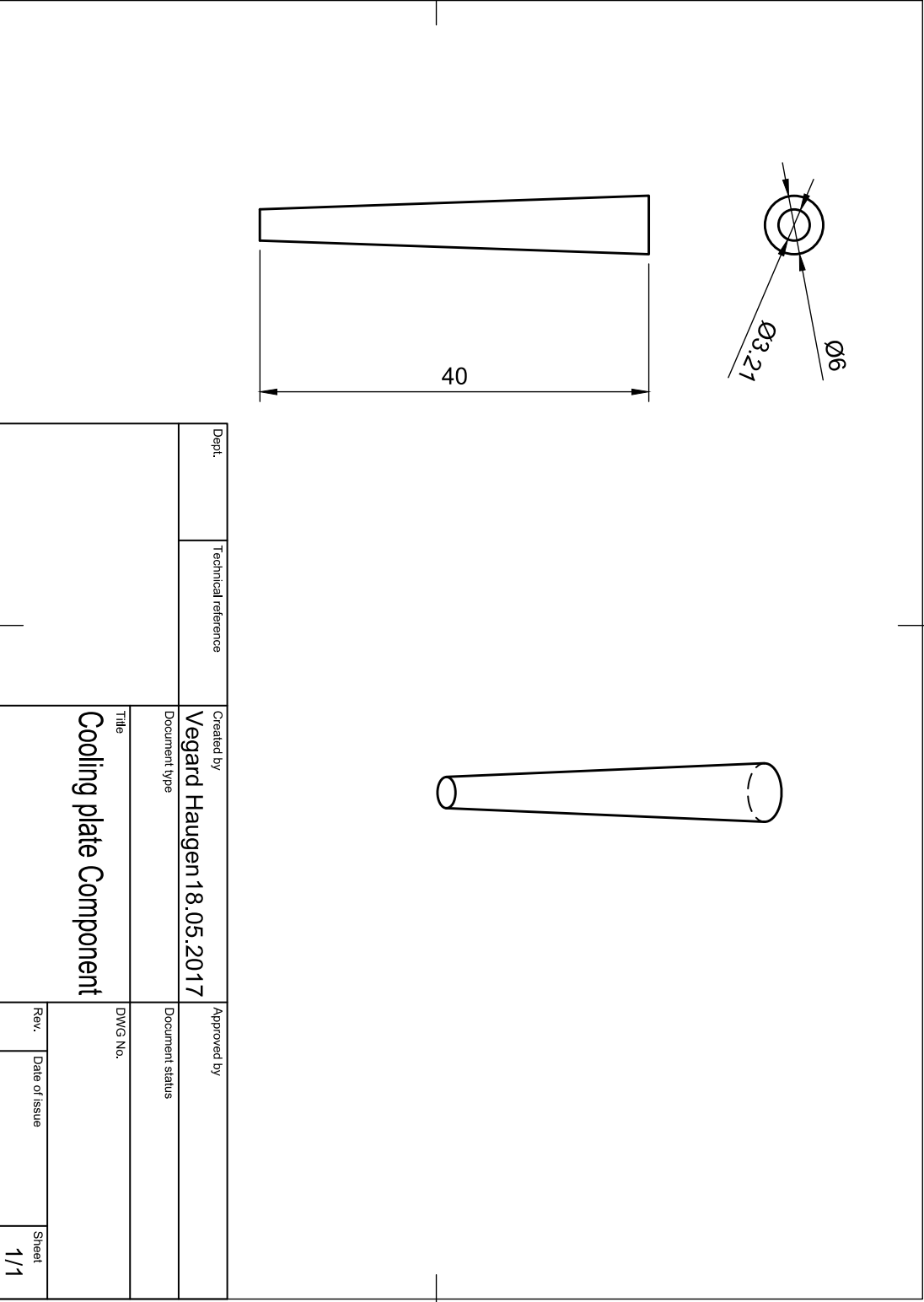
Dept:	Technical reference	Created by	Approved by
		Vegard Haugen 18.05.2017	
	Document type	Title	Document status
		Cooling plate Component	
		DWG No.	
		Rev.	Date of Issue
			Sheet
			1/1



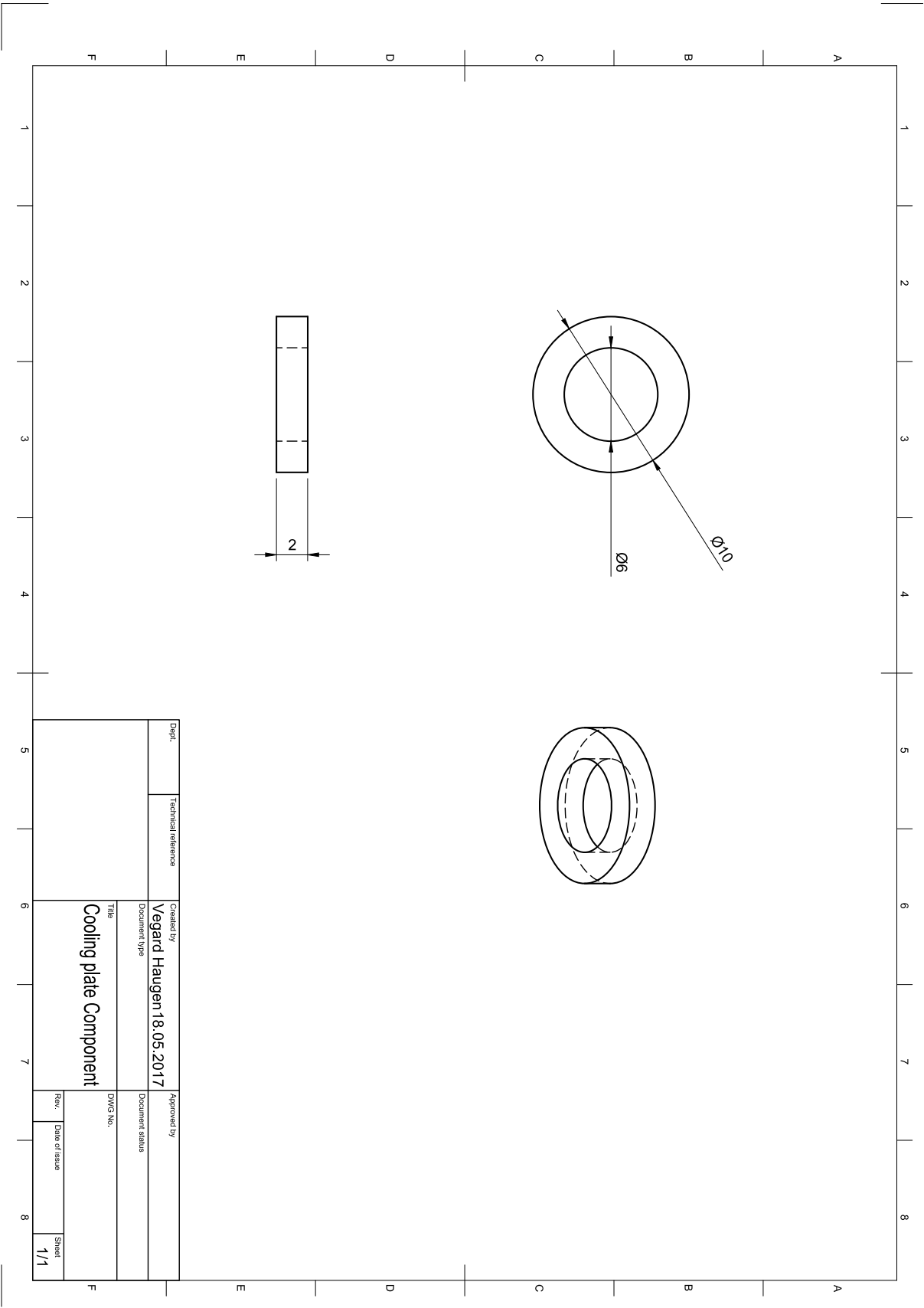
Dept:	Technical reference	Created by	Approved by
		Vegard Haugen 19.05.2017	
		Document type	Document status
		Title	DWG No.
		Number 7x 2D deler	
		Rev.	Date of issue
			Sheet
			1/1



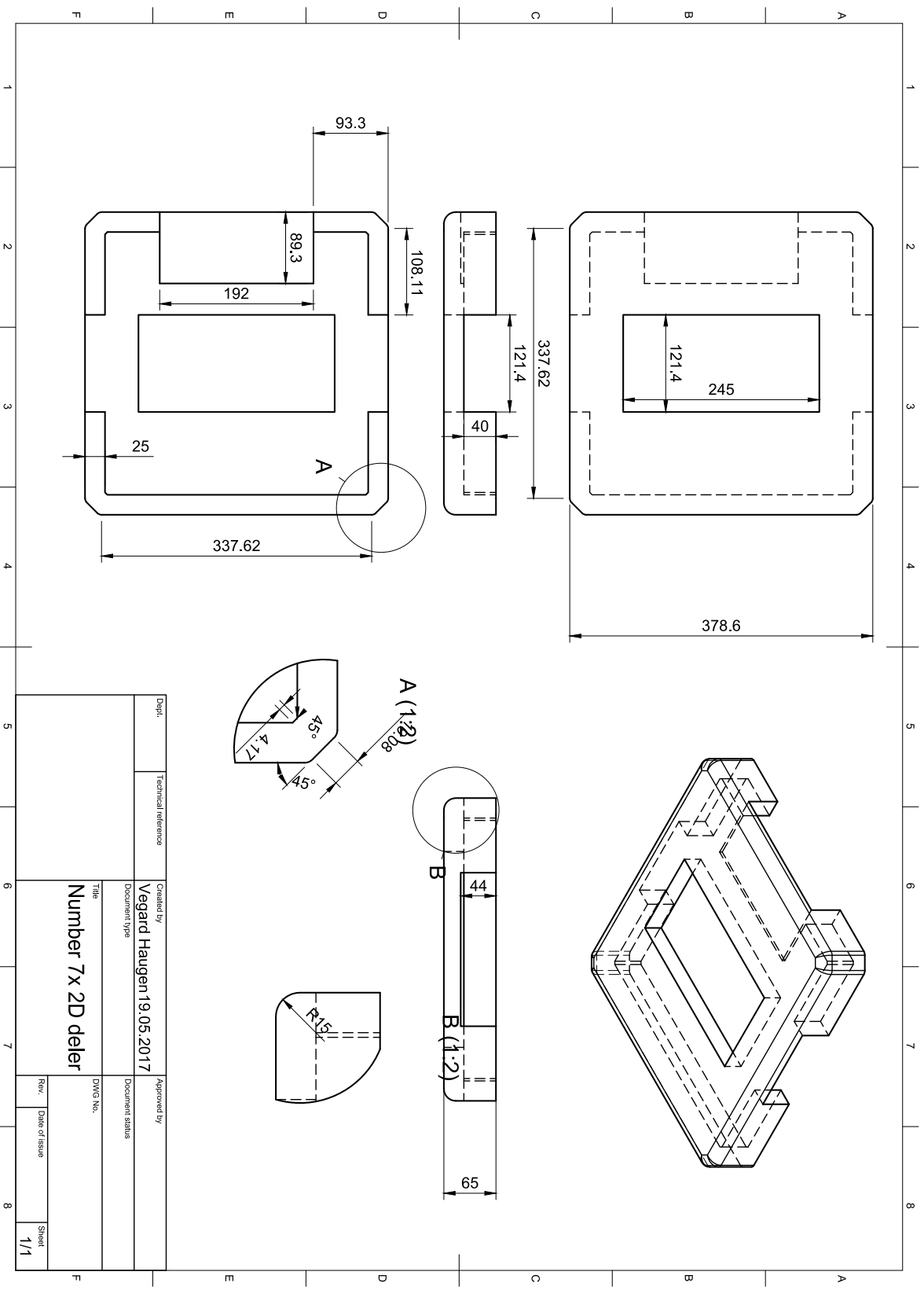
Depht:	Technical reference	Created by	Approved by
		Vegard Haugen 19.05.2017	
	Document type	Document status	
	Title	DWG No.	
	Number 7x 2D deler		
	Rev.	Date of Issue	Sheet
			1/1



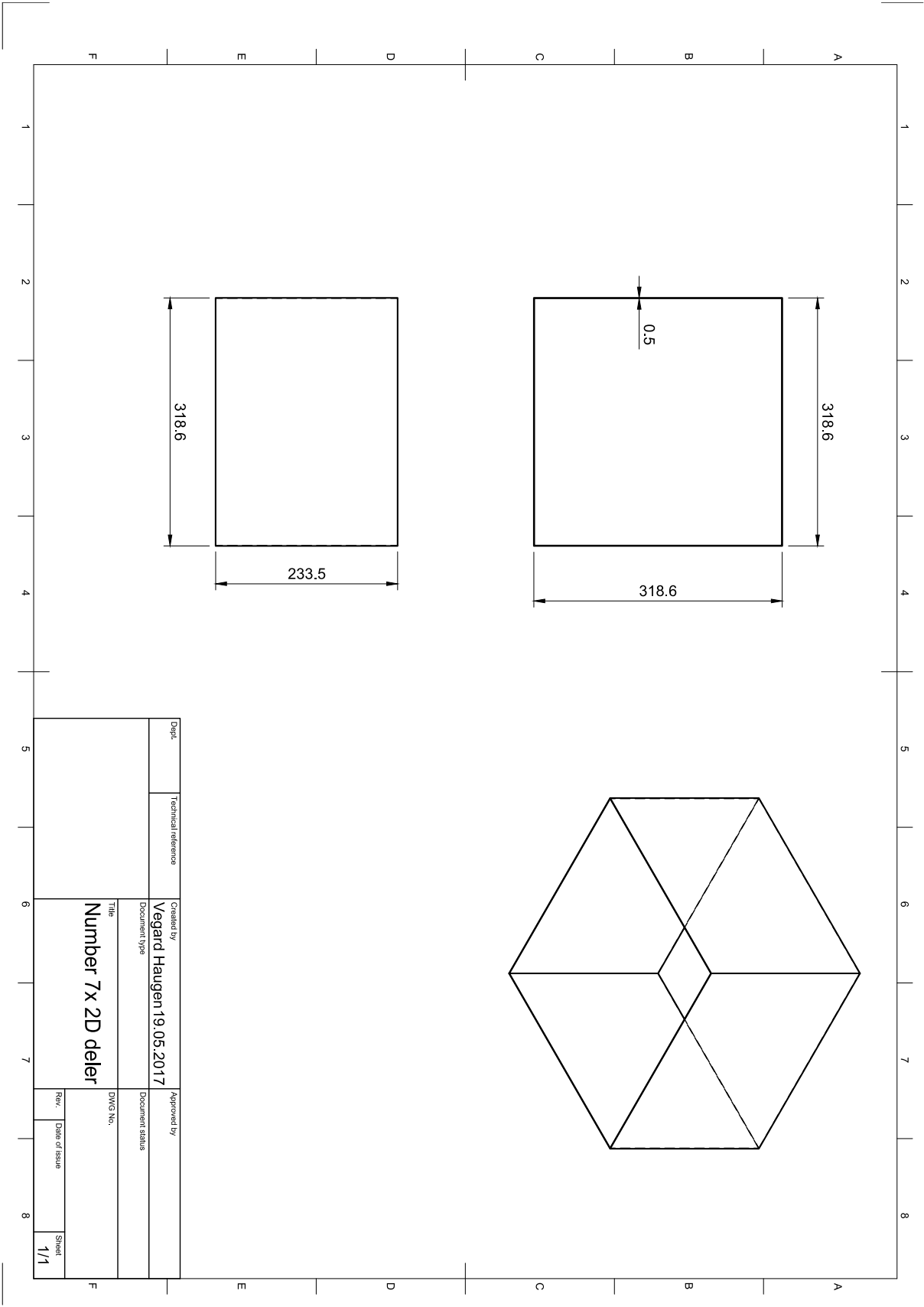
Dept.	Technical reference	Created by	Approved by
		Vegard Haugen 18.05.2017	
		Document type	Document status
		DWG No.	
		Title	
		Cooling plate Component	
		Rev.	Date of issue
		Sheet	
		1/1	

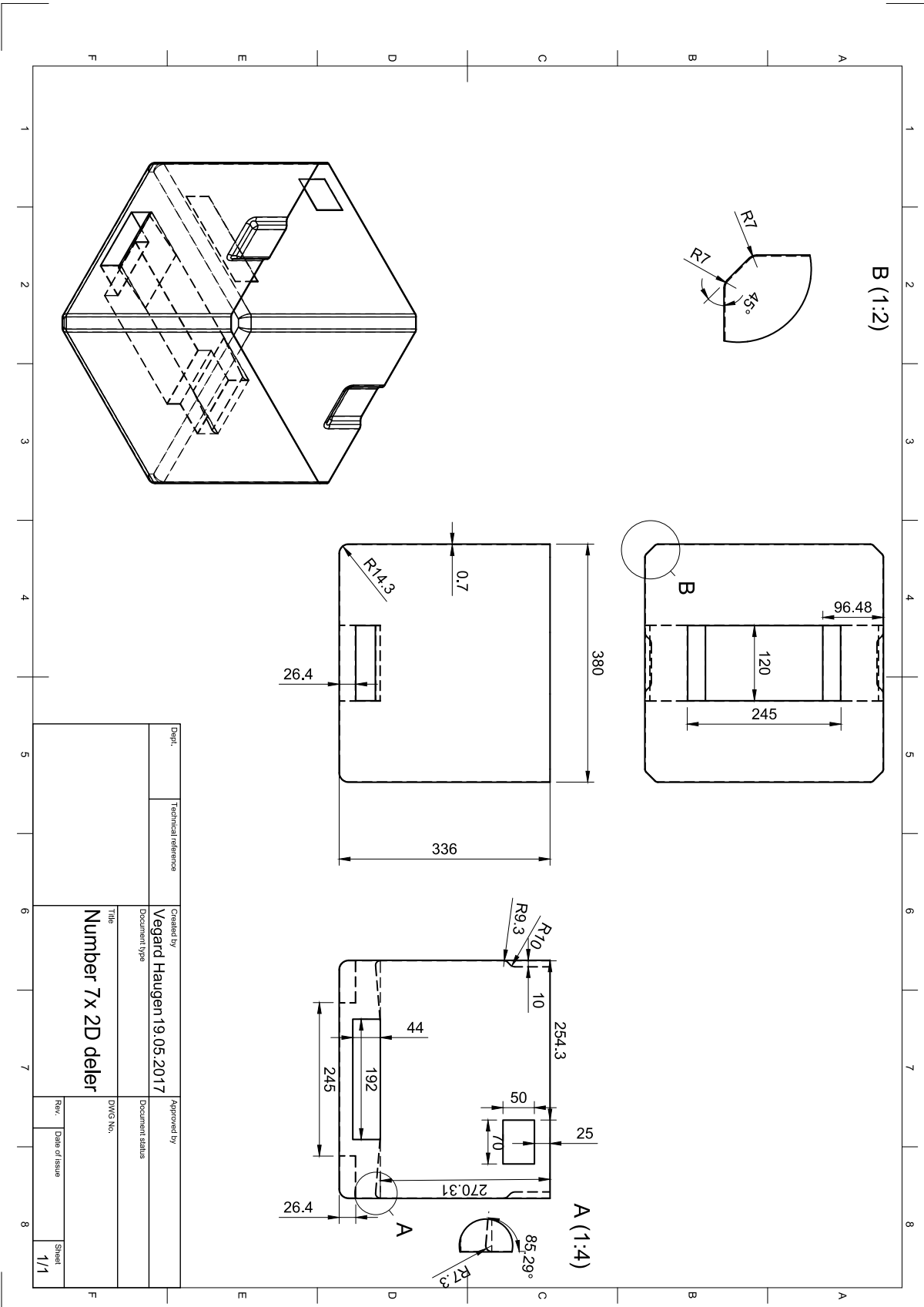


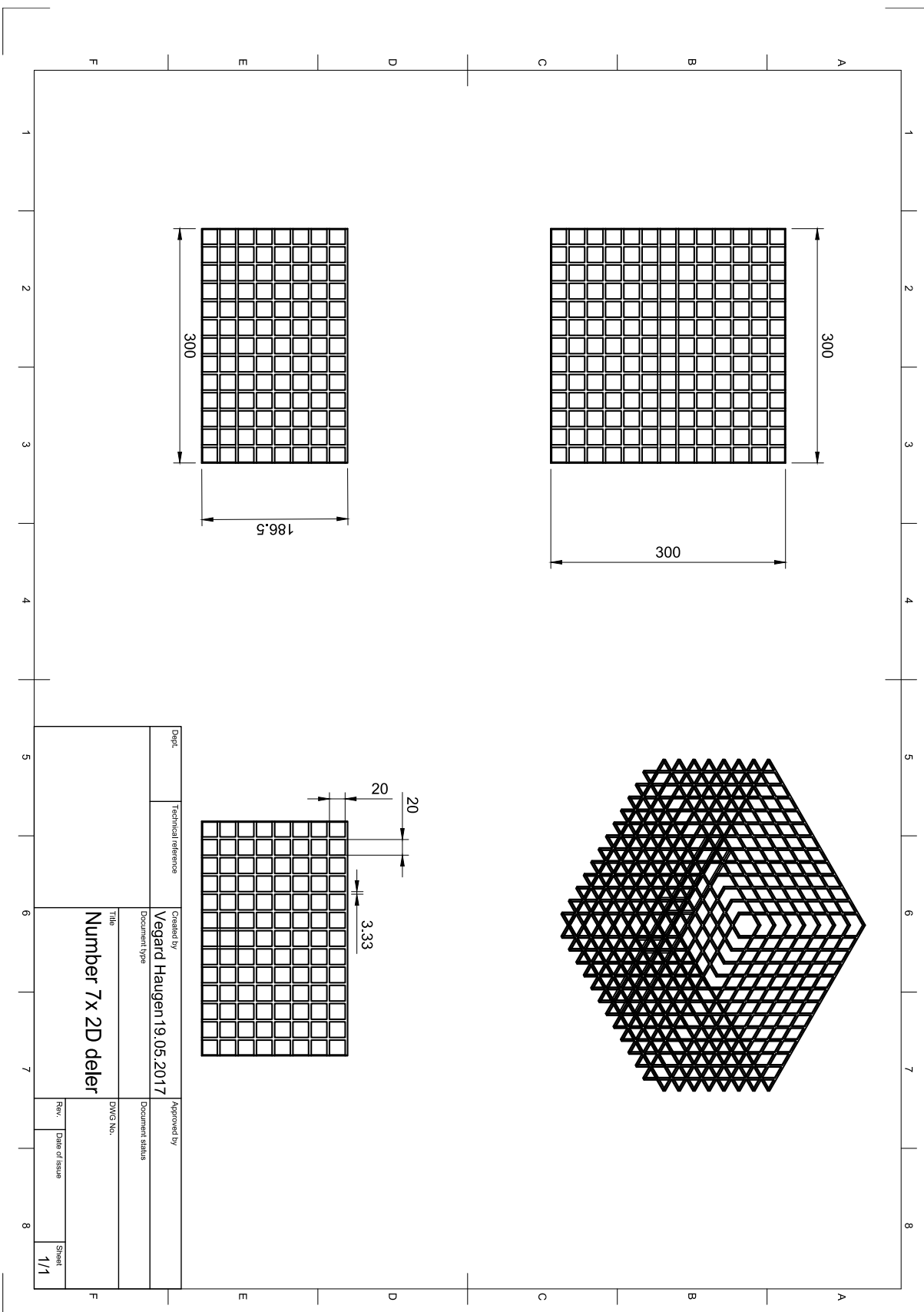
Dept:		Technical reference	
Created by		Approved by	
Vegard Haugen 18.05.2017		Document status	
Document type		DWG No.	
Title		Rev.	
Cooling plate Component		Date of issue	
		Sheet	
		1/1	



Depth:	Technical reference	Created by	Approved by
		Vegard Haugen 19.05.2017	
	Document type	Document status	
	Title	DWG No.	
	Number 7x 2D deler		
	Rev.	Date of Issue	Sheet
			1/1





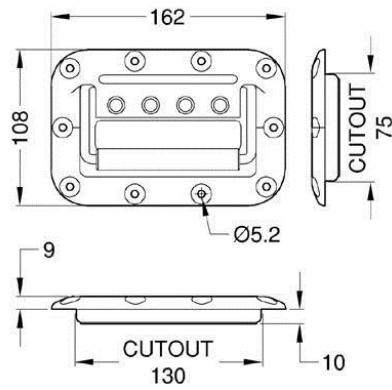


VEDLEGG - B HÅNDTAK

Håndtak 1

Spesifikasjoner

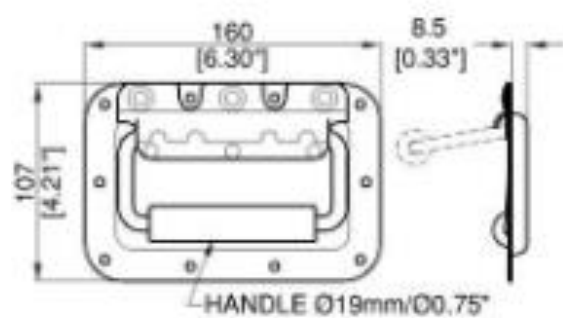
- Vekt: 0.2 kg
- Bygger 9mm ut fra boks
- Pris: 6.10 Euro
- materiale: abs plast



Håndtak 2

Spesifikasjoner

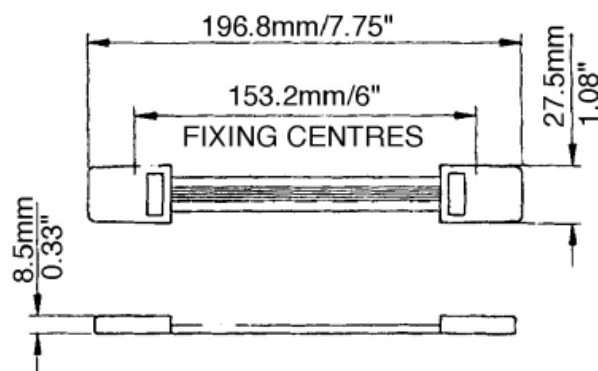
- Vekt 0.37 kg
- Bygger ikke ut av boks
- Pris 3.11 Euro
- materiale: stål



Håndtak 3

Spesifikasjoner

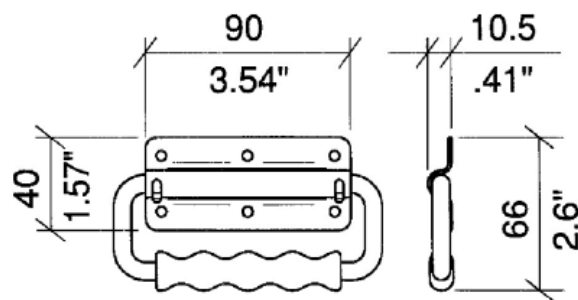
- Vekt 0.04 kg
- Bygger ut 8.5mm
- Pris 1.40 Euro
- materiale: abs plast og stål



Håndtak 4

Spesifikasjoner

- Vekt 0.06 kg
- Bygger ut 10.5mm
- Pris 9.40 Euro
- materiale: Aluminium



FIXING HOLES 4.5mm/.17"DIA

Håndtak 5

Spesifikasjoner

- Vekt 0.467 kg
- Bygger ut 1 mm
- Pris 9.43 Euro
- Materiale: Stål

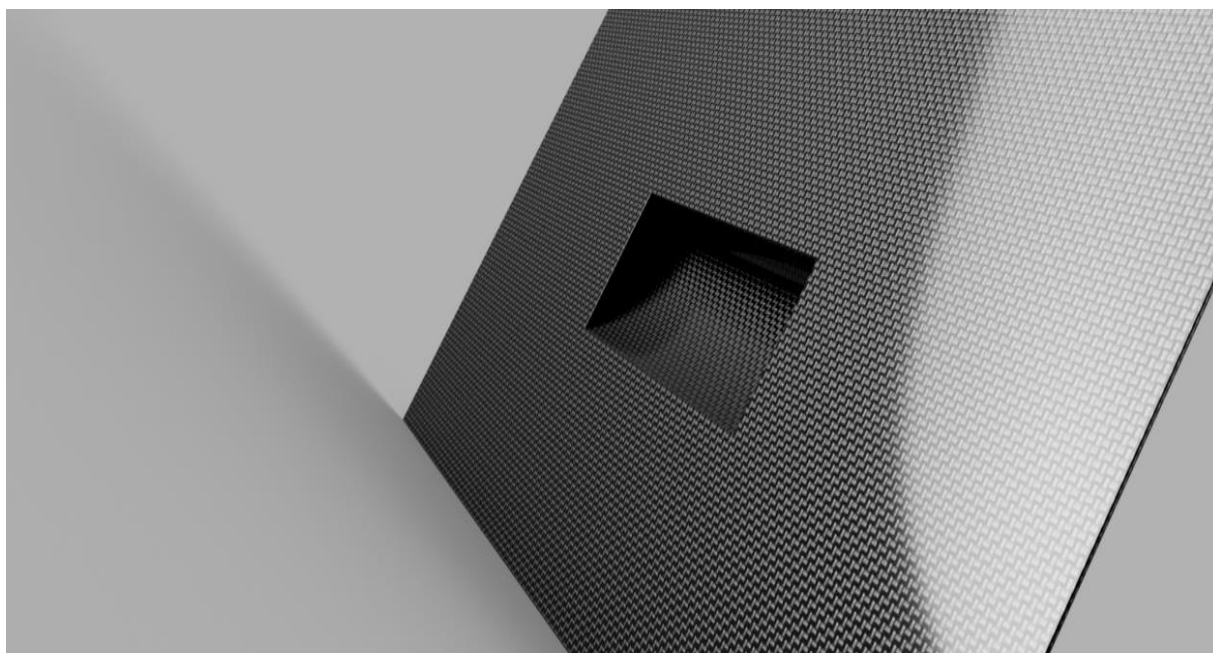


Håndtak 6

Støpe håndtak i karbonfiber.

Spesifikasjoner

- Vekt 0.001 kg
- Bygger ut 0 mm
- Pris 0 Euro
- Materiale: karbon



VEDLEGG - C LÅSMEKANISME

Lås 1

Spesifikasjoner

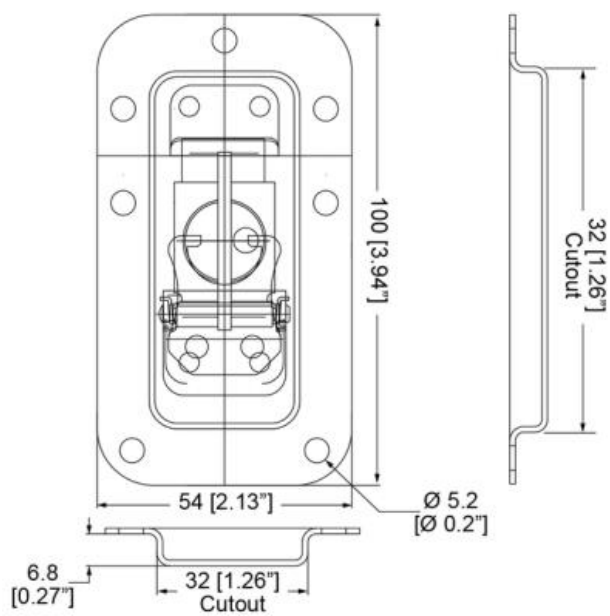
- Vekt: 0.006 kg
- Krever innfelling og endring i hele designet på boks
- Pris: 5.89 Euro
- materiale: plast



Lås 2

Spesifikasjoner

- Vekt: 0.10 kg
- Flukter med boksen
- Pris: 5.30 Euro
- Materiale: Stål



Lås 3

Spesifikasjoner

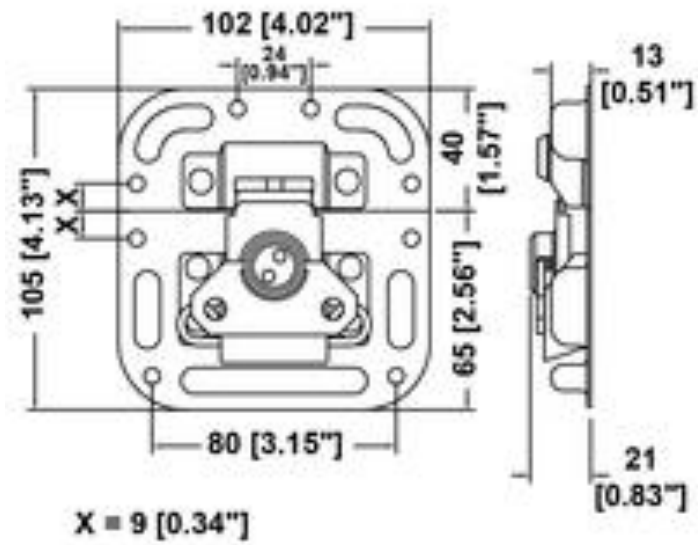
- Vekt: 0.4 kg
- Utvendig lås som krever plass
- Pris: 22.9 Euro
- Materiale: gummi



Lås 4

Spesifikasjoner

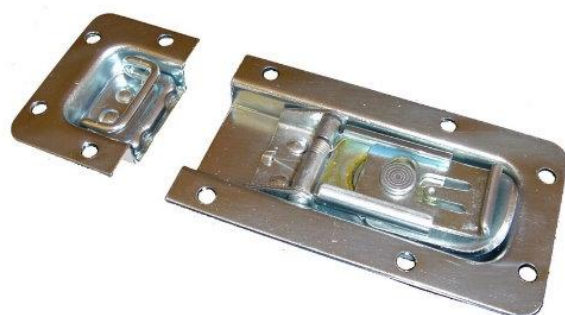
- Vekt: 0.256kg
- Bygger ut 21mm
- Pris:
- materiale: stål



Lås 5

spesifikasjoner

- Vekt: 0.098kg
- Bygger ut 1mm
- Pris: 10.48 euro
- materiale: stål



VEDLEGG - D DATA FRA TERMISK TEST

11.0V				12.5V				14.0V			
STRØM (A)	TID (min,sek)	Temp (C)	Effekt (W)	STRØM (A)	TID (min,sek)	Temp (C)	Effekt (W)	STRØM (A)	TID (min,sek)	Temp (C)	Effekt (W)
8,61	0,00	23,20	94,71	9,20	0,00	22,50	115,00	10,00	0,00	22,00	140,00
7,80	0,30	22,80	85,80	8,90	0,30	22,00	111,25	9,68	0,30	21,40	135,52
7,65	1,00	21,40	84,15	8,69	1,00	20,30	108,63	9,47	1,00	20,20	132,58
7,60	1,30	20,00	83,60	8,65	1,30	18,90	108,13	9,40	1,30	18,80	131,60
7,59	2,00	17,90	83,49	8,63	2,00	17,60	107,88	9,37	2,00	17,30	131,18
7,57	2,30	17,10	83,27	8,60	2,30	16,30	107,50	9,36	2,30	16,00	131,04
7,56	3,00	15,90	83,16	8,58	3,00	15,00	107,25	9,36	3,00	14,80	131,04
7,55	3,30	14,70	83,05	8,58	3,30	13,90	107,25	9,35	3,30	13,80	130,90
7,55	4,00	13,70	83,05	8,52	4,00	12,90	106,50	9,35	4,00	12,80	130,90
7,54	4,30	12,80	82,94	8,52	4,30	12,00	106,50	9,35	4,30	11,90	130,90
7,54	5,00	11,90	82,94	8,52	5,00	11,10	106,50	9,35	5,00	11,10	130,90
7,54	5,30	11,10	82,94	8,50	5,30	10,30	106,25	9,35	5,30	10,30	130,90
7,53	6,00	10,30	82,83	8,49	6,00	9,80	106,13	9,35	6,00	9,70	130,90
7,53	6,30	9,80	82,83	8,48	6,30	9,10	106,00	9,35	6,30	9,10	130,90
7,53	7,00	9,10	82,83	8,48	7,00	8,50	106,00	9,35	7,00	8,40	130,90
7,53	7,30	8,50	82,83	8,48	7,30	7,90	106,00	9,35	7,30	7,90	130,90
7,53	8,00	8,10	82,83	8,48	8,00	7,40	106,00	9,35	8,00	7,40	130,90
7,52	8,30	7,50	82,72	8,48	8,30	6,90	106,00	9,35	8,30	7,00	130,90
7,52	9,00	7,10	82,72	8,48	9,00	6,50	106,00	9,35	9,00	6,60	130,90
7,52	9,30	6,70	82,72	8,48	9,30	6,10	106,00	9,35	9,30	6,20	130,90
7,51	10,00	6,30	82,61	8,48	10,00	5,80	106,00	9,35	10,00	5,90	130,90
7,51	10,30	6,00	82,61	8,48	10,30	5,30	106,00	9,35	10,30	5,50	130,90
7,51	11,00	5,70	82,61	8,48	11,00	5,10	106,00	9,35	11,00	5,20	130,90
7,50	11,30	5,30	82,50	8,48	11,30	4,50	106,00	9,35	11,30	4,90	130,90
7,50	12,00	5,10	82,50	8,48	12,00	4,20	106,00	9,35	12,00	4,70	130,90
7,50	12,30	4,90	82,50	8,48	12,30	4,00	106,00	9,35	12,30	4,40	130,90
7,50	13,00	4,60	82,50	8,48	13,00		106,00	9,35	13,00	4,20	130,90
7,50	13,30	4,30	82,50	8,48	13,30		106,00	9,35	13,30	4,00	130,90
7,50	14,00	4,20	82,50	8,48	14,00		106,00	9,35	14,00		130,90
7,50	14,30	4,00	82,50	8,48	14,30		106,00	9,35	14,30		130,90

Effekt ved 4C			
Tid (min)	Spenning (V)	Strøm (A)	Effekt (W)
1,00	9,30	6,53	60,73
2,00	9,30	6,53	60,73
3,00	9,30	6,54	60,82
4,00	9,40	6,64	62,42
5,00	9,40	6,63	62,32
6,00	9,30	6,52	60,64
7,00	9,30	6,53	60,73
8,00	9,40	6,64	62,42
9,00	9,30	6,52	60,64
10,00	9,30	6,53	60,73
11,00	9,30	6,53	60,73
12,00	9,40	6,64	62,42
13,00	9,40	6,64	62,42
14,00	9,30	6,53	60,73
15,00	9,40	6,64	62,42
16,00	9,30	6,53	60,73
17,00	9,30	6,53	60,73
18,00	9,40	6,64	62,42
19,00	9,40	6,64	62,42
20,00	9,30	6,53	60,73
			61,39

VEDLEGG - E KODE

```
// Kode for oppsett av MultiMoto er hentet fra
//http://www.robotpower.com/products/MultiMoto_info.html

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <DallasTemperature.h> //Bibliotek for Temperatursensor
#include <OneWire.h> //Bibliotek for oneWire BUS
#include <SPI.h> //Bibliotek for SPI BUS
#include <PID_v1.h> //Bibliotek for regulator
#include <Wire.h>
#define ONE_WIRE_BUS A8 //pinne for temperatur
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); //Setup for oneWire
DallasTemperature sensor(&oneWire); //Pass our oneWire reference to Dallas Temperature.

// Oppset av skjerm, I2C adresse 0x27
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);

//L9958 slave select pinner for SPI
#define SS_M4 14
#define SS_M3 13
#define SS_M2 12
#define SS_M1 11

//L9958 retnings pinner
#define Retning_M1 2
#define Retning_M2 3
#define Retning_M3 4
#define Retning_M4 7

//L9958 PWM pinner
#define PWMpin_M1 9
#define PWMpin_M2 10
#define PWMpin_M3 5
#define PWMpin_M4 6

//L9958 Aktivering for alle utgangene
#define ENABLE_MOTORS 8

int pwm1, pwm2, pwm3, pwm4; //Variabler for pwm signal
int retn1, retn2, retn3, retn4; //Variabler retning

//Variabler for PID regulering
double Setpoint, Input, Output;
//Parametere for PID reguleringen
```

```
PID myPID(&Input, &Output, &Setpoint, 400, 0.3, 0, REVERSE);
```

```
const int TempFuktPin = A9;    //Leser av DHT11 sensoren på analog I/O A9
float erVerdi;                //Den faktiske temperaturen i boksen
int paadrag;                  //pwm signalet som blir sendt til spenningsregulatoren
int tillstand;
```

```
const int voltPin = A15;      //Pinne for måling av batterispenning
int voltVerdi;                //Verdien som leses av voltPin
const int paaPin = 17;        //Pinne for Påknapp
const int viftePin1 = 15;     //Pinne for vifte 1
const int viftePin2 = 16;     //Pinne for vifte 2
const int strom1 = 18;
const int strom2 = 19;
```

```
void setup() {
```

```
pinMode(voltPin, INPUT);     //voltPin settes som input
Serial.begin(9600);          // Starter opp kommunikasjon med seriell overvåker
myPID.SetMode(AUTOMATIC);    // Starter PID
sensor.begin();              // Starer opp temperatursensor
SPI.begin();                 //Starter opp SPI bibliotek
SPI.setBitOrder(LSBFIRST);
SPI.setDataMode(SPI_MODE1);
unsigned int configWord;
configWord = 0b0000010000001100;
pinMode(viftePin1, OUTPUT);
pinMode(viftePin2, OUTPUT);
pinMode(paaPin, INPUT);
pinMode(strom1, OUTPUT); digitalWrite(strom1, HIGH);
pinMode(strom2, OUTPUT); digitalWrite(strom2, HIGH);

pinMode(SS_M4, OUTPUT); digitalWrite(SS_M4, HIGH); // HIGH = not selected
pinMode(SS_M3, OUTPUT); digitalWrite(SS_M3, HIGH);
pinMode(SS_M2, OUTPUT); digitalWrite(SS_M2, HIGH);
pinMode(SS_M1, OUTPUT); digitalWrite(SS_M1, HIGH);
```

```
pinMode(Retning_M1, OUTPUT);
pinMode(Retning_M2, OUTPUT);
pinMode(Retning_M3, OUTPUT);
pinMode(Retning_M4, OUTPUT);
```



```

pinMode(PWMPin_M1, OUTPUT); digitalWrite(PWMPin_M1, LOW);
pinMode(PWMPin_M2, OUTPUT); digitalWrite(PWMPin_M2, LOW); // Timer1
pinMode(PWMPin_M3, OUTPUT); digitalWrite(PWMPin_M3, LOW);
pinMode(PWMPin_M4, OUTPUT); digitalWrite(PWMPin_M4, LOW); // Timer0

pinMode(ENABLE_MOTORS, OUTPUT); digitalWrite(ENABLE_MOTORS, HIGH); // HIGH =
disabled

//Motor 1
digitalWrite(SS_M1, LOW);
SPI.transfer(lowByte(configWord));
SPI.transfer(highByte(configWord));
digitalWrite(SS_M1, HIGH);
//Motor 2
digitalWrite(SS_M2, LOW);
SPI.transfer(lowByte(configWord));
SPI.transfer(highByte(configWord));
digitalWrite(SS_M2, HIGH);
//Motor 3
digitalWrite(SS_M3, LOW);
SPI.transfer(lowByte(configWord));
SPI.transfer(highByte(configWord));
digitalWrite(SS_M3, HIGH);
//Motor 4
digitalWrite(SS_M4, LOW);
SPI.transfer(lowByte(configWord));
SPI.transfer(highByte(configWord));
digitalWrite(SS_M4, HIGH);
lcd.begin(16,2);
}

void loop() {
// put your main code here, to run repeatedly:

sikkerhet(voltVerdi);
sjekkTemp(); //Sjekker temperaturen inne i boksen
regulering(erVerdi); //PID regulering av temperaturen
sendPWM(paadrag); //Sender signal til spenningsregulatoren
lesVolt(); //Leser av batterispenningen
skrivTilLCD(erVerdi, voltVerdi);
}

int sikkerhet( int voltVerdi) {

if (voltVerdi >= 670) { //
digitalWrite(ENABLE_MOTORS, LOW); //
} //Skjekker om det er nok spenning til batteriet
else { //
digitalWrite(ENABLE_MOTORS, HIGH); //
}
}

```

```

}
if (voltVerdi <= 670) {          //
  digitalWrite(viftePin1, HIGH); //
  digitalWrite(viftePin2, HIGH); //
}                                //Setter på vifter når elementene får spenning
else {                          //
  digitalWrite(viftePin1, LOW);  //
  digitalWrite(viftePin2, LOW);  //
}
}
}
int sjekkTemp() {

  sensor.requestTemperatures(); //Kommando for å hente temperatur

  erVerdi = sensor.getTempCByIndex(0) ;
  Serial.print("erVerdi  ");
  Serial.print(erVerdi);
  Serial.println();
  return ( erVerdi );
}

int regulering(float erVerdi) {

  Input = erVerdi;
  Setpoint = 4;
  myPID.Compute();           //Kalkulering av pådrag
  paadrag = Output;
  return paadrag;
}

int sendPWM (int paadrag) {

  Serial.print("paadrag  ");
  Serial.print(paadrag);
  analogWrite(PWMpin_M4, paadrag); //Sender signal til element 4
  analogWrite(PWMpin_M3, paadrag); //Sender signal til element 3
  analogWrite(PWMpin_M2, paadrag); //Sender signal til element 2
  analogWrite(PWMpin_M1, paadrag); //Sender signal til element 1
}

```

```

}

void lesVolt() {

    tillstand = digitalRead(paaPin);
    if (tillstand == HIGH) {
        voltVerdi = 333;
        Serial.println("Hoy");
    }

    if (tillstand == LOW) {
        voltVerdi = analogRead(voltPin);
        Serial.println("lav");
    }

    Serial.println(voltVerdi);
    return (voltVerdi);
}

int skrivTilLCD (float erVerdi,int voltVerdi) {

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0); // Setter markør
    lcd.print("Temp Sett Batt"); // Skriver til skjerm
    lcd.setCursor(1, 1);
    lcd.print(erVerdi);
    lcd.setCursor(7, 1);
    lcd.print("4");
    lcd.setCursor(12, 1);
    if (voltVerdi > 900) {
        lcd.print("100");
    }

    if (voltVerdi <= 900 && voltVerdi >877 ) {
        lcd.print("90");
    }
    if (voltVerdi <= 877 && voltVerdi >854 ) {
        lcd.print("80");
    }
    if (voltVerdi <= 854 && voltVerdi >831 ) {
        lcd.print("70");
    }
    if (voltVerdi <= 831 && voltVerdi >808 ) {
        lcd.print("60");
    }
}

```

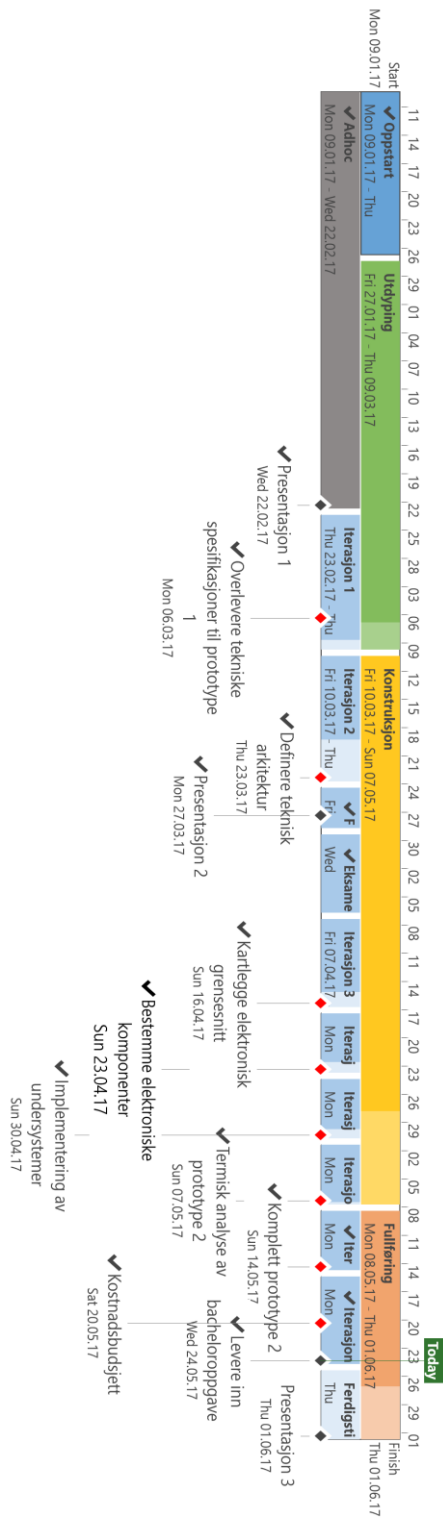
```
}
if (voltVerdi <= 808 && voltVerdi >785 ) {
  lcd.print("50");
}
if (voltVerdi <= 785 && voltVerdi >762 ) {
  lcd.print("40");
}
if (voltVerdi <= 762 && voltVerdi >739 ) {
  lcd.print("30");
}
if (voltVerdi <= 739 && voltVerdi >716 ) {
  lcd.print("20");
}
if (voltVerdi <= 716 && voltVerdi >693 ) {
  lcd.print("10");
}
if (voltVerdi <= 693 && voltVerdi >370 ) {
  lcd.print("0");
}
if (voltVerdi < 360 ) {
  lcd.print("AV");
}
```

```
lcd.setCursor(15, 1);
lcd.print("%");
```

```
}
```

```
//Slutt
```

VEDLEGG F - GANTT DIAGRAM



Task	Task Name	% Complete	Duration	Start	Finish
1	Oppstart	100%	14 days	Mon 09.01.17	Thu 26.01.17
2	Presentasjon 1	100%	0 days	Wed 22.02.17	Wed 22.02.17
3	Adhoc	100%	33 days	Mon 09.01.17	Wed 22.02.17
4	Lage dokumentmater	100%	7 days	Mon 09.01.17	Tue 17.01.17
5	Ansvarfordeling og grupperoller	100%	2 days	Mon 09.01.17	Tue 10.01.17
6	Prosjektplan 1.0	100%	14 days	Mon 16.01.17	Thu 02.02.17
7	Kravspesifikasjon 1.0	100%	18 days	Mon 30.01.17	Wed 22.02.17
8	Risikoanalyse 1.0	100%	12 days	Mon 30.01.17	Tue 14.02.17
9	Testspesifikasjon 1.0	100%	18 days	Mon 30.01.17	Wed 22.02.17
10	Kartlegge interessenter	100%	7 days	Mon 30.01.17	Tue 07.02.17
11	Utdyping	93%	30 days	Fri 27.01.17	Thu 09.03.17
12	Iterasjon 1	93%	11 days	Thu 23.02.17	Thu 09.03.17
13	Overlevere tekniske spesifikasjoner til prototype 1	100%	0 days	Mon 06.03.17	Mon 06.03.17
14	Oppfølging fusjon 3D	100%	6 days	Fri 24.02.17	Fri 03.03.17
15	Oppdatere fremdrift	100%	2 days	Fri 24.02.17	Mon 27.02.17
16	Rapport på transport av varme	100%	10 days	Fri 24.02.17	Thu 09.03.17
17	Rapport isolasjon	100%	10 days	Fri 24.02.17	Thu 09.03.17
18	Gjøre ferdig CAD tegninger til prototype 1	100%	2 days	Tue 28.02.17	Wed 01.03.17
19	Funksjonsdiagram	100%	2 days	Wed 01.03.17	Thu 02.03.17
20	Test og Rapport på peltier	50%	6 days	Tue 28.02.17	Tue 07.03.17
21	Risikoanalyse 2.0	100%	1 day	Thu 02.03.17	Thu 02.03.17
22	Use case ferdig	100%	3 days	Tue 07.03.17	Thu 09.03.17

Task	Mode	Task Name	% Complete	Duration	Start	Finish	
22	✓	Use case ferdig	100%	3 days	Tue 07.03.17	Thu 09.03.17	
23	✓	↳Konstruksjon	83%	42 days	Fri 10.03.17	Sun 07.05.17	
24	✓	↳Iterasjon 2	67%	10 days	Fri 10.03.17	Thu 23.03.17	
25	✓	Rapport om varmevakuering	50%	10 days	Fri 10.03.17	Thu 23.03.17	
26	✓	Definere teknisk arkitektur	100%	0 days	Thu 23.03.17	Thu 23.03.17	
27	✓	Risikoanalyse 2.0	100%	1 day	Tue 14.03.17	Tue 14.03.17	
28	✓	Heat pipe konstruksjon	100%	1 day	Tue 14.03.17	Tue 14.03.17	
29	✓	Nytt system for tinnelister	100%	2 days	Tue 14.03.17	Wed 15.03.17	
30	✓	Heat pipe test	100%	1 day	Wed 15.03.17	Wed 15.03.17	
31	✓	Kravspesifikasjon 2.0	100%	1 day	Wed 15.03.17	Wed 15.03.17	
32	✓	FEM analyse av materialvalg. Hovedboks	50%	6 days	Thu 16.03.17	Thu 23.03.17	
33	✓	3D illustrasjon av systemet til presentasjon 2	100%	5 days	Thu 16.03.17	Wed 22.03.17	
34	✓	Ferdigstille rapport om peltier	50%	6 days	Thu 16.03.17	Thu 23.03.17	
35	✓	↳Forberede presentasjon 2	100%	3 days	Fri 24.03.17	Tue 28.03.17	
36	✓	Lage presentasjon	100%	2 days	Fri 24.03.17	Mon 27.03.17	
37	✓	Presentasjon 2	100%	0 days	Mon 27.03.17	Mon 27.03.17	
38	✓	Eksamensperiode	100%	7 days	Wed 29.03.17	Thu 06.04.17	
39	✓	↳Iterasjon 3	83%	7 days	Fri 07.04.17	Sun 16.04.17	
40	✓	Kartlegge elektronisk grensenitt	100%	0 days	Sun 16.04.17	Sun 16.04.17	
41	✓	FEM analyse av hovedboks(karbonfiber)	50%	5 days	Mon 10.04.17	Fri 14.04.17	
42	✓	Rapport om Peltier	100%	5 days	Mon 10.04.17	Fri 14.04.17	
43	✓	Oppsett av batteripakke	50%	2 days	Mon 10.04.17	Tue 11.04.17	

Task	Mode	Task Name	% Complete	Duration	Start	Finish	10 Apr '17	17 Apr '17	24 Apr '17	01 May '17	08 May '17
43	✓	Oppsett av batteripakke	50%	2 days	Mon 10.04.17	Tue 11.04.17	█				
44	✓	Rapport om varmevakuumering	100%	2 days	Mon 10.04.17	Tue 11.04.17	█				
45	✓	Spenningsregulering utkast	100%	3 days	Mon 10.04.17	Wed 12.04.17	█				
46	✓	Låse og lukke mekanisme utkast	100%	3 days	Wed 12.04.17	Fri 14.04.17	█				
47	✓	Alterasjon 4	82%	6 days	Mon 17.04.17	Sun 23.04.17		█			
48	✓	Bestemme elektroniske komponenter	100%	0 days	Sun 23.04.17	Sun 23.04.17		█			
49	✓	FEM analyse av hovedsk(karbonther)	50%	4 days	Tue 18.04.17	Fri 21.04.17		█			
50	✓	Iterere løsninger på lukkemekanisme	100%	2 days	Tue 18.04.17	Wed 19.04.17		█			
51	✓	Teste TEC2-19706 peltier	100%	1 day	Tue 18.04.17	Tue 18.04.17		█			
52	✓	Spenningsregulering iterering	100%	3 days	Tue 18.04.17	Thu 20.04.17		█			
53	✓	Lage test dokument for termisk test	100%	1 day	Fri 21.04.17	Fri 21.04.17		█			
54	✓	Alterasjon 5	85%	6 days	Mon 24.04.17	Sun 30.04.17		█			
55	✓	Implementering av undersystemer	100%	0 days	Sun 30.04.17	Sun 30.04.17		█			
56	✓	Ferdig rapport om materialvalg	100%	6 days	Mon 24.04.17	Sun 30.04.17		█			
57	✓	3D modellering av kjølesystem	100%	5 days	Mon 24.04.17	Fri 28.04.17		█			
58	✓	Bestille komponent for spenningsregulering	100%	5 days	Mon 24.04.17	Fri 28.04.17		█			
59	✓	Dimensjonere batteripakke	50%	2 days	Mon 24.04.17	Tue 25.04.17		█			
60	✓	Rapport-mal til test av lukkemekanisme	50%	2 days	Thu 27.04.17	Fri 28.04.17		█			
61	✓	Bestemme batterilader	50%	3 days	Wed 26.04.17	Fri 28.04.17		█			
62	✓	Alterasjon 6	96%	6 days	Mon 01.05.17	Sun 07.05.17			█		
63	✓	Termisk analyse av prototype 2	0%	0 days	Sun 07.05.17	Sun 07.05.17				█	
64	✓	Bygge prototype 2	100%	1 day	Mon 01.05.17	Mon 01.05.17					█


Task	Task Name	% Complete	Duration	Start	Finish
64	Bygge prototype 2	100%	1 day	Mon 01.05.17	Mon 01.05.17
65	Oppdatere WEB side	100%	1 day	Mon 01.05.17	Mon 01.05.17
66	Implementere LCD skjerm til prototype	100%	1 day	Mon 01.05.17	Mon 01.05.17
67	Ferdigstille kode for spenningsregulering	100%	5 days	Mon 01.05.17	Fri 05.05.17
68	Funksjonstest av kjølesystem til prototype 2	100%	2 days	Mon 01.05.17	Tue 02.05.17
69	Spenningsregulering Ferdig	100%	5 days	Mon 01.05.17	Fri 05.05.17
70	Bestemme og bestille låsemekanisme	100%	3 days	Mon 01.05.17	Wed 03.05.17
71	Ferdig batteripakke med BMS	100%	3 days	Wed 03.05.17	Fri 05.05.17
72	Ferdigstille 3D modeller til produksjonsklargjøring	100%	3 days	Wed 03.05.17	Fri 05.05.17
73		0%			
74	-Fullføring	77%	19 days	Mon 08.05.17	Thu 01.06.17
75	-Iterasjon 7	100%	6 days	Mon 08.05.17	Sun 14.05.17
76	Komplett prototype 2	100%	0 days	Sun 14.05.17	Sun 14.05.17
77	Designutviklings dokument	100%	5 days	Mon 08.05.17	Fri 12.05.17
78	Testing av isolasjonsskum	100%	2 days	Mon 08.05.17	Tue 09.05.17
79	Modellere låsemekanisme	100%	3 days	Mon 08.05.17	Wed 10.05.17
80	Testrapport av prototype 2	100%	1 day	Mon 08.05.17	Mon 08.05.17
81	Spenningsregulering dokument	100%	3 days	Tue 09.05.17	Thu 11.05.17
82	Teste låsemekanisme	100%	2 days	Thu 11.05.17	Fri 12.05.17
83	-Iterasjon 8	100%	8 days	Mon 15.05.17	Wed 24.05.17
84	Kostnadsbudsjett	100%	0 days	Sat 20.05.17	Sat 20.05.17
85	Sette sammen dokumenter	100%	8 days	Mon 15.05.17	Wed 24.05.17

Task	Mode	Task Name	% Complete	Duration	Start	Finish	15 May '17	22 May '17	29 May '17
85	✓	Sette sammen dokumenter	100%	8 days	Mon 15.05.17	Wed 24.05.17	[Progress bar]		
86	✓	Designutvikling kjølesystem	100%	5 days	Mon 15.05.17	Fri 19.05.17	[Progress bar]		
87	✓	Arduino-kode for spenningsavlesning av batterinivå	100%	2 days	Mon 15.05.17	Tue 16.05.17	[Progress bar]		
88	✓	læreere dokument om elektronikk	100%	3 days	Mon 15.05.17	Wed 17.05.17	[Progress bar]		
89	✓	Lage spenningsdeler	100%	1 day	Mon 15.05.17	Mon 15.05.17	[Progress bar]		
90	✓	Varmeavkøling siste iterasjon	100%	1 day	Mon 15.05.17	Mon 15.05.17	[Progress bar]		
91	✓	Designutviklings dokument siste iterasjon	100%	5 days	Tue 16.05.17	Mon 22.05.17	[Progress bar]		
92	✓	Lærnekamisme siste iterasjon	100%	1 day	Tue 16.05.17	Tue 16.05.17	[Progress bar]		
93	✓	Prosjektplan 3.0	100%	3 days	Wed 17.05.17	Fri 19.05.17	[Progress bar]		
94	✓	2D tegninger: komponenter til fullskala versjon	100%	3 days	Thu 18.05.17	Sat 20.05.17	[Progress bar]		
95	✓	Prosjektmodell 3.0	100%	1 day	Sat 20.05.17	Sat 20.05.17	[Progress bar]		
96	✓	Testspesifikasjon 3.0	100%	1 day	Sun 21.05.17	Sun 21.05.17	[Progress bar]		
97	✓	Kostnadsbudsjett	100%	1 day	Sun 21.05.17	Sun 21.05.17	[Progress bar]		
98	✓	Kravspesifikasjon 3.0	100%	1 day	Mon 22.05.17	Mon 22.05.17	[Progress bar]		
99	✓	Sammenstillingsbeskrivelse	100%	2 days	Sat 20.05.17	Mon 22.05.17	[Progress bar]		
100	✓	Leverer inn bacheloroppgave	100%	0 days	Wed 24.05.17	Wed 24.05.17	[Progress bar]		
101	✓	iterasjon 9	0%	6 days	Thu 25.05.17	Thu 01.06.17	[Progress bar]		
102	✓	Prosjektplan	0%	2 days	Thu 25.05.17	Fri 26.05.17	[Progress bar]		
103	✓	Bygge kjølesystem	0%	4 days	Thu 25.05.17	Tue 30.05.17	[Progress bar]		
104	✓	Ferdig prototype 2	0%	4 days	Thu 25.05.17	Tue 30.05.17	[Progress bar]		
105	✓	Ferdigstille presentasjon 3	0%	6 days	Thu 25.05.17	Thu 01.06.17	[Progress bar]		
106	✓	Presentasjon 3	0%	0 days	Thu 01.06.17	Thu 01.06.17	[Progress bar]		



REFERANSER

- [1] Syklotronsenteret, «Syklotronsenter,» PETMEDIA, 2016. [Internett]. Available: <https://www.syklotronsenteret.no/om-syklotronsenteret>.
- [2] «Wikipedia,» [Internett]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Waterfall_model.
- [3] Wikipedia. [Internett]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Verification_and_validation.
- [4] D. Olson, «<http://www.bawiki.com/wiki/concepts/sdlc-process-models/unified-process/>,» [Internett].
- [5] K. K. Bank. [Internett]. Available: <http://kfknowledgebank.kaplan.co.uk/KFKB/Wiki%20Pages/Mendelow's%20matrix.aspx>.
- [6] J. Safi, «[https://fronter.com/oa/links/files.phtml/1971252382\\$351564299\\$/Undervisning/Lecture+Presentations+/Module+2+Work+BreakDown+Structure.pdf](https://fronter.com/oa/links/files.phtml/1971252382$351564299$/Undervisning/Lecture+Presentations+/Module+2+Work+BreakDown+Structure.pdf),» [Internett].
- [7] «Wikipedia,» [Internett]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Rapid_prototyping.
- [8] D. M. Buede, The engineering design of systems: models and methods – 2nd ed., p. cm. – (Wiley series in systems engineering and management), Hoboken, New Jersey.: Wiley & sons, Inc., 2000.
- [9] G. B. W. F. J. G. K.-H. Pahl, Engineering Design: A Systematic Approach – 2nd ed., Springer-Verlag London, 2007.
- [10] V. Engineering, «Value Engineering,» [Internett]. Available: http://c.ymcdn.com/sites/www.value-eng.org/resource/collection/3ef6aa7e-99e4-44f8-aa11-b1ba16cc9052/1985_July-Sept.pdf?hhSearchTerms=%22Brainstorming%22. [Funnet 08 05 2017].

- 
- [11] Y. T. S. Haik, Engineering Design Process – 2nd ed., Cengage Learning, 2011.
- [12] Autodesk, «Autodesk Fusion 360,» [Internett]. Available: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview>. [Funnet 12 01 2017].
- [13] Systems, Dassault, «SolidWorks Simulation,» [Internett]. Available: <http://www.solidworks.com/sw/products/simulation/simulation.htm>. [Funnet 19 05 2017].
- [14] M. A. B. M. K. Yunus A. Cengel, Thermodynamics: An Engineering Approach – 7nd ed in SI Units., New York, NY: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2011.
- [15] D. Lancaster, «Hardware Hacker,» [Internett]. Available: <http://www.tinaja.com/glib/hack68.pdf>. [Funnet 13 05 2017].
- [16] elfadistrelec, «<https://www.elfadistrelec.no/>,» [Internett]. Available: <https://www.elfadistrelec.no/no/peltierelement-14-122-14-67-laird-cp2-127-06l/p/17566095?q=peltier&page=13&origPos=13&origPageSize=50&simi=90.43>.
- [17] Jet-Tek, «JetTek Web Site,» [Internett]. Available: <http://jet-tek.com/camloc-latches-selection-guide/km610-km680-series.php>. [Funnet 18 05 2017].
- [18] Y. A. C. & M. A. Boles, Thermodynamics, 2011.
- [19] U. Lachish. [Internett]. Available: <http://urila.tripod.com/Thermoelectric.pdf>.
- [20] «Wikipedia,» [Internett]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Thermocouple>.
- [21] «Ferrotec.com,» [Internett]. Available: <https://thermal.ferrotec.com/technology/thermoelectric-reference-guide/thermalref01/>.
- [22] «Wikipedia,» [Internett]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Electromotive_force.

- [23] «Wikipedia,» [Internett]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Seebeck_coefficient.
- [24] «phys.uaf.edu,» [Internett]. Available: http://ffden-2.phys.uaf.edu/212_spring2007.web.dir/sedona_price/phys_212_webproj_peltier.html.
- [25] «Encyclopædia britannica,» [Internett]. Available: <https://global.britannica.com/science/electricity/Kirchhoffs-laws-of-electric-circuits#ref307249>.
- [26] Y. A. C. / . M. A. Boles, Thermodynamics: An engineering approach.
- [27] «www.customthermoelectric.com,» [Internett]. Available: <http://www.customthermoelectric.com/images/TEC-side-labeled.jpg>.
- [28] «www.coolermastercorp.com,» [Internett]. Available: http://www.coolermastercorp.com/manufacture.php?page_id=8.
- [29] Dassault Systems, «Solidworks,» [Internett]. Available: <http://www.solidworks.com/sw/products/simulation/finite-element-analysis.htm>. [Funnet 21 04 2017].
- [30] K. Enger, «Symmetri og forenklinger,» Kongsberg.
- [31] Meccanica, «Meccanica,» [Internett]. Available: <http://meccanica.uit.no/fasthet/flerakset.htm>. [Funnet 25 04 2017].
- [32] AZO Materials, «AZO Materials,» [Internett]. Available: <http://www.azom.com/properties.aspx?ArticleID=764>.
- [33] T. R. K. Devendra, «Journal of Minerals and Material Characterization and Engineering,» Scientific Research, 2013.
- [34] p. c. latch. [Internett]. Available: <https://www.pelishop.com/143986-1123-942-110sp-peli-case-latch-1120-1150-v2-18-mm-black.html>.

- [35] F. c. latch. [Internett]. Available: <https://www.ipadkiosks.com/products/heavy-duty-flight-case>.
- [36] T.-H. igloo. [Internett]. Available: <https://www.igloocoolers.com/00024039-latch-t-handle-yukon-black>.
- [37] g. t. data. [Internett]. Available: <https://www.ramgaskets.com/rubber-gasket-material/>.
- [38] Vannkjøling. [Internett]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Water_cooling.
- [39] Y. A. C. & M. A. Boles, Thermodynamics an engineering approach seventh edition, Mc Graw Hill.
- [40] H. grafikk. [Internett]. Available: <https://www.1-act.com/innovations/heat-pipes/>.
- [41] Heatpipe. [Internett]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_pipe .
- [42] h. info. [Internett]. Available: <https://www.slideshare.net/shefinmustafa/study-of-heat-pipe>.
- [43] «Arduino.cc,» [Internett]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>.
- [44] «robotpower.com,» [Internett]. Available: http://www.robotpower.com/products/MultiMoto_info.html .
- [45] «kjell.com,» [Internett]. Available: <https://www.kjell.com/no/produkter/elektro-og-verktoy/elektronikk/arduino/moduler/temperatursensor-for-arduino-p87883> .
- [46] «kultogbillig.no,» [Internett]. Available: <http://kultogbillig.no/Arduino-kompatibel-2-kanals-5V-Rele-Modul?search=Relè> .
- [47] M. Jouaneh, Fundamentals of mechatronics.

- [48] «tu.no,» [Internett]. Available: <https://www.tu.no/artikler/praktisk-reguleringsteknikk-praktisk-prosessregulering-4-8/218514>.
- [49] «Battery University,» [Internett]. Available: http://batteryuniversity.com/learn/archive/is_lithium_ion_the_ideal_battery.
- [50] «Wikipedia,» [Internett]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_density.
- [51] «Battery University,» [Internett]. Available: http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_lithium_ion_batteries.
- [52] «Wikipedia,» [Internett]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_management_system.
- [53] «Wikipedia,» [Internett]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Voltage>.
- [54] M. Jouaneh, «Fundamentals of Mechatronics - SI edition,» p. 12.
- [55] «Wikipedia,» [Internett]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_current.
- [56] «Wikipedia,» [Internett]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Seebeck_coefficient.
- [57] «Wikipedia,» [Internett]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric_materials.
- [58] «<http://www.pcbheaven.com>,» [Internett]. Available: http://www.pcbheaven.com/wikipages/images/peltiertheory_1244825828.jpg.
- [59] n. h. i. a. plast. [Internett]. Available: <https://www.flightcase-parts.com/flightcase-parts/recessed-handle/recessed-flip-handle-in-abs-dish/61/2119>.
- [60] n. håndtak. [Internett]. Available: <https://www.flightcase-parts.com/flightcase-parts/recessed-handle/recessed-flip-handle/61/2124>.

- [61] S. håndtak. [Internett]. Available: <https://www.flightcase-parts.com/flightcase-parts/surface-handle/straphandle-with-steel-insert/84/2090>.
- [62] O. h. i. aluminium. [Internett]. Available: <https://www.flightcase-parts.com/flightcase-parts/surface-handle/aluminium-surface-flip-handle/84/2107>.
- [63] p. c. lås. [Internett]. Available: <https://www.pelishop.com/143986-1123-942-110sp-peli-case-latch-1120-1150-v2-18-mm-black.html>.
- [64] l. b. lås. [Internett]. Available: <https://www.flightcase-parts.com/flightcase-parts/butterfly-latch-small/small-butterfly-latch-in-narrow-dish/160/2151>.
- [65] l. f. igloo. [Internett]. Available: <https://www.igloocoolers.com/00024039-latch-t-handle-yukon-black>.
- [66] o. b. lås. [Internett]. Available: <http://penn-elcom.com/default.asp?MC=01020601&LG=ENG>.
- [67] l. b. lås. [Internett]. Available: <https://www.adamhall.com/shop/no-en/flight-case/catches/306/17202>.
- [68] vannkjøling. [Internett]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Water_cooling.
- [69] luftkjøling. [Internett]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Air_cooling.
- [70] H. f. område. [Internett]. Available: <https://www.1-act.com/innovations/heat-pipes/>.