

# Sensur av hovedoppgaver Høgskolen i Buskerud Fakultet for Teknologi



**Prosjektnummer:** 2013-07

For studieåret: 2012/2013

Emnekode: [SFHO-3200](#)

## **Prosjektnavn**

RDNS - Robot design og navigasjon system

RDNS - Robot design and navigation system

**Utført i samarbeid med:** Sundvolden hotel

**Ekstern veileder:** Ingen

**Sammendrag:** Oppgaven vår går ut på å utvikle et styresystem og designe et chassis for en robotisert støvsuger. Denne roboten vil operere i et hotel miljø og må ta hensyn til omgivelsene, og være i stand til å takle utfordringene og jobbe seg systematisk i et slikt miljø. Produktet er utviklet i samarbeid med Tord Moe Laeskogen ved Sundvolden hotel og HiBu Kongsberg.

## **Stikkord:**

- Styresystem
- Design
- Produktutvikling

Tilgjengelig: Ja

## **Prosjekt deltagere og karakter:**

Navn	Karakter
Ali Sediqi	
Jamshid Nayab	
Anders Lindheim	
Ibrahim Arpaci	
Per Harald Helgesen	

Dato: 27 Mai 2013

---

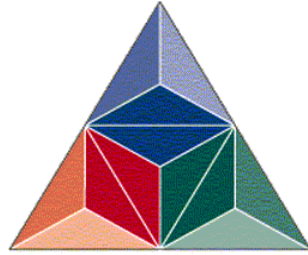
Jørn Breivoll  
Intern Veileder

---

Hallstein Asheim Hansen  
Intern Sensor

---

Hans Engebretsen  
Ekstern Sensor



# HØGSKOLEN i Buskerud

**Avdeling for Ingeniørutdanning**

**Institutt for Teknologi**

**Oppgavetittel:** Hovedprosjekt 2013

**Fag(nr./navn):**

SFHO-3200 Hovedprosjekt med prosjektstyring

**Gruppemedlemmer:**

Anders Lindheim, Ali Sediqi, Jamshid Nayab, Ibrahim Arpaci, Per Harald Helgesen.

**Faglærer:**

Olaf Hallan Graven

**Dato:**27.05.2013

Jeg/vi bekrefter at den innleverte besvarelsen helt og fullt er mitt/vårt verk.

.....  
**Ali Sediqi -Anders Lindheim - Jamshid Nayab -Ibrahim Arpaci- Per Harald Helgesen**

# Dokumentoversikt

1. Ide dokument
2. Prosjektplan
3. Risikoanalyse
4. Kravspesifikasjon
5. Testspesifikasjon
6. Teknologidokument
7. Styresystem
8. Realiseringsrunder
9. Økonomi og effektivitet
10. Etteranalyse
11. Vedlegg

# Ide dokument

---

V 2.0



# SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*



## Innholdsfortegnelse

Dokument historie .....	4
Introduksjon .....	5
Hensikten/målet med prosjektet .....	5
Prosjektbeskrivelse .....	5
Delprosjekter .....	6

## Dokument historie

Version	Dato	Endringer	Utført av
0.1	31.10.2012	Opprettet dokument	Ali
0.2	07.11.2012	Oppdatert	Ali
1.0	05.01.2013	Frigjort for godkjenning	Ali
2.0	25.05.2013	Frigjort for godkjenning	Ali

Tabell 1

## Introduksjon

### **Sundvolden hotell sine ønsker for prosjektet :**

En støvsuger som kan rengjøre hotellkorridorer. Den bør også kunne støvsuge spisesaler og andre fellesarealer. Den må kunne arbeide systematisk, og kun gå over ett område en gang. Videre hadde det vært bra om den hadde kunne kjøre heiser, og på den måte arbeide seg gjennom flere etasjer. Rent teknisk er det mange gode støvsugere i dag, men det er kun på de mindre maskinene det er robotstyrt.

Dette henger nok sammen med at internasjonalt sett er det svært billig arbeidskraft, og arbeidstidene er mer liberale enn i Norge.

### **Hensikten/målet med prosjektet**

Målet for Sundvolden hotell er først og fremst å frigjøre ressurser/arbeidskraft fra renhold til andre formål. Kjernen av oppgaven går ut på å utvikle et styre- og fremdriftssystem og design for støvsuger-robot.

### **Prosjektbeskrivelse**

Vi skal utvikle en støvsuger-robot for Sundvolden hotell som skal frigjøre ressurser/arbeidskraft der pris/effektivitet skal måles ift. dagens løsninger. Det må være lønnsomt for kunden å investere i en støvsuger-robot..

## Delprosjekter

Gruppen og kunden vår (Sundvolden hotell) ser for seg følgende utfordringer pr idag :

- Mobilitet
  - Fremkomlighet
    - 1. Heis
    - 2. Trapp
    - 3. Hjørner
    - 4. Hindringer
  
- Kapasitet
  - 1. Oppetid
  - 2. Batteri
  - 3. Tank
  
- Miljø
  - 1. Støy
  
- Forstyrrelser
  - 1. Gjester
  - 2. Løse gjestander
  
- Navigasjon
  - 1. Hvordan effektivt finne frem og rengjøre et område
  
- Design
  - 1. Robust
  - 2. Funksjonelt
  
- Lade/tømmestasjon

Gruppen har i samtale med oppdragsgiver blitt enig om at det må være rom for justering av prosjektet underveis, utvidelser eller begrensninger.

# Prosjektplan

---

V 3.0



# SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*

## Innholdsfortegnelse

V 3.0 .....	2
Dokument historie .....	4
Forkortelser .....	5
<b>1. Gruppemedlemmer og rollefordeling i prosjektet .....</b>	<b>6</b>
<i>1.1 Presentasjon av gruppemedlemmer .....</i>	<i>6</i>
<i>1.2 Ansvarsområder for de ulike rollene i prosjektet .....</i>	<i>8</i>
<i>1.3 E-post og hjemmesiden til prosjektet .....</i>	<i>9</i>
<b>2. Introduksjon .....</b>	<b>10</b>
2.1 Beskrivelse av oppgaven .....	10
2.2 Beskrivelse av dokumentet.....	10
<b>3. Målsetting .....</b>	<b>11</b>
<b>4. Avgrensninger .....</b>	<b>12</b>
<b>5. Forutsetninger .....</b>	<b>13</b>
<b>6. Aktiviteter/ ansvarskart .....</b>	<b>14</b>
<b>7. Hovedplan .....</b>	<b>16</b>
7.1 Valg av prosjektmodell .....	16
7.2 Organisering .....	18
7.3 Beskrivelse av hovedplanen .....	19
<b>8. Kilder.....</b>	<b>26</b>

## Dokument historie

Version	Dato	Endringer	Utført av
0.1	21.11.12	Opprettet dokument	AL
0.2	27.11.12	Lagt til tekst	AL
0.3	28.11.12	Lagt til tekst	AL
0.4	31.12.12	Lagt til tekst	AL
0.5	01.01.13	Lagt til tekst	AL
0.6	02.01.13	Lagt til tekst	AL
0.7	04.01.13	Lagt til tekst	AL
1.0	06.01.13	Frigjort for godkjenning	
1.1	17.03.13	Oppdatert prosjektplan, aktivitetsliste, prosjektmodell, gruppeinfo og lagt til tekst i punkt 4 og 7	AL
1.2	18.03.13	Oppdatert ansvarlige for hver aktivitet, lagt til tekst i punkt 7 og lagt til punkt 9. Lagt til SH logo.	AL
2.0	19.03.13	Frigjort for godkjenning	AL
2.1	24.05.13	Oppdatert aktivitetskart, prosjektplan og lagt til tekst i punkt 7	AL
2.2	25.05.13	Lagt til tekst og tabell i punkt 1	AL
3.0	25.05.13	Frigjort for godkjenning	AL

Tabell 1

## Forkortelser

Forkortelser	Forklaring
HiBu	Høgskolen i Buskerud
ATEK	Avdeling for teknologi
SW	Solid Works (3D-modelleringsprogram)
FEM	Finite element analysis
SH	Sundvolden Hotel
AL	Anders Lindheim

Tabell 2.



# 1. Gruppemedlemmer og rollefordeling i prosjektet

## 1.1 Presentasjon av gruppemedlemmer

	<b>Navn:</b> Ali Sediqi
	<b>Rolle:</b> Prosjektleder
	<b>Linje:</b> Bachelor Elektro – Kybernetikk og Mekanikk
	<b>Tlf:</b> 45187991
	<b>E-post:</b> ali_sediqi@hotmail.com

	<b>Navn:</b> Per Harald Helgesen
	<b>Rolle:</b> Konstruksjonsansvarlig - Styresystem
	<b>Linje:</b> Bachelor Elektro - Audioteknologi
	<b>Tlf:</b> 41329817
	<b>E-post:</b> amardos99@gmail.com



**Navn:** Ibrahim Arpaci

**Rolle:** Testansvarlig

**Linje:** Bachelor Elektro - Kybernetikk og Mekanikk

**Tlf:** 90403918

**E-post:** arpaciibrahim01@gmail.com



**Navn:** Jamshid Nayab

**Rolle:** Konstruksjonsansvarlig - Chassis

**Linje:** Bachelor Maskin - Produktutvikling

**Tlf:** 91343265

**E-post:** jami\_nayab@hotmail.no

	<b>Navn:</b> Anders Lindheim
	<b>Rolle:</b> Dokumentansvarlig
	<b>Linje:</b> Bachelor Maskin - Produktutvikling
	<b>Tlf:</b> 92290426
	<b>E-post:</b> lindheim_5@hotmail.com

### 1.2 Ansvarsområder for de ulike rollene i prosjektet

Rolle	Ansvarsområde
Prosjektleder	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Styre arbeidet mot målet for prosjektet</li> <li>• Rapportere til veilederen</li> <li>• Holde prosjektet innenfor grensene for prosjektet</li> <li>• Informere veilederen om nåværende eller fremtidige overskridelser av prosjektgrensene</li> </ul>
Konstruksjonsansvarlig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lede arbeidet med design</li> <li>• Koordinere dokumentasjon omkring design</li> </ul>
Testansvarlig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ansvar for alt test arbeid i gruppa</li> <li>• Lede arbeidet med testing</li> <li>• Ansvar for at det utarbeides nødvendige testplaner</li> </ul>
Dokumentansvarlig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sørge for at dokumenter skrives, ajourføres og distribueres.</li> <li>• Sørge for at referat blir skrevet og distribuert</li> <li>• Ansvar for samordning og distribusjon av dokumenter</li> <li>• Opprette maler for timelister, oppfølgingsdokument, møteinnkallinger og møtereferater.</li> <li>• Sørge for at dokumenter har et helhetlig utseende</li> </ul>

Tabell 3. Ref. [1]

*1.3 E-post og hjemmesiden til prosjektet*

- Felles e-post for prosjektgruppa: [robotech2013@hotmail.com](mailto:robotech2013@hotmail.com)
- Link til hjemmeside for hovedprosjektet: [home.hibu.no/atekstuderter1207](http://home.hibu.no/atekstuderter1207)

## 2. Introduksjon

### 2.1 Beskrivelse av oppgaven

Hovedprosjekt er HiBu – ATEK 's egen vri på det som ved andre høyskoler i Norge blir kalt bacheloroppgave. Hovedprosjektet går over to semestre, 5 studiepoeng i høstsemesteret og 15 studiepoeng i vårsemesteret. Totalt utgjør dette 20 studiepoeng, noe som tilsvarer en arbeidsmengde pr. person på rundt 550 timer. Prosjektet er derfor en betydelig del av hele bachelorstudiet som er på totalt 180 studiepoeng. Hovedprosjektet er tverrfaglig og det er opp til studentene selv og danne en prosjektgruppe på 4-6 personer, samt innhente prosjektoppgave.

Prosjektoppgaven er gitt av Sundvolden Hotel, og går ut på å utvikle en støvsuger som skal rengjøre hotellkorridorer. Oppdragsgiver ønsker også at støvsugeren skal kunne brukes i andre deler av hotellet, i hovedsak matsaler og andre fellesarealer. Den store utfordringen i oppgaven er kravet om at støvsugeren skal kunne jobbe selvstendig og systematisk, vi snakker med andre ord om en robotstøvsuger. Disse kravene gjør at oppgaven vokser i både omfang og kompleksitet, men samtidig fører det til at oppgaven blir mer spennende, og dette var grunnen til at prosjektgruppa valgte nettopp denne oppgaven.

Videre er det et ønske fra oppdragsgiver at robotstøvsugeren kan kjøre heis, dette gjør det mulig å arbeide seg gjennom flere etasjer i hotellet, og det vil bidra til at robotstøvsugeren får en enda høyere grad av selvstendighet.

Dette var utgangspunktet for vårt hovedprosjekt. Underveis ble det gjort avgrensninger som blir gjennomgått i punkt 4 av denne rapporten.

### 2.2 Beskrivelse av dokumentet

Hensikten med dette dokumentet er å gi ett innblikk i hvordan prosjektgruppa har planlagt gjennomføringen av hovedprosjektet. Dokumentet inneholder en kort introduksjon før det videre går inn på målsettinger, avgrensninger, forutsetninger, oppgavebeskrivelse og aktivitetskart/ansvarskart. Deretter vil hovedplan for prosjektet bli presentert. Til slutt følger en presentasjon av gruppedeltagere og en dokumentoversikt for alle dokumenter som inngår i hovedprosjektet.

### 3. Målsetting

Gruppen har flere mål som vi ønsker å oppnå gjennom arbeidet med dette prosjektet. Vi har bestemt oss for å dele disse målsettingene i to grupper, og vi har valgt og kalle disse for gruppemål og produktmål.

- **Gruppemål**

- Legge ned nok tid og krefter i prosjektperioden, slik at hvert enkelt gruppemedlem får den karakteren de har som målsetting.
- Ha en god kommunikasjon med kunde gjennom hele prosjektet.
- Få mer erfaring med å jobbe i en prosjektgruppe over lengre tid.
- Skape et godt miljø innad i gruppa som gir gode arbeidsforhold for hvert enkelt medlem.
- Få erfaring med planlegging, ressursbruk og lære å takle utfordringer som dukker opp underveis.
- Produsere god dokumentasjon, og fremskaffe et solid underlag før avgjørelser som er vesentlige for prosjektet, blir tatt.
- Gjennomføre 3 gode presentasjoner av prosjektet.

- **Produktmål**

- Utvikle et produkt som kunden er fornøyd med.
- Oppfylle flest mulig av de kravene som er satt i kravspesifikasjonen til produktet.
- Hvis vi ikke rekker å utvikle en ferdig prototype, så er målet og fremdeles kunne presentere ett ferdig styringssystem for prototypen, på vår tredje og siste presentasjon.
- Sørge for at prosjektet/produktet er av en slik kvalitet at det lett kan videreføres til en ny prosjektgruppe hvis vi ikke rekker å utvikle en ferdig prototype av en robotstøvsuger.

## 4. Avgrensninger

Prosjektgruppa har i samtaler med kunde, Tord Moe Laeskogen ved Sundvolden Hotel, fått en god forståelse av hva som forventes av resultater i løpet av prosjektperioden. Et utviklingsprosjekt av en robotstøvsuger med høye krav til ytelse og effektivitet, blir fort komplisert, kostbart og omfattende. Dette har prosjektgruppa og kunde diskutert, og det er naturlig og avgrense prosjektet.

Det er mange spennende delprosjekter vi kan jobbe med i utviklingen av en robotstøvsuger, og prosjektgruppa har i utgangspunktet valgt å se nærmere på utvikling av et styringssystem for en slik type robot. Dette vil innebære et system som gjør det mulig for roboten å navigere i en hotelkorridor, og hvis vi har tid vil vi også prøve å se nærmere på hvordan et slikt system skal reagere når det kommer hindringer i veien. Prosjektgruppa tror at dette vil gi oss nok av utfordringer til å fylle prosjektperioden med nok arbeid.

Tilbakemeldinger fra sensor og veileder etter at presentasjon 1 var avholdt, førte til at prosjektgruppa også valgte å utvikle et chassis for robotstøvsugeren. Hovedårsaken til dette var å gi maskinstudentene utfordringer som var relevant for deres studie/bakgrunn.

Etter litt møtevirksomhet ble det foretatt nok en avgrensning i forhold til utviklingen av chassis. Det ble bestemt at det kun skal lages en god 3D- tegning, styrkeberegninger i form av FEM analyse og en vurdering av materialvalg.

## 5. Forutsetninger

Prosjektet er det første i sitt slag mtp. omfang og realisme, som er gitt i løpet av tiden ved HiBu. Dette vil gi oss mye ny lærdom, og forhåpentligvis forberede oss på hvilke krav som stilles når vi snart skal ut i arbeidslivet og jobbe som ingeniører.

Det er viktig og understreke at robotteknologi ikke har inngått i undervisningen til noen av gruppedeltakerne, og det er derfor et helt nytt teknologifelt som vi må utforske. Vi tror dette blir spennende, men det vil også påvirke hva vi er i stand til å utvikle. Det er også begrenset hvor mye tid vi har til rådighet i arbeidet med dette prosjektet.



## 6. Aktiviteter/ ansvarskart

I tabell 4 (A-B) har vi listet opp alle aktiviteter som inngår i prosjektet pr. i dag. Hver enkelt aktivitet er blitt gitt et aktivitetsnummer som skal sørge for bedre sporbarhet ift. føring av timelister. Tabellen viser også hvem i prosjekt- gruppa som står ansvarlig for gjennomføring av hver aktivitet. Denne oversikten skal hjelpe gruppa til å holde oversikt over hva som skal gjøres i hver fase av prosjektet. Det er viktig at den ansvarlige for hver aktivitet, gir tilbakemelding til prosjektleder om status/fremdrift for sin aktivitet. Resultatet av dette er at vi holder oss innenfor tidsbruk som er satt av i prosjektplanen, evt. at vi får en tidlig oversikt over aktiviteter som tar mer tid enn først antatt, slik at vi kan gjøre justeringer for å komme i mål til planlagt tid.

Aktivitetsnummer	Aktivitet	Ansvarlig
A1	Prosjektorganisering	Ali
A2	Veiledermøter	Ali
A3	Eksterne møter	Ali
A4	Arbeid med møtereferat	Jamshid
A5	Arbeid med ide/visjonsdokument	Ali
A6	Arbeid med kravspesifikasjon	Ali
A7	Arbeid med testspesifikasjon	Ibrahim, Jamshid
A8	Arbeid med prosjektplan	Anders
A9	Arbeid med webside	Ali
A10	Arbeid med økonomi	Anders

Tabell 4-A

Aktivitetsnummer	Aktivitet	Ansvarlig
A11	Arbeid med oppfølgingsdokument	Anders
A12	Timelister/loggføring av arbeid	Anders
A13	Arbeid med presentasjoner	Per Harald
A14	Arbeid med innlevering av dokumentasjon ifm. presentasjoner	Anders
A15	Arbeid med dokumentasjon av hver fase	Anders
A16	System design	Jamshid
A17	Konstruksjon	Per Harald, Jamshid
A18	Realisering	Per Harald
A19	Test	Ibrahim, Jamshid
A20	Ajourføre dokumenter	Anders
A21	Gruppemøter	Ali
A22	Research*	
A23	Presentasjon	Ali
A24	Arbeid med risikohåndtering	Jamshid
A25	Programmering	Per Harald
A26	Selvstudium	Per Harald
A27	Research-motor	Ali
A28	Research-motorshield	Ibrahim
A29	Research-sensor	Per Harald
A30	Research-mikrokontroller	Ibrahim
A31	Research-chassis	Jamshid
A32	Bestilling av deler	Ali
A33	Lab	Ali
A34	Matematisk modell	Ibrahim
A35	3D-modellering i SW	Jamshid
A36	Robotmodell	Per Harald
A37	Simulink	Ibrahim
A38	Matlab	Ibrahim
A39	FEM analyse	Jamshid

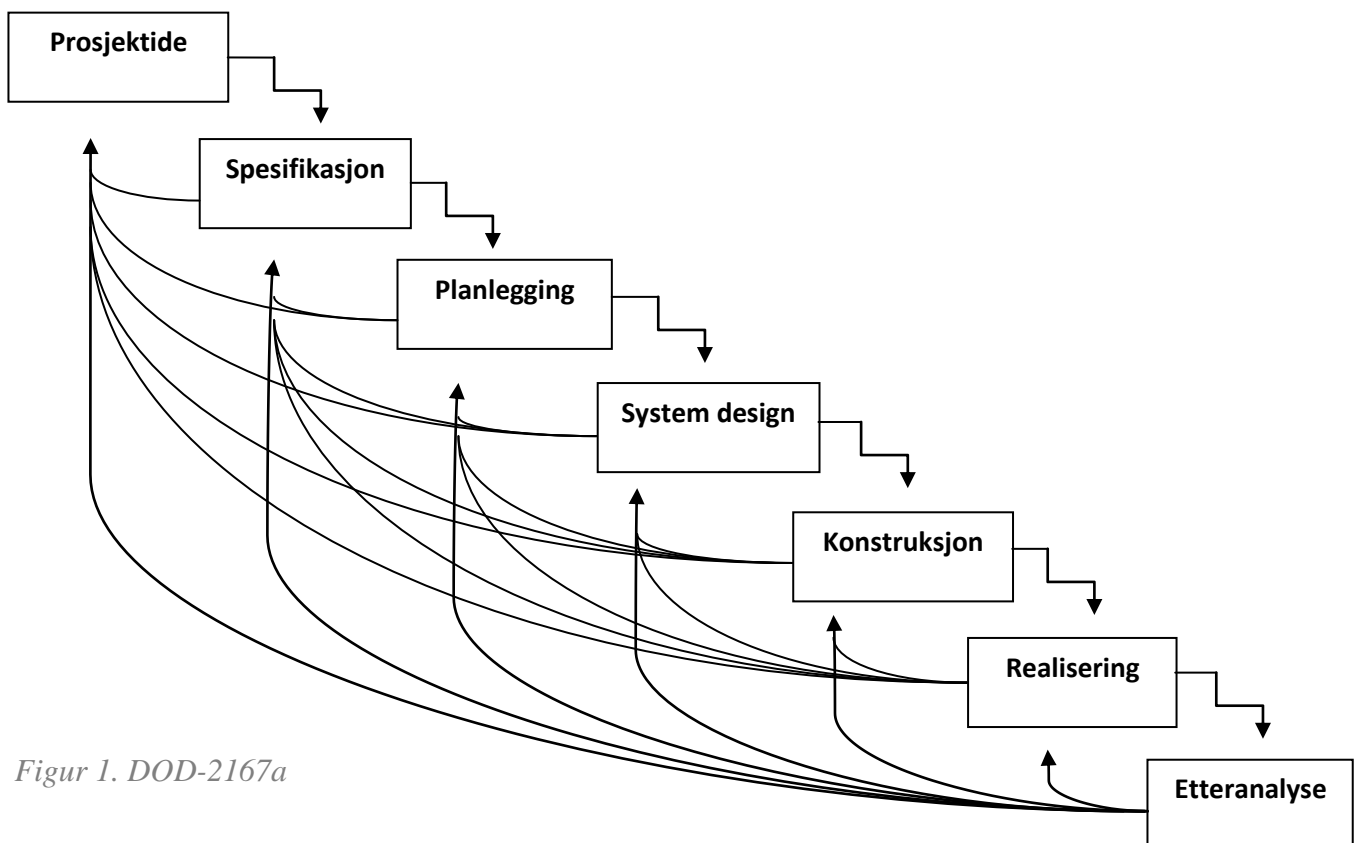
Tabell 4-B

\* 30.01.13 Ble prosjektgruppa enige med intern veileder om å dele opp A22-Research i flere aktiviteter. Årsaken var at vi trengte mer info/detaljer rundt tidsbruk på denne aktiviteten.

## 7. Hovedplan

### 7.1 Valg av prosjektmodell

Prosjektgruppa hadde i startfasen av prosjektet valgt å bruke en type vannfallsmodell kalt DOD-2167a som prosjektmodell. Vi mente da at denne måten og jobbe på var mest fornuftig i og med at målet var å ende opp med en prototype. Fordelen med denne prosjektmodellen er at den har en inkrementell utviklingsmetode, men den gir mulighet til å vende tilbake til en tidligere fase hvis det er nødvendig med endringer. En annen fordel med denne modellen er at den har klare faseinndelinger, er oversiktlig og enkel å forstå. Figur 1 viser hvordan prosjektmodellen fungerer.

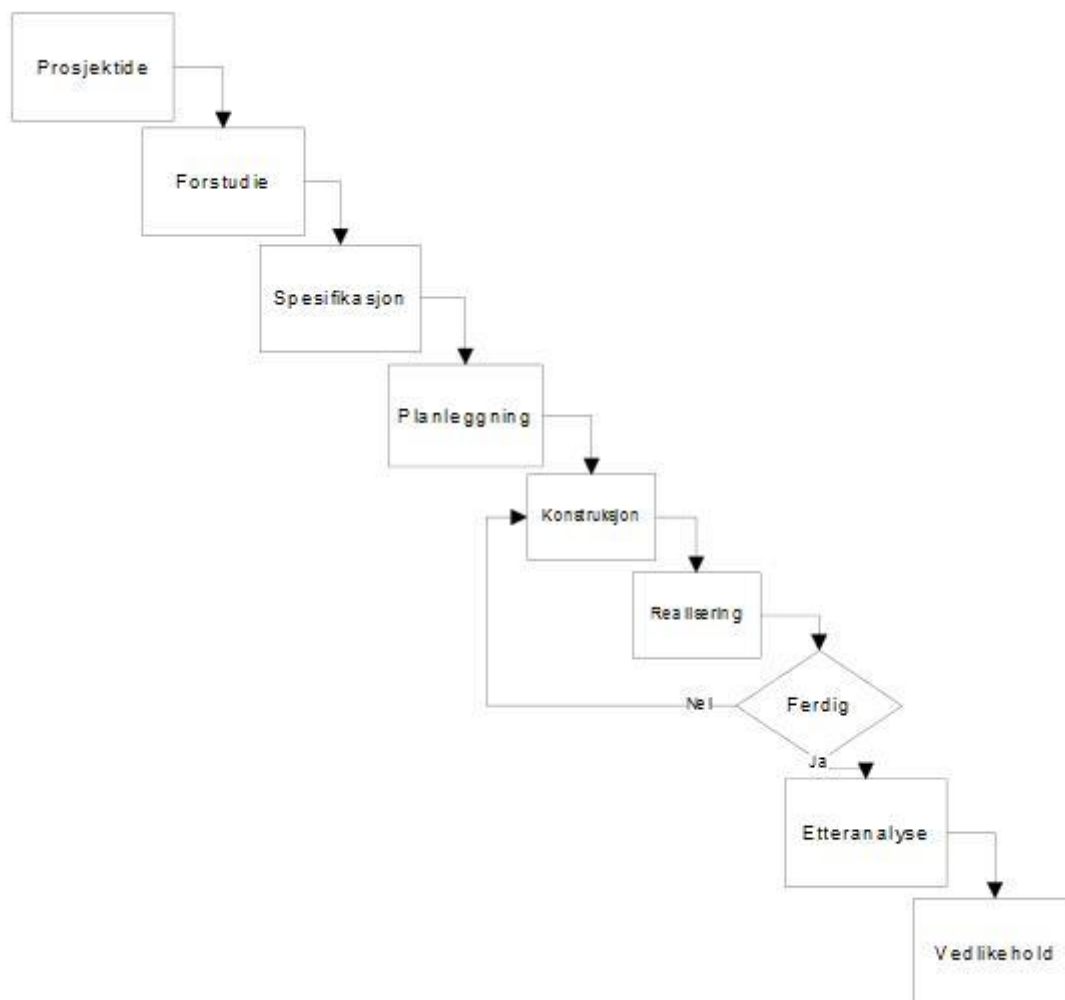


Figur 1. DOD-2167a

Tilbakemeldinger fra sensor og veileder etter at presentasjon 1 var avholdt, førte til at prosjektgruppa også valgte å endre prosjektmodell i fase 2 av prosjektet. Ulempen med prosjektmodellen som vi hadde valgt, gikk på at den egnet seg best i utvikling av produkter der de forskjellige fasene frem til sluttprodukt var godt kjent blant utviklerne.

Dette passet dårlig for vårt prosjekt, så vi valgte en prosjektmodell med en klar evolusjonær tilnærming. Etter råd fra veileder bestemte vi oss for en inkrementell prosjektmodell. I inkrementell utvikling lager man først en fullstendig kravspesifikasjon, før man underveis bygger på det man har laget i tidligere runder.

Kravspesifikasjonen angir hva som er viktig og mindre viktig for systemet ved at de rangeres i A, B eller C krav. Det vi så gjør er å fokusere på de viktigste kravene. Disse kravene blir konstruert, realisert og testet først. Så tar vi nye krav som gjennomgår samme prosess, og slik fortsetter man til man er ferdig. Man vil da få en prosjektsyklus som dette:



Figur.2 Inkrementell prosjektmodell [1]

## 7.2 Organisering

Prosjektgruppa har etablert faste rammer for hvordan prosjektet skal organiseres. Møtevirksomhet, kommunikasjon og dokumenthåndtering er 3 poster vi har klare regler på pr. i dag. Antall poster under organisering vil med stor sannsynlighet stige etter hvert som vi begynner å jobbe med prosjektet. Mer spesifikt om hvilke regler som gjelder følger under:

### 7.2.1 Møtevirksomhet

- 2 ukentlige gruppemøter skal avholdes, mandag og onsdag. Det er naturlig at prosjektleder leder møtet. Mandagsmøtet blir viktig i forhold til kommunikasjon. Mailer til kunde osv. er lurt å sende ut tidlig, slik at vi kan få svar i løpet av innværende uke. Onsdagsmøtet bør brukes til oppfølging av prosjektplan.
- Møteinnkallinger for kundemøter evt. møter der ekstern sensor skal være med, bør minimum sendes ut 1 uke før møtet er planlagt. Fra disse møtene skal det lages et referat. Referent oppnevnes av gruppa og referatet bør være ferdig 24 timer etter møtet.
- Veiledermøter er obligatorisk og avholdes hver uke. Siden onsdag er satt av i timeplanen til prosjektarbeid, er det naturlig og legge dette møtet til onsdager hvis dette passer med timeplanen til veileder. Det skal lages et oppfølgingsdokument i forkant av hvert møte, som skal leveres veileder minimum 24 timer før møtet. Møtet kan ledes på rundgang avhengig av tema. Gruppa oppnevner en referent som lager et referat som skal være klart innen 24 timer etter møtet. Dette referatet sendes så til veileder.

### 7.2.2 Kommunikasjon

- Prosjektgruppa har opprettet en felles e-post adresse som skal brukes i all kontakt med kunde, ekstern og intern veileder og alle andre parter som prosjektgruppa kommer i kontakt med i løpet av prosjektet.
- Det er gjort avtale med kunde, Sundvollen Hotell, om at kommunikasjon skal foregå via e-post.

- Prosjektgruppa har opprettet en privat gruppe på facebook.com. Denne skal brukes til kommunikasjon innad i prosjektgruppa.

### 7.2.3 Dokumenthåndtering

- Prosjektgruppa benytter seg av dropbox for å gjøre det lettere med samordning og distribusjon av de forskjellige dokumentene.
- Et dokument skal sikkerhetskopieres hver gang det gjøres endringer, dette skal gjøres for å unngå at vi mister data.
- Et dokument skal lagres på minimum to forskjellige steder. Det holder ikke at det bare er lagret på dropbox. Dette er nok en regel som skal hindre at vi mister data.
- Den ansvarlige for hvert enkelt dokument er ansvarlig for at dokumentet til enhver tid er ajourført og at siste versjon ligger på dropbox.
- Den ansvarlige for hvert enkelt dokument, er ansvarlig for at frister ifm. innlevering i forkant av presentasjoner, evt. andre milepeler for prosjektet, overholdes.

### 7.3 Beskrivelse av hovedplanen

Vi har valgt å bruke Microsoft Project som hjelpemiddel ifm. hovedplanen. Hovedplanen vil bli svært viktig gjennom hele prosjektperioden. Planen som legges vil gi gruppa oversikt over hva som skal gjøres fra uke til uke. Det vil være svært viktig og registrere data for hva som foregår, for deretter å sammenligne opp med de planlagte data i hovedplanen.

Sannsynligheten for at det kommer til å bli avvik er stor, og hovedplanen vil da kunne brukes ifm. å utarbeide nødvendige tiltak.

### 7.3.1 *Kommentar til hver fase i hovedplanen*

- **Fase 1 System design**

Dette markerer starten for prosjektet. Grappa tenker her å gå inn i en 14 dagers periode med fokus på å innhente informasjon rundt mulige løsninger/teknologier. Kravspesifikasjonen vil legges til grunn når de forskjellige teknologier skal velges. Dette kan generere nye krav, så vi er veldig avhengige av god ”feedback” fra kunde i denne fasen av prosjektet.

Videre er det er satt av 1 uke til arbeid med resultatet av denne studien. Resultatet skal oppsummeres i et analyse/design dokument. Innholdet i dette dokumentet vil ta i bruk metoder som gruppe-medlemmer fra maskin/produktutvikling har lært å bruke i faget System Design.

Analyse/design dokumentet, som skal inneholde en konklusjon rundt valg av løsning/teknologi, skal godkjennes av kunde før vi kan avslutte fase 1 i prosjektet. Dette er en kritisk aktivitet.

Siden grappa har relativt begrenset erfaring med prosjektplanlegging, er det naturlig å legge inn 1 uke ”slakk” mellom sluttdato for fase 1 i prosjektet og startdato for fase 2. Planlagt varighet for fase 1 i prosjektet vil da være 4 uker.

- **Fase 2 Konstruksjon**

I fase 2 skal konstruksjon av valgt løsning/teknologi utføres. Varighet for denne fasen av prosjektet er satt til 33 dager. Utviklingen av styresystemet skal foregå ved å gå igjennom 3 utviklingsrunder.

Etter at hver runde er ferdig, skal det holdes et oppfølgingsmøte der det skal skrives rapport over hva som fungerte, og minst like viktig, hva som ikke fungerte. Oppfølgingsmøtet er lagt til hver onsdag i denne fasen. Dette tror vi er lurt, siden vi også har veiledermøte denne dagen.

Etter 2 utviklingsrunder bør vi ha skaffet oss nok oversikt til å avgjøre om det er nødvendig med flere utviklingsrunder for å nå målet. Det er satt av 5 dager slakk i fase 2 som evt. kan brukes til en ekstra utviklingsrunde.

Utviklingen av chassis skal foregå parallelt med utviklingen av styresystemet. Det er satt av 13 dager til 3D tegning. Aktiviteten brytes så opp med et statusmøte, før det er satt av ytterligere 8 dager til videreutvikling av 3D tegning (6dager) og FEM analyse.

Presentasjon 2 vil også holdes i denne fasen av prosjektet. Forberedelse til denne, samt påskeferie og eksamen vil ha innvirkning på fremdriften av prosjektet. Vi har valgt å legge oppfølgingsmøte for styresystem og chassis til onsdag i påskeuka, for å kontrollere at fremdriften er i henhold til prosjektplanen.

Basert på erfaringer fra fase 1, har vi valgt å gå bort fra at kunde skal godkjenne arbeidet som er gjort i hver fase. Poenget med dette var å inkludere kunden gjennom hele utviklingsprosessen, men pga. manglende tilbakemelding så mener vi at hensikten faller bort.

- **Fase 3 Realisering og testing**

Det er satt av 25 dager til realisering og testing i prosjektet. Vi tok i bruk den nye prosjektmodellen i denne fasen av prosjektet, og dette medførte at vi planla 4 utviklingsrunder for chassis og styresystem. Det ble også satt opp 4 utviklingsrunder for simulering av styresystemet. Det er lagt opp til grundig dokumentasjon av hver utviklingsrunde, samt oppfølgingsmøter hver mandag og onsdag for kontroll av fremdrift.

Denne perioden inneholder også aktiviteter som vi har valgt å «samle» under økonomi. Det er satt av 15 dager der vi skal se nærmere på kapitalkostnad, effektivitet og lønnsomhet til produktet vi utvikler, før vi til slutt skal sette opp et budsjett for hele prosjektet.



- **Fase 4 Etteranalyse**

Fase 4 av prosjektet har en planlagt varighet på 15 dager. 7 dager til ajourføring av dokumenter, 6 dager til kvalitetssikring av sluttdokumentasjon før endelig innlevering av sluttdokumentasjon den 27.05.2013.

Det er også satt av 2 dager til å lage en plakat for prosjektet.

Fase 4 inneholder også tredje og siste presentasjon av hovedprosjektet. Vi har derfor satt av 7 dager til forberedelser til denne presentasjonen

- Grappa legger opp til å foreta mer detaljplanlegging i starten av hver fase, basert på de erfaringer som er gjort i foregående fase.

### 7.3.2 *Milepeler for prosjektet*

- Milepel 1: 11.01.2013 Presentasjon 1
- Milepel 2: 14.01.2013 Fase 1 System Design
- Milepel 3: 19.02.2013 Fase 2 Konstruksjonsfase
- Milepel 4: 22.03.2013 Presentasjon 2
- Milepel 5: 12.04.2013 Fase 3 Realisering og testing
- Milepel 6: 17.05.2013 Fase 4 Etteranalyse
- Milepel 7: 27.05.2013 Innlevering av sluttdokumentasjon
- Milepel 8: 31.05.2013 Innlevering plakat
- Milepel 9: 07.06.2013 Presentasjon 3

+ Avslutte forstudie	4 days	Tue 01.01.13	Fri 04.01.13
+ Forberede presentasjon 1	4 days?	Mon 07.01.13	Thu 10.01.13
<b>Fase 1</b>	0 days	Mon 14.01.13	Mon 14.01.13
- System Design	27 days?	Mon 14.01.13	Tue 19.02.13
Innhente informasjon	14 days	Mon 14.01.13	Thu 31.01.13
Analysere resultat	7 days	Fri 01.02.13	Mon 11.02.13
Innhente godkjenning fra kunde	1 day?	Fri 08.02.13	Fri 08.02.13
"Slakk"/ajourføre dokumenter	7 days	Mon 11.02.13	Tue 19.02.13
<b>Fase 2</b>	0 days	Tue 19.02.13	Tue 19.02.13
- Konstruksjon av løsning	33 days?	Wed 27.02.13	Fri 12.04.13
- Styresystem	28 days?	Wed 27.02.13	Fri 05.04.13
Bestille komponenter til styresystem	1 day	Wed 27.02.13	Wed 27.02.13
Utviklingsrunde 1	5 days	Wed 13.03.13	Tue 19.03.13
Oppfølgingsmøte styresystem	1 day?	Wed 20.03.13	Wed 20.03.13
Utviklingsrunde 2	5 days	Wed 20.03.13	Tue 26.03.13
Oppfølgingsmøte styresystem	1 day?	Wed 27.03.13	Wed 27.03.13
Utviklingsrunde 3	8 days	Wed 27.03.13	Fri 05.04.13
Oppfølgingsmøte styresystem	1 day?	Fri 05.04.13	Fri 05.04.13
- Chassis	21 days?	Fri 08.03.13	Fri 05.04.13
Tegne chassis i Solid Works	13 days	Fri 08.03.13	Tue 26.03.13
Statusmøte for 3D tegning	1 day?	Wed 27.03.13	Wed 27.03.13
Videreutvikle 3D tegning	6 days	Thu 28.03.13	Thu 04.04.13
FEM analyse av chassis	8 days	Wed 27.03.13	Fri 05.04.13
- Forberede presentasjon 2	12 days?	Wed 06.03.13	Fri 22.03.13
Booke rom til presentasjon 2	1 day?	Wed 06.03.13	Wed 06.03.13
Økonomi/budsjett for prosjektet	6 days	Wed 06.03.13	Wed 13.03.13
Lage en PPT-presentasjon	1 day?	Wed 13.03.13	Wed 13.03.13
Delta på andre gruppepresentasjoner	8 days	Mon 11.03.13	Wed 20.03.13
Ajourføre dokumenter	6 days	Wed 06.03.13	Wed 13.03.13
Innlevering dokumenter	1 day?	Tue 19.03.13	Tue 19.03.13
Øve til presentasjon 2	2 days	Wed 20.03.13	Thu 21.03.13
<b>Presentasjon 2</b>	0 days	Fri 22.03.13	Fri 22.03.13
<b>Påskeferie/forberedelse til eksamen/"Slakk"</b>	5 days	Mon 25.03.13	Fri 29.03.13
<b>Eksamensperiode</b>	5 days	Mon 01.04.13	Fri 05.04.13
<b>"Slakk"</b>	5 days	Mon 08.04.13	Fri 12.04.13

Figur 3. Hovedplan

Task Name	Duration	Start	Finish
<b>Fase 3</b>	0 days	Fri 12.04.13	Fri 12.04.13
<input type="checkbox"/> <b>Realisering og testing</b>	<b>25 days</b>	<b>Mon 15.04.13</b>	<b>Fri 17.05.13</b>
<input type="checkbox"/> <b>Utviklingsrunde 1 -Chassis</b>	<b>11 days</b>	<b>Mon 15.04.13</b>	<b>Mon 29.04.13</b>
1 utkast 3D-modell	11 days	Mon 15.04.13	Mon 29.04.13
FEM analyse	11 days	Mon 15.04.13	Mon 29.04.13
<input type="checkbox"/> <b>Utviklingsrunde 2 -Chassis</b>	<b>6 days</b>	<b>Mon 29.04.13</b>	<b>Mon 06.05.13</b>
Redesign/optimalisering (3D-modell)	6 days	Mon 29.04.13	Mon 06.05.13
FEM analyse	6 days	Mon 29.04.13	Mon 06.05.13
Manuelle beregninger	6 days	Mon 29.04.13	Mon 06.05.13
<input type="checkbox"/> <b>Utviklingsrunde 3 -Chassis</b>	<b>6 days</b>	<b>Mon 06.05.13</b>	<b>Mon 13.05.13</b>
Redesign/optimalisering (3D-modell)	6 days	Mon 06.05.13	Mon 13.05.13
FEM analyse	6 days	Mon 06.05.13	Mon 13.05.13
2D-tegning	6 days	Mon 06.05.13	Mon 13.05.13
<input type="checkbox"/> <b>Utviklingsrunde 4 -Chassis</b>	<b>5 days</b>	<b>Mon 13.05.13</b>	<b>Fri 17.05.13</b>
FEM/test-rapport	5 days	Mon 13.05.13	Fri 17.05.13
<input type="checkbox"/> <b>Utviklingsrunde 1 -Styresystem</b>	<b>11 days</b>	<b>Mon 15.04.13</b>	<b>Mon 29.04.13</b>
Programmering (A-Krav)	11 days	Mon 15.04.13	Mon 29.04.13
<input type="checkbox"/> <b>Utviklingsrunde 2 -Styresystem</b>	<b>6 days</b>	<b>Mon 29.04.13</b>	<b>Mon 06.05.13</b>
Programmering (A-Krav)	6 days	Mon 29.04.13	Mon 06.05.13
<input type="checkbox"/> <b>Utviklingsrunde 3 -Styresystem</b>	<b>6 days</b>	<b>Mon 06.05.13</b>	<b>Mon 13.05.13</b>
Programmering(A-Krav)	6 days	Mon 06.05.13	Mon 13.05.13
<input type="checkbox"/> <b>Utviklingsrunde 4 -Styresystem</b>	<b>5 days</b>	<b>Mon 13.05.13</b>	<b>Fri 17.05.13</b>
Programmering (B og C krav)	5 days	Mon 13.05.13	Fri 17.05.13
<input type="checkbox"/> <b>Utviklingsrunde 1 -Simulering</b>	<b>11 days</b>	<b>Mon 15.04.13</b>	<b>Mon 29.04.13</b>
Testing av Kp	11 days	Mon 15.04.13	Mon 29.04.13
Dokumentasjon/Rapport	11 days	Mon 15.04.13	Mon 29.04.13
<input type="checkbox"/> <b>Utviklingsrunde 2 -Simulering</b>	<b>6 days</b>	<b>Mon 29.04.13</b>	<b>Mon 06.05.13</b>
Simulink av BLDC-motor	6 days	Mon 29.04.13	Mon 06.05.13
Dokumentasjon/Rapport	6 days	Mon 29.04.13	Mon 06.05.13
<input type="checkbox"/> <b>Utviklingsrunde 3 -Simulering</b>	<b>6 days</b>	<b>Mon 06.05.13</b>	<b>Mon 13.05.13</b>
Simulink av BLDC-Motor	6 days	Mon 06.05.13	Mon 13.05.13
<input type="checkbox"/> <b>Utviklingsrunde 4 -Simulering</b>	<b>5 days</b>	<b>Mon 13.05.13</b>	<b>Fri 17.05.13</b>
Testing	5 days	Mon 13.05.13	Fri 17.05.13
Dokumentasjon/Rapport	5 days	Mon 13.05.13	Fri 17.05.13

Figur 4. Hovedplan



<input type="checkbox"/> <b>Økonomi</b>	<b>15 days</b>	<b>Mon 29.04.13</b>	<b>Fri 17.05.13</b>
Kapitalkostnad	6 days	Mon 29.04.13	Mon 06.05.13
Effektivitet/lønnsomhet	6 days	Mon 29.04.13	Mon 06.05.13
Budsjett	10 days	Mon 06.05.13	Fri 17.05.13
<b>Fase 4</b>	0 days	Fri 17.05.13	Fri 17.05.13
<input type="checkbox"/> <b>Etteranalyse</b>	<b>15 days?</b>	<b>Fri 17.05.13</b>	<b>Fri 07.06.13</b>
Ajourføre dokumenter	7 days	Fri 17.05.13	Mon 27.05.13
Kvalitetssikring av sluttokumentasjon	6 days	Fri 17.05.13	Fri 24.05.13
Innlevering av sluttokumentasjon	0 days	Mon 27.05.13	Mon 27.05.13
Lage en korridormodell/film	1 day?	Tue 28.05.13	Tue 28.05.13
Lage en plakat	2 days	Tue 28.05.13	Wed 29.05.13
Frist for innlevering av fysisk plakat	0 days	Fri 31.05.13	Fri 31.05.13
<input type="checkbox"/> <b>Forberede presentasjon 3</b>	<b>8 days</b>	<b>Tue 28.05.13</b>	<b>Fri 07.06.13</b>
Lage en PPT-presentasjon	3 days	Tue 28.05.13	Thu 30.05.13
Øve til presentasjon 3	4 days	Fri 31.05.13	Wed 05.06.13
<b>Presentasjon 3</b>	0 days	Fri 07.06.13	Fri 07.06.13

Figur 5. Hovedplan

## 8. Kilder

[1] Torbjørn Støm & Olaf Hallan Graven, 2010, *Prosjekthåndbok*, HiBu- Avdeling for teknologi.

# Risikoanalyse

---

V 1.0



# SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*

## Innholdsfortegnelse

V 1.0.....	2
Risikoanalyse.....	4
Prosjektmål.....	4
Menneskelig svikt.....	4
Gruppemedlemmer.....	4
Oppdragsgiver.....	5
Komponenter.....	5
Maskin svikt.....	5

## Risikoanalyse

Risiko sier noe om faren for problemer og hindringer som kan i verste fall føre til at prosjektet må abrytes. I et slikt teknisk prosjekt er det alltid risiko med i bildet som potensielt kan føre til alvorlige konsekvenser med tanke på å nå målet med prosjektet. Hensikten med risikoanalysen er å identifisere risiko knyttet til prosjektet.

## Prosjekt mål

Vårt mål med dette prosjektet er å utvikle et styresystem for en robotisert støvsuger som kan testes med en prototype av støvsugerens understell. Prototypen skal også utvikles av gruppa.

Det største hindret for dette prosjektet er at vi ikke klarer å utvikle et slik system og prototypen. Spesielt programmeringsbiten kan bli en reell utfordring siden vi har ingen data studenter i gruppa. Skulle en slik scenario inntreffe, har vi ingenting å vise som resultat.

Risiko:	<b>Lav</b>	Middels	Høy
Konsekvens:	Lav	Middels	<b>Høy</b>
Tiltak:	Ingen.		

## Menneskelig svikt

Menneskelig svikt er en faktor som kan føre til konsekvenser for prosjektet. Det kan dreie seg om sykdommer, ulykker eller dødsfall.

Risiko:	<b>Lav</b>	Middels	Høy
Konsekvens:	Lav	<b>Middels</b>	Høy
Tiltak:	Ingen.		

## Gruppemedlemmer

Konflikter, sykdommer, en som ikke gjør jobben sin eller en som må hoppe ut av prosjektet kan stanse prosjektet.



<b>Risiko:</b>	<b>Lav</b>	<b>Middels</b>	<b>Høy</b>
<b>Konsekvens:</b>	Lav	Middels	Høy
<b>Tiltak:</b>	Sørge for kollektivt samarbeid innad gruppa og fordele arbeidsmengden rettferdig.		

### Oppdragsgiver

Det kan hende at oppdragsgiveren legger til krav eller endrer på krav som kan vanskeligjøre fullføring av prosjektet. Det kan medføre at arbeidsgiveren plutselig trekker seg fra samarbeidet med gruppa.

<b>Risiko:</b>	<b>Lav</b>	<b>Middels</b>	<b>Høy</b>
<b>Konsekvens:</b>	Lav	Middels	Høy
<b>Tiltak:</b>	Ha god forståelse og kommunikasjon mellom partene.		

### Komponenter

Elektriske komponenter kan meget fort ryke ved feil sammenkobling. I integrasjonsfasen kan et slikt scenario inntreffe som vil føre til konsekvenser. Dessuten kan bestilling av komponentene ta såpass lang tid slik at prosjektet ikke går etter planen.

<b>Risiko:</b>	<b>Lav</b>	<b>Middels</b>	<b>Høy</b>
<b>Konsekvens:</b>	Lav	Middels	Høy
<b>Tiltak:</b>	Forsiktighet er nøkkelen.		

### Maskin svikt

Tap av viktige dokumenter grunnet maskin svikt er typisk. Dette kan medføre til at viktige dokumenter blir slettet .

<b>Risiko:</b>	<b>Lav</b>	<b>Middels</b>	<b>Høy</b>
<b>Konsekvens:</b>	Lav	Middels	Høy
<b>Tiltak:</b>	Sørge for å ta sikkerhetskopi av alle filer.		

# Kravspesifikasjon

---

V 3.0



# SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*

## Innholdsfortegnelse

V 3.0.....	2
1. Dokument historie.....	4
2. Forkortelser .....	5
3. Innledning .....	6
4. Introduksjon til oppgaven .....	7
5. Forklaring på kravkoder.....	8
6. Krav for styringssystemet .....	9
6.1 Funksjonelle krav .....	9
6.2 Ikke-funksjonelle krav.....	11
7 Krav for Chassis.....	12
7.1 Funksjonelle krav .....	12
7.2 Ikke-funksjonelle krav.....	13
8. Kilder.....	15

## 1. Dokument historie

Version	Dato	Endringer	Utført av
1.0	07.01.2013	Opprettet dok.	Per
1.1	12.02.2013	Oppdatert dok.	Ali
1.2	19.02.2013	Lagt til nye krav fra TML, fjernet krav F7,C2,C3,C4.	Ali Jamshid Ibrahim
1.3	20.02.2013	Oppdatert	Ali
1.4	22.02.2013	Oppdatert	Ali
1.5	16.03.2013	Lagt til krav F16-F17	Per
2.0	18.03.2013	Frigjort for godkjenning	Ali
2.1	18.04.2013	Oppdatering: F6, F8, F9, F10, F12, C11, C22. Fjerne: F13, C10.	Ali Anders
2.2	21.05.2013	Fjernet F10,F13, C10, C25	Ali
2.3	22.05.2013	Endret: F6, F12, F15, F16, C6, C9, C18, C19 C20, C21, C22, C23 Fjernet : F18, F19,C16, C17, C24, C25, C26 Lagt til : C27	Ali Anders Jamshid
3.0	24.05.2013	Frigjort for godkjenning	Ali Anders

Tabell 1

## 2. Forkortelser

Dokumentet inneholder noen forkortelser, forklaring på disse følger under i tabell 2.

Forkortelser	Forklaring
SH	Sundvolden hotel
TML	Tord Moe Laeskogen
F	Funksjonelle krav
C	Ikke-funksjonelle krav
AS	Ali Sediqi
JN	Jamshid Nayab
IA	Ibrahim Arpaci
PHH	Per Harald Helgesen

*Tabell 2*

### 3. Innledning

Dette dokumentet er en kravspesifikasjon som er utarbeidet av gruppa i samarbeid med Tord Moe Laeskogen ved Sundvolden Hotel. Kravspesifikasjonen er en beskrivelse av hvilke krav produktet skal tilfredstille innenfor gitte rammer og betingelser.

I forbindelse med utvikling av nye produkt for næringlivet er det viktig at det er en felles forståelse av hvilke krav som stilles til produktet. Spesifikasjonene deles ofte opp i flere såkalte krav. Hver krav inneholder informasjon om hva produktet skal gjøre, tilfredstille, tåle av belastning, kapasitet, levetid osv. Kravene deles opp i to grupper, *funksjonelle og ikke-funksjonelle* krav

Kravspesifikasjonen er også viktig når produktet skal testes. Dokumentet ”testspesifikasjon” bygger på kravspesifikasjonen, der de ulike krav verifiseres slik at det kan gjøres en konklusjon om hvorvidt produktet tilfredstiller de gitte krav.

## 4. Introduksjon til oppgaven

Denne oppgaven er gitt av Sundvolden hotel. Sundvolden hotell er et tradisjonsrikt hotell med 257 rom. Det er et moderne hotel som er i kontinuerlig utvikling for å ivareta behovene til dagens gjester.

Sundvolden Hotel ønsker å se på muligheten for effektivisere renholdet ved hotellet. Renhold i hotell er svært komplekst, men enkelte av arbeidsoppgavene er svært tidkrevende og relativt standard oppgaver. Ett eksempel på dette er støvsuging av hotellkorridorer. Hotellet har mange hundre meter hotelkorridor som må støvsuges hver dag, og spørsmålet er om det kan gjøres maskinelt.

Økonomi vil hele tiden ligge til grunn for de ulike avgjørelsene da en stor del av hotelletsutgifter går til personallønninger. En effektivisering og omdirigering arbeidskraft vil ikke bare kunne føre til høyere inntekt for hotellet men også større trivselfaktor for gjestene da den menneskelige arbeidskraften kan brukes der den trengs.

En viktig faktor er derfor kostnadseffektive løsninger uten for stor kompleksitet.

Gruppens oppgave blir å se på muligheten for å utvikle et styresystem og chassis for en robotstøvsuger som kan frigjøre arbeidskraft til andre oppgaver. Da gruppa har begrenset med tid og ressurser kommer vi kun til konsetrere oss om robotens styresystem og chassis.

## 5. Forklaring på kravkoder

Vi satt kravene i ulike kategorier med forskjellige prioritet, ved inndeling i tre klasser som er forklart i tabell 3.

Kategori	Prioritet	Beskrivelse
A	Høy	Krav direkte fra SH sin prosjekt beskrivelse, dvs. primærkrav.
B	Middels	Krav fra SH som vi har valgt til å spesifisere mer nøyaktig, dvs. sekundærkrav.
C	Lav	Vi vil forsøke å innføre den type krav om vi har tid til det.

Tabell 3



## 6. Krav for styringssystemet

### 6.1 Funksjonelle krav

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	F1	05.11.2012	TML	Roboten skal kunne jobbe seg gjennom en korridor systematisk

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	F2	06.01.2013	PHH	Roboten skal fortsette i samme retning selv om korridoren har flere tilstøtende korridorer

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	F3	05.11.2012	TML	Roboten skal kunne unngå gjenstander i omgivelsene

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	F4	02.11.2012	TML	Roboten skal fortsette i samme retning etter gjenstanden er passert

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
C	F5	03.01.2013	PHH	Roboten skal passere gjenstanden på høyre eller venstre side etter hva som er mest hensiktsmessig

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
C	F6	08.02.2013	PHH	Roboten skal starte unvikelsesmanøveren når avstanden er maksimalt 5 cm fra hindringen.

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	F8	13.02.2013	TML	Roboten skal stoppe ved trapp *

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	F9	13.02.2013	TML	Roboten skal runde hjørner** uten at noe utelates

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
B	F11	01.02.2013	PHH	Overlapping skal maks være 10 cm.

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
B	F12	08.02.2013	AS	Roboten skal holde en avstand på 5 cm fra veggen ved første runde.

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
B	F14	07.02.2013	PHH	Roboten skal kunne dreie rundt sin egen midtakse

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
B	F15	08.02.2013	PHH/AS	Roboten skal begynne å svinge når den er 10 cm fra enden av korridoren

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
B	F16	11.03.2013	PHH	Maksimalt avvik for sensorenes avstandsmåling skal være maksimum 3cm

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
B	F17	16.03.2013	PHH	Robotens sensor skal kunne detektere gjenstander uanvendig av hva dem er lagd av

## 6.2 Ikke-funksjonelle krav

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	C1	02.11.2012	JN	Energikilden for å drive roboten skal være elektrisk

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	C5	08.02.2013	IA	Roboten skal ha nødstop-knapp

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	C6	13.02.2013	TML	Roboten skal ha fart på 0.29 m/s

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
C	C7	08.02.2013	AS	Roboten skal ha varsellyd

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
C	C8	08.02.2013	AS	Roboten skal ha varsellys

## 7 Krav for Chassis

### 7.1 Funksjonelle krav

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	F20	03.02.2013	AL/JN	Chassis skal kunne rotere 360 grader

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	F21	03.02.2013	AL/JN	Chassis skal bygges/utformes slik at moduler(Tank, støvsugersystem osv.) lett kan ettermonteres

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	F22	03.02.2013	AL/JN	Chassis skal kunne bevege seg over dørstokker/lister

## 7.2 Ikke-funksjonelle krav

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	C9	13.02.2013	TML	Chassis skal ha runde kanter, for å unngå skade på vegg/dør

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	C11	13.02.2013	TML	Bredden på aggregatet skal være like bred som chassis

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	C12	13.02.2013	TML	Materialet som blir brukt for å lage chassis skal være korrosjonsbestandig

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	C13	13.02.2013	TML	Chassis skal være lukket for å hindre at støv slipper inn

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	C14	03.02.2013	AL/JN	Chassis skal utformes slik at det oppfyller de krav til presisjon som styringssystemet krever

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	C15	03.02.2013	AL/JN	Chassis skal bygges i materiale(r) som oppfyller krav fremsatt til styrke og utmatting/levetid

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
B	C18	03.02.2013	AL/JN	Chassis skal maks være <b>60 cm</b> i bredde

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
B	C19	03.02.2013	AL/JN	Chassis skal utformes/designes slik at det overføres minimalt med vibrasjoner i hele systemet(Forhindre resonans)

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
B	C20	03.02.2013	AL/JN	Bevegelige deler skal beskyttes/kapsles inn

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
B	C21	19.02.2013	JN/AL	Chassis skal maks være 70 cm i lengde

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
B	C22	19.02.2013	JN/AL	Chassis klaring fra gulv skal maks være 5 cm i høyde

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
B	C23	03.02.2013	AL	Chassis skal benytte seg av tannhjuldrift for rett utveksling fra motor

Kravtype	Kravkode	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A	C27	22.03.2013	TML	Støvsuger aggregatet skal være frontmontert

\*Roboten skal stoppe og endre kurs, for å unngå at den faller ned trapper på Sundvolden hotell.

\*\*To typer hjørner( innadvendte hjørner, uttadvendte hjørner)

## 8. Kilder

[1] Torbjørn Støm & Olav Hallan Graven, 2010, *Prosjekthåndbok*, HIBU, Avdeling for teknologi.

# Testspesifikasjon

---

V 3.0



# SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*



## Innholdsfortegnelse

V 3.0.....	2
Dokumenthistorie .....	4
Forkortelser .....	5
1 Innledning.....	6
3 Testing.....	7
3.1 Hensikten med testing.....	7
3.2 Oppbygging av spesifikasjonen .....	7
4 Test for styringssystemet.....	8
4.1 Test for funksjonelle krav .....	8
4.2 Test for ikke-funksjonelle krav .....	10
5 Test for chassis .....	11
5.1 Test for funksjonelle krav .....	11
5.2 Test for ikke-funksjonelle krav .....	12
6 Teststrategier .....	14
6.1 Test av delsystemer.....	15
6.2 Integrasjonstest .....	15
6.3 Systemtest .....	15
7 Testplan .....	16
8. Resultat.....	17
9 Kilder.....	19

## Dokumenthistorie

Versjon	Dato	Endringer	Utført av
0.1	01.11.2012	Opprettet dokument	Per
0.2	02.01.2013	Lagt til tekst	Ibrahim
1.0	08.01.2013	Frigjort for godkjenning	Per
1.1	05.02.2013	Opprettet dokument	Ibrahim
1.2	12.02.2013	Fjernet test beskrivelse for krav F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, C2	Ibrahim
1.3	20.02.2013	Lagt til nye test beskrivelser	Ibrahim
1.4	27.02.2013	Lagt til nye tekst	Jamshid
1.5	16.03.2013	Lagt til test beskrivelser for F16 og F17 og redigert hele dokumentet	Ibrahim
2.0	18.03.2013	Frigjort for godkjenning	Ibrahim
2.1	24.05.2013	Fjernet: TF10, TF13, TF18, TF19, TC10, TC16, TC17, TC24, TC25, TC26  Endret: TF6, TF9, TF11, TF12, TF14, TF15, TF16, TF17, TC1, TC5, TC6, TC7, TC8, TC15, TC19 TF20, TF22  Lagt til: TC27, Resultater	Ali
3.0	26.05.2013	Frigjort for godkjenning	Ali

Tabell 1

## Forkortelser

Dokumentet inneholder noen forkortelser, forklaring på disse følger under i tabell 2.

Forkortelser	Forklaring
TF	Funksjonell
TC	Ikke-Funksjonell
HIBU	Høgskolen I Buskerud
ATEK	Avdeling for teknologi
SW	Solid Works
PHH	Per Harald Helgesen
IA	Ibrahim Arpaci
JN	Jamshid Nayab
AS	Ali Sediqi

*Tabell 2*

## 1 Innledning

I testspesifikasjonen beskrives testmetodene for å teste kravene i kravspesifikasjonen. Hensikten med testspesifikasjonen er å verifisere krav og at kravene blir oppfylt. Det skal utføres forskjellige tester som er samsvar med de forskjellige kravene. Vi skal teste deler av systemet og til slutt skal systemet i sin helhet bli testet.

Testdokumentet inneholder både testspesifikasjon, testplan og en rekke teststrategier.

## 3 Testing

### *3.1 Hensikten med testing*

Hensikten med testing er å sørge for at kravene som er presentert i kravspesifikasjonen blir oppfylt, og at eventuelle feil i systemet avdekkes på en tidlig fase. Selv testprosessen er lang og komplisert, derfor er det viktig å beskrive detaljerte testmetoder for hvert enkelt krav som er i kravspesifikasjonen. For at kunden skal bli fornøyd med sluttresultatet i prosjektet, blir testingen meget viktig.

### *3.2 Oppbygging av spesifikasjonen*

Testspesifikasjonen skal være avhengig av kravspesifikasjonen, og revideres i takt med denne. I tillegg skal det presentere metoder for å verifisere de kravene som skal oppfylles.

Etter hvert som det kommer nye krav på plass, vil det også lages test planer for disse. Slik at de nye kravene kan gjennomføres i testprosessen.

Vi har valgt å bruke samme nummer på test og krav for lettest mulig sammenkoble test og krav. Eneste forskjellen er at vi legger til en «T» for Test.

Testspesifikasjonen inneholder også en overordnet beskrivelse av hvilke typer tester som vi har planlagt å gjennomføre. Vi har et eget avsnitt om hvilke typer teststrategier som skal brukes.

## 4 Test for styringssystemet

### 4.1 Test for funksjonelle krav

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TF1	A	Roboten kjøres fra et punkt til et annet, forventning kontrolleres opp mot rute	

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TF2	A	Roboten kjøres fra et punkt til et annet, hvor det er tilstøtende korridorer, for å se om roboten fortsetter i samme retning	

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TF3	A	En gjenstand plasseres i robotens planlagte rute, for å se om roboten unnviker gjenstanden	

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TF4	A	En gjenstand plasseres mellom roboten og ønsket destinasjonspunkt, og ser om roboten svinger tilbake på samme spor etter å ha passert gjenstanden	

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TF5	C	Se at roboten passerer gjenstanden på høyre eller venstre side, etter hva som er mest hensiktsmessig	

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TF6	C	Testes visuelt	

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TF8	A	Se om roboten stopper før trappovergangen	

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TF9	A	Testes visuelt	

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TF11	<b>B</b>	Testes visuelt	

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TF12	<b>B</b>	Testes visuelt	

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TF14	<b>B</b>	Testes visuelt	

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TF15	<b>B</b>	Testes visuelt	

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TF16	<b>B</b>	Testes ved hjelp av dataprogram	

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TF17	<b>B</b>	Testes ved å plassere forskjellige gjenstander foran sensorene	

#### 4.2 Test for ikke-funksjonelle krav

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TC1	A	Testes visuelt	

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TC5	A	Testes visuelt	

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TC6	A	Hastigheten beregnes, justeres ved hjelp av dataprogram	

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TC7	C	Testes visuelt	

Test id	Prioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TC8	C	Testes visuelt	



## 5 Test for chassis

### 5.1 Test for funksjonelle krav

Test id	Perioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TF20	A	Testes visuelt	

Test id	Perioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TF21	A	Testes i solidworks, visuelt	

Test id	Perioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TF22	A	Testet visuelt ved å kjøre over dørstokk	

## 5.2 Test for ikke-funksjonelle krav

Test id	Perioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TC9	A	Testes visuelt	

Test id	Perioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TC11	A	Testes ved hjelp av måleutstyr i SW, og visuelt	

Test id	Perioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TC12	A	Forhøre oss med faglige personer som kan gi oss råd til valg av riktige materialer	

Test id	Perioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TC13	A	Testes visuelt	

Test id	Perioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TC14	A	Testes visuelt	

Test id	Perioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TC15	A	Testes med FEM analyse i SW	

Test id	Perioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TC18	B	Testes ved hjelp av måleutstyr i Solidworks	

Test id	Perioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TC19	B	Testes visuelt	

Test id	Perioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TC20	B	Testes visuelt.	

Test id	Perioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TC21	B	Testes ved hjelp av måleutstyr i SW	

Test id	Perioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TC22	<b>B</b>	Testes ved hjelp av måleutstyr i SW	

Test id	Perioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TC23	<b>B</b>	Testes visuelt	

Test id	Perioritet	Utførelse/beskrivelse	Status
TC27	<b>A</b>	Testes visuelt	

## 6 Teststrategier

Selve testingen kommer til å forgå ved at vi bygger en nedskalert modell av robot og en hotellkorridor med tilstøtende korridorer. Robotmodellen kommer kun til å bestå av understell, motorer, motor shield, mikrokontroll, sensorer. Kravene blir testet for å se om de består godkjenningkriteriumet. Det vil ikke bli gjort noe forsøk på å lage et støvsugersystem da dette allerede finnes på markedet og våres oppgave først og fremst omhandler styringssystemet.

Når det gjelder chassis testing utføres i Solidworks. Der kan man teste forskjellige deler av chassis mot utmatting, statisk, og termisk.

Teststrategien er en generell metode for å gjennomføre testingen, det vi si de delene av teststrategien som velges med hensyn til det som passer oppgaven. Testingen utføres i test prosedyren. Vi kan gruppere de mest aktuelle teststrategiene:

- Top-down testing – Dette er en teststrategi der vi starter med å teste den mest abstrakte modellen for systemet og deretter bryter den mere og mere ned i sine enkeltdeler.
- Bottom-up testing – I denne strategien starter vi med de minste deler av et system er bygget opp og slår sammen disse for å få større og større biter, for til slutt å ende opp med et helt system.
- Inkrementell testing – en modifisert utgave av Bottom-up eller en kombinasjon av Bottom-up og Top-down.
- Stresstesting – Denne strategien baserer seg på at vi kjører systemet hardere enn det er bygget for (i praksis gir det for mye å gjøre eller for stor belastning) og observere hvordan systemet håndterer denne belastningen.
- Back-to-back testing – Denne metoden kan benyttes der vi har flere like deler av et system eller systemer. Vi kan da gi alle systemene samme input og sammenligne output.

Store systemer testes vanligvis med en kombinasjon av disse strategiene. Man kan bruke forskjellige strategier på ulike deler av systemet. Generelt sett lønner det seg i all testing å teste små deler av systemet for å legge på litt og litt. På denne måten kan testingen bli vellykket.

På grunn av den modellen som vi har valgt, hvor vi utvikler systemet litt av gangen, velger vi den inkrementelle teststrategien. På bakgrunn av dette kan vi begynne å teste hvert enkelt system, når de er ferdig utviklet. Så kan vi teste om den fungerer i samspill med resten av systemet, som er ferdig utviklet. Dermed kan vi oppdage en feil på et tidlig stadium, slike tiltak kan spare både tid og penger.

For å sjekke at alle testene blir utført, skal det signeres på hver enkelt test i et kontrollskjema. I kontrollskjemaet inneholder det, hvem som har utført testen, og om den ble godkjent.

Den teststrategien som vi har valgt inneholder disse testene:

- Test av delsystemer
- Integrasjonstest
- Systemtest

### *6.1 Test av delsystemer*

Alle deler av systemet som blir utviklet skal testes om de oppfyller ønsket funksjonalitet.

### *6.2 Integrasjonstest*

Denne testen utføres for å sikre seg at hver enkelt deler av systemet spiller sammen med de andre deler i systemet, og utføres ved at systemet bygges opp med en del av gangen.

### *6.3 Systemtest*

Test av hele systemet. Verifisering og validering av at hele systemet oppfyller de krav som er stilt. Dette gjøres for å verifisere at vi utvikler systemet riktig, og for å validere at vi bygger riktig system. Dette er den siste og endelige testen.

## 7 Testplan

Testplanen inneholder alle tester som er grunnlagt fra kravspesifikasjon. Testplanen presenterer hvordan testene gjennomføres med en viss rekkefølge. Hvis man finner en feil i systemet, må denne feilen lokaliseres og rettes opp i testplanen. Deretter må systemet testes på nytt. Det første grepet vi skal ta er å påvise feilen ved utføre tester, mens den neste fasen hvor vi lokaliserer feilene, og deretter retter dem opp. Vi satte et mål i dette dokumentet, for å påvise eventuelle feil, før vi retter de opp.

På bakgrunn av dette, hvis vi finner en feil, skal vi lage en feilrapport. Denne feilrapporten skal inneholde hva er feilen, hvordan den oppsto og hvem oppdaget denne feilen. Når vi er ferdige med testfasen, kan vi da se på alle disse feilrapportene, og gå gjennom alle sammen igjen for så å teste systemet på nytt.

## 8. Resultat

Test id	Prioritet	Dato	Status	Signatur
TF1	A	21.04.13	Godkjent	AS/PHH
TF2	A	02.05.13	Godkjent	AS/PHH
TF3	A	14.05.13	Godkjent	AS/PHH
TF4	A	15.05.13	Godkjent	AS/PHH
TF5	C	20.05.13	Godkjent	AS/PHH

Test id	Prioritet	Dato	Status	Signatur
TF6	C	20.05.13	Godkjent	AS/PHH
TF8	A	23.04.13	Godkjent	AS/PHH
TF9	A	16.05.13	Godkjent	AS/PHH
TF11	B	20.05.13	Godkjent	AS/PHH
TF12	B	20.05.13	Godkjent	AS/PHH

Test id	Prioritet	Dato	Status	Signatur
TF14	B	20.05.13	Godkjent	AS/PHH
TF15	B	20.05.13	Godkjent	AS/PHH
TF16	B	20.05.13	Godkjent	AS/PHH
TF17	B	20.05.13	Godkjent	AS/PHH

Test id	Prioritet	Dato	Status	Signatur
TC1	A	20.05.13	Godkjent	AS/PHH
TC5	A	20.05.13	Godkjent	AS/PHH
TC6	A	20.05.13	Godkjent	AS/PHH
TC7	C	20.05.13	Godkjent	AS/PHH
TC8	C	20.05.13	Godkjent	AS/PHH

Test id	Prioritet	Dato	Status	Signatur
TF20	A	13.05.13	Godkjent	JN/AL
TF21	A	20.05.13	Godkjent	JN/AL
TF22	A	-----	Ikke-testbart	JN/AL

Test id	Prioritet	Dato	Status	Signatur
TC9	A	08.05.13	Godkjent	JN/AL
TC11	A	15.05.13	Godkjent	JN/AL
TC12	A	13.04.13	Godkjent	JN/AL
TC13	A	-----	Ikke-testbart	JN/AL
TC14	A	16.05.13	Godkjent	JN/AL

Test id	Prioritet	Dato	Status	Signatur
TC15	A	22.05.13	Godkjent	JN/AL
TC18	B	20.04.13	Godkjent	JN/AL
TC19	B	-----	Ikke testbart	JN/AL
TC20	B	19.05.13	Godkjent	JN/AL
TC21	B	20.04.13	Godkjent	JN/AL

Test id	Prioritet	Dato	Status	Signatur
TC22	B	15.05.13	Godkjent	AL
TC23	B	12.05.13	Godkjent	JN
TC27	A	10.05.13	Godkjent	AL



## 9 Kilder

[1] Kravspesifikasjon

[2] Visjonsdokument

[3] Prosjektplan

[4] Torbjørn Strøm & Olav Hallan Graven, 2010, *Prosjekthåndbok*, HIBU, ATEK.

# Teknologidokument

---

V 2.0



# SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*

## Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse .....	3
Dokument historie .....	5
Forkortelser .....	6
1 Introduksjon .....	7
1.1 Hensikten med dokumentet .....	7
2 Bakgrunn.....	8
2.1 Prosjektoppgave.....	8
3 Ideer, første utkast/konsepter .....	9
3.1 Styresystemet.....	9
3.2 Sensorer .....	11
3.2.1 Ultralyd-sensor.....	11
3.2.2 Infrarød-sensor .....	11
3.3 Implementering.....	12
3.4 Mikrokontroller .....	13
3.4.1 Viktig når en mikrokontroller skal velges .....	14
3.4.2 Arduino MEGA .....	15
3.4.3 PICAXE 28 .....	16
3.4.4 MPLAB Starter Kit for PIC18F MCUs .....	17
3.4.5 Atmel STK600 .....	18
4 Motor driver .....	19
4.1 DFRobot Arduino Compatible Motor Shield .....	19
4.2 Arduino Dual Motor Shield Kit.....	21
4.3 Arduino Compatible Mega Motor Shield .....	22
5 Elektrisk motor .....	23
6 Enkodere.....	24
7 Chassis.....	26
7.1 Utvikling av Robot-Chassis modell.....	26
7.2 Valg av Modell .....	26
7.3 Materialvalg.....	27
7.4 Design.....	27
Figur 11. Konsept-skisse.....	28

7.5	Vektfordeling.....	29
7.6	Fremkommelighet.....	29
8	Konklusjon .....	30
8.1	Sensor .....	30
8.2	Mikrokontroller.....	30
8.3	Motorshield.....	30
8.4	Motor .....	30
8.5	Chassis.....	31
9	Referanser.....	32

## Dokument historie

Version	Dato	Endringer	Utført av
0.1	13.02.2013	Opprettet dokument	AL
0.2	01.03.2013	Lagt til tekst	PHH
0.3	14.03.2013	Lagt til tekst	PHH
0.4	21.02.2013	Lagt til tekst	AL
0.5	17.03.2013	Oppdatert	PHH
0.6	18.03.2013	Lagt til tekst	IA
0.7	18.03.2013	Oppdatert	PHH
0.8	19.03.2013	Lagt til tekst	AS
0.9	19.03.2013	Lagt til tekst	JN
1.0	19.03.2013	Frigjort for godkjenning	AS
1.1	25.05.2013	Lagt til diagram	AS
1.2	26.05.2013	Lagt til tekst	JN/AL
2.0	26.05.2013	Frigjort for godkjenning	AS

Tabell 1

## Forkortelser

Dokumentet inneholder noen forkortelser, forklaring på disse følger under i tabell 2.

Forkortelser	Forklaring
AL	Anders Lindheim
PHH	Per Harald Helgesen
IA	Ibrahim Arpacı
AS	Ali Sediqi
LED	Light Emitting Diode
TOF	Time Of Flight
IR	Infrared
CPU	Central Processing Unit
RAM	Random Access Memory
ROM	Read Only Memory
SRAM	Static- Random Access Memory
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
PWM	Pulse Width Modulation
PCB	Printed Circuit Board

Tabell 2

# 1 Introduksjon

## 1.1 Hensikten med dokumentet

Hensikten med dette dokumentet er å presentere en oversikt over hva prosjektgruppa har jobbet med og tilegnet seg av kunnskap/erfaring i de forskjellige fasene av hovedprosjektet.

Skolens krav til dokumentasjon overgår i mange tilfeller det de fleste oppdragsgivere orker å sette seg inn i. Derfor er det også hensiktsmessig at dette dokumentet har en slik form at det gir leseren en god introduksjon av problemstilling, presenterer mulige løsninger, gir en konklusjon for så å henviser til underliggende dokumentasjon som konklusjon og avgjørelser baseres på.

På denne måten vil dokumentet bli forholdsvis kort og lettlest, og den underliggende dokumentasjonen som det henvises til, vil fungere på en slik måte at leseren selv bestemmer om han har tid/lyst til å sette seg inn i dette.

Dokumentet har også til hensikt å oppsummere hva prosjektgruppa har gjort i de forskjellige fasene av prosjektet. I prosjektplanen er det lagt opp til at dette dokumentet sendes til kunde for gjennomgang og godkjenning, ved avslutning av hver fase i prosjektet. På denne måten vil prosjektgruppa ivareta kundens stemme gjennom hele prosjektet, slik at vi ender opp med et resultat som oppfyller kundens krav og forventning.

## 2 Bakgrunn

### 2.1 Prosjektoppgave

I etterkant av presentasjon 1, fikk prosjektgruppa tilbakemelding på at styresystem delen av prosjektoppgaven ikke ga nok utfordringer for de to maskin ingeniør studentene.

Etter dialog med intern veileder og kunde, bestemte gruppa seg for at gruppemedlemmer med elektro- bakgrunn tar for seg oppgaven med å utvikle et styresystem for roboten.

Gruppemedlemmer med maskin bakgrunn skal utvikle et chassis for roboten.

Hele systemet som utgjør en robotstøvsuger er illustrert i figuren under. De to pilene indikerer hva prosjektgruppa har valgt å konsentrere seg om i hovedprosjektet.

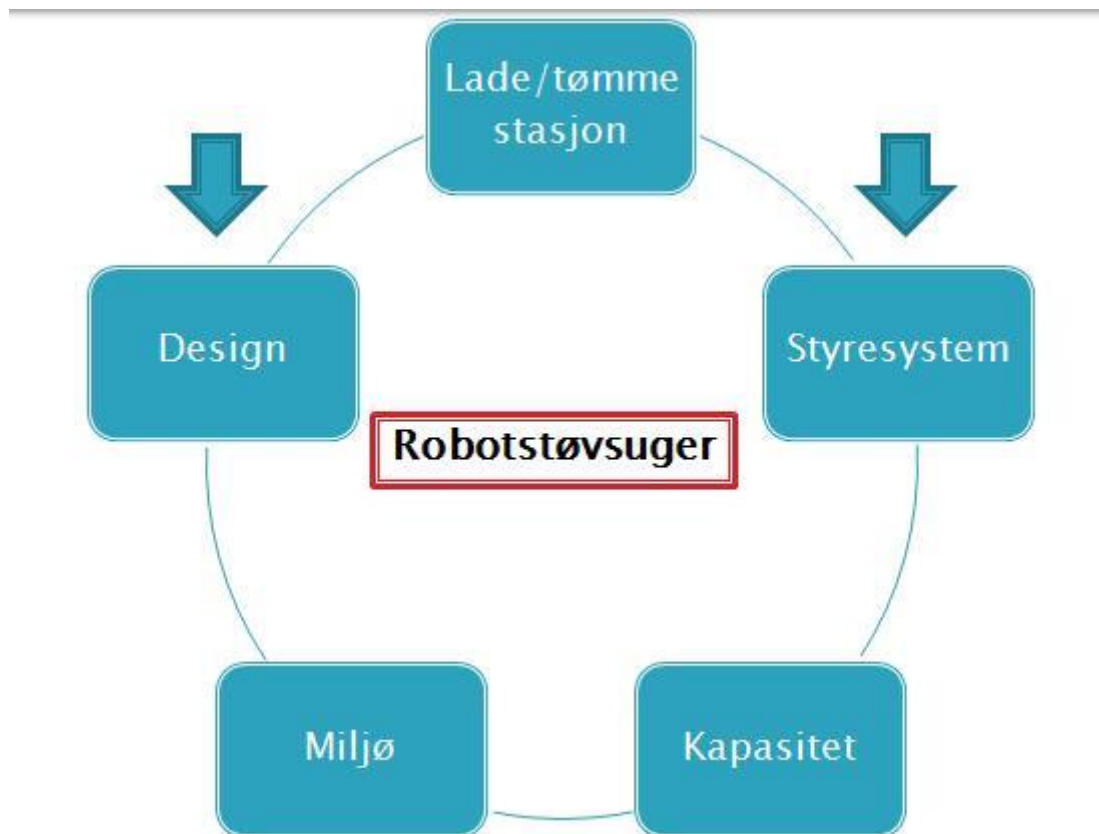


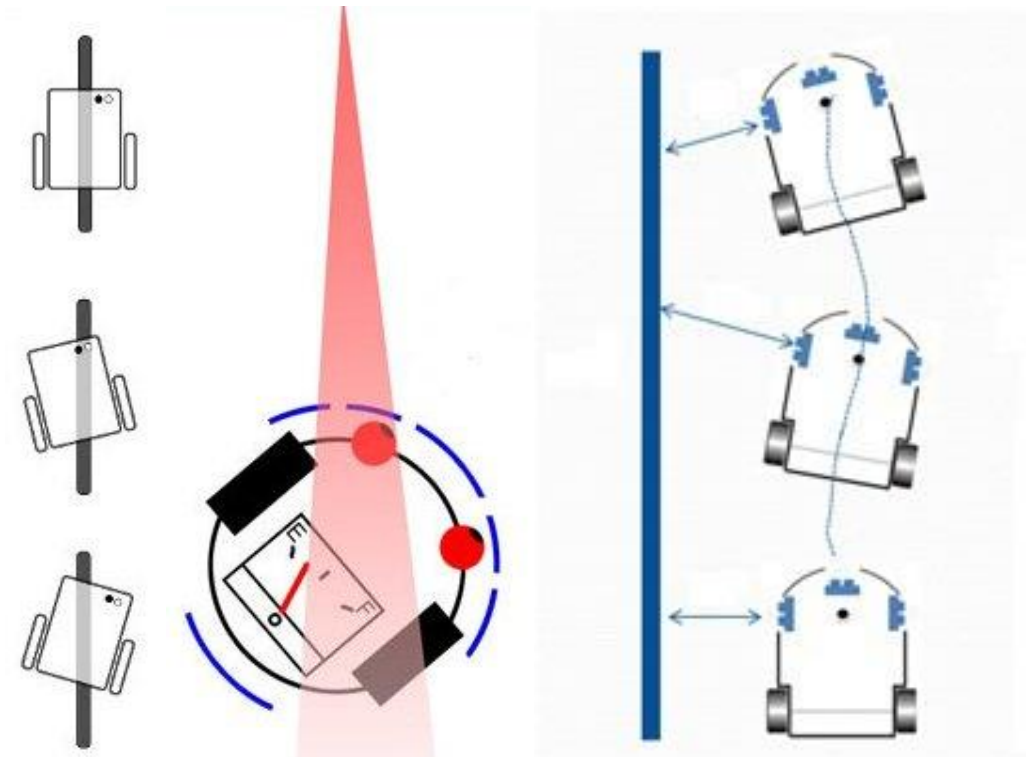
Fig.1



### 3 Ideer, første utkast/konsepter

#### 3.1 Styresystemet

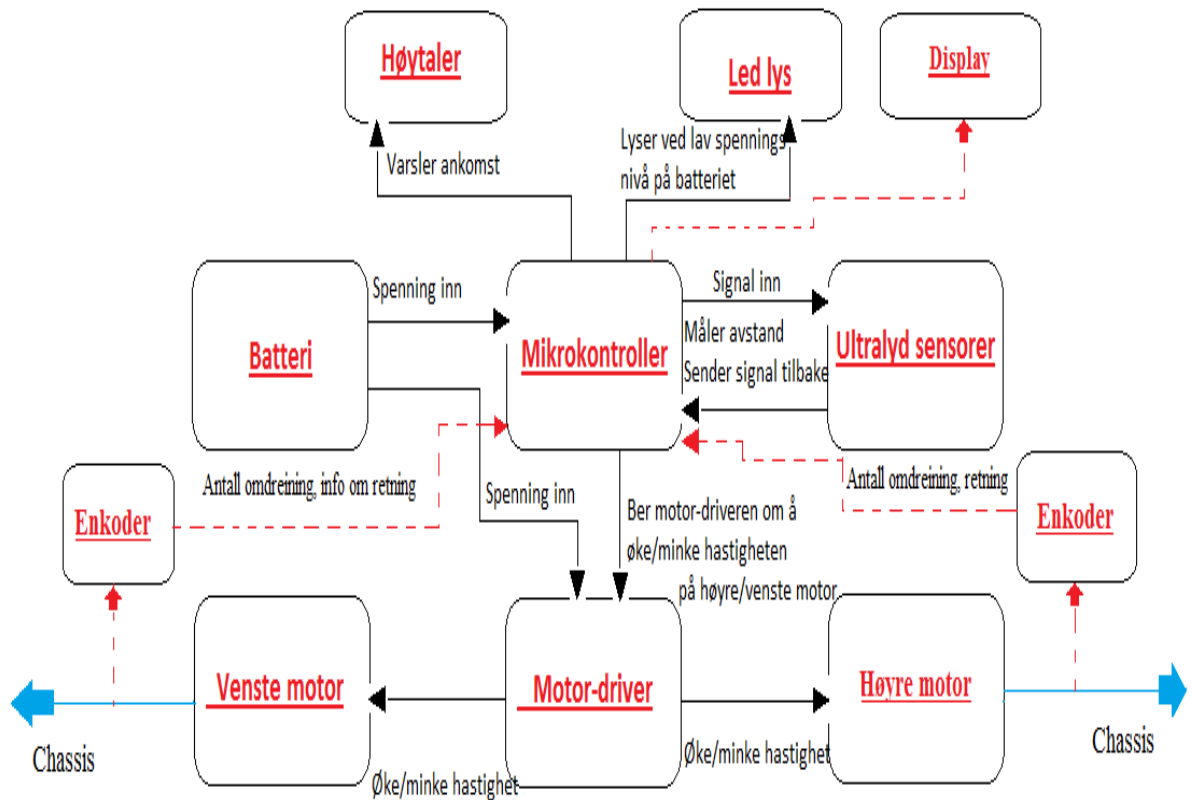
Et styresystem for en robotstøvsuger er avhengig av sensorer for kunne bevege seg på egen hånd i et ukjent miljø. Det finnes flere muligheter for å få en robot til å bevege seg i et spesielt mønster. En type kalles "line-follower" og baserer seg på å følge en merket linje på gulvet. LED-sensorer brukes her til å sjekke at roboten følger linjen. En annen metode er å følge et lyssignal som befinner seg i punktet roboten skal til. Roboten styrer altså etter et lyssignal på samme måte som en båt følger et fyrårn. En tredje metode er å følge nærmeste vegg. Sensorene brukes da til å kontinuerlig beregne avstanden til veggen slik at roboten er i stand til å holde jevn avstand til veggen. Figur 1 viser de ulike metodene for styring.



Figur 1: Line follower, beacon based og wall follower.

Sensorer kan også brukes til å oppdage gjenstander som er i veien for roboten. Ved hjelp av en mikrokontroller kan en unnavikelsesmanøver innledes hvis en gjenstand kommer innefor en gitt avstand fra roboten. Det finnes i hovedsak to typer sensorer som er aktuelle for vårt prosjekt, ultralyd- og infrarødsensorer.

Funksjonsdiagrammet under viser hvordan systemet er bygd



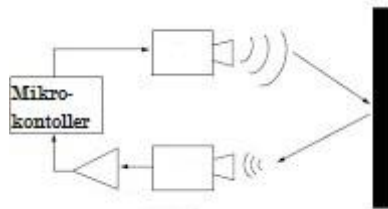
## 3.2 Sensorer

### 3.2.1 Ultralyd-sensor

Avstandsmåling med ultralyd baserer seg på lydbølgers refleksjon fra gjenstander. Lydbølger er definert som langsgående trykkbølger i bevegelse gjennom et medium. Det kan være seg luft, væske og faste materialer. Dersom lydhastigheten i mediet er kjent, og det er mulig å måle tiden det tar for lyden å tilbakelegge strekningen fra kilde til gjenstand og tilbake igjen, kan avstanden mellom kilden og gjenstanden nøyaktig beregnes.

$$\text{Avstand} = \text{lydhastighet} \cdot \text{tid} / 2 \quad (1)$$

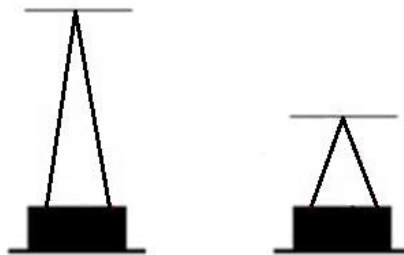
Konseptet kalles ofte for "time of flight" (TOF) og figur 2 viser hvordan det fungerer i praksis.



Figur 2: Avstandsmåling med ultralyd

### 3.2.2 Infrarød-sensor

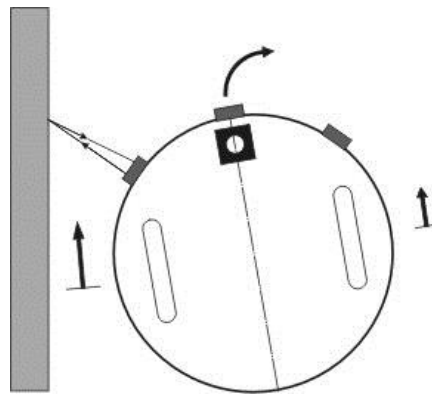
De fleste IR-sensorer fungerer ved såkalt triangulasjon. Sensoren sender ut en lysimpuls og detekterer den reflekterte lysstrålen. Sender og mottaker har en viss innbyrdes avstand og avstanden til gjenstanden beregnes ved å se på vinkelen til den reflekterte strålen, figur 3.



Figur 3: Avstandberegning med IR-sensor

### 3.3 Implementering

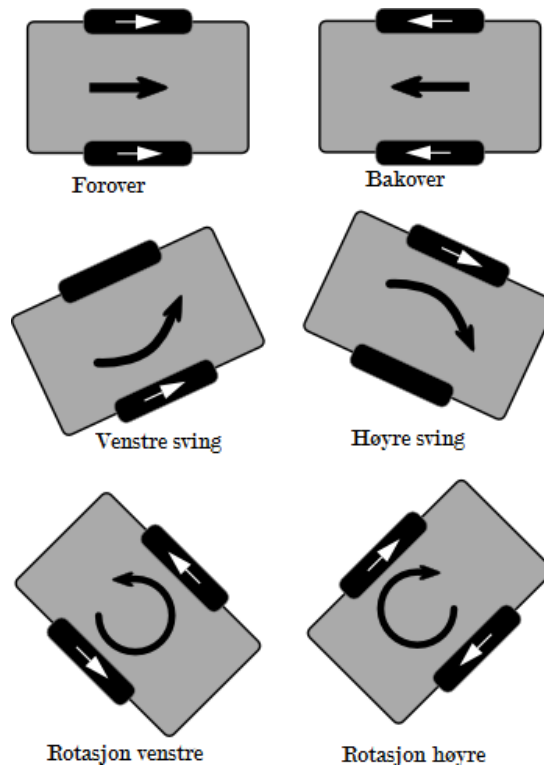
Implementeringen av et slikt styresystem består i å bruke en mikrokontroller som via avstandsinformasjon fra sensorene kontinuerlig oppdaterer et dataprogram som gir riktig spenning til hjulene slik at jevn avstand til veggen blir opprettholdt. Dette konseptet kalles ofte "wall follower, figur 4.



Figur 4: Wall-follower

Roboten vil også ha sensorer som peker fremover. Når disse sensorene detekter en hindring vil en annen del av dataprogrammet initialiseres slik at roboten styrer unna. Her vil vi bruke en såkalt interrupt-rutine. De samme sensorene vil også brukes til å innlede en annen rutine som tar seg av snuoperasjonen ved korridorens/gangens ende (vegg).

Fremdriften og styringen blir forøvrig ivaretatt av et såkalt differensielt styresystem. Enkelt forklart er dette et kombinert fremdrift og styresystem som kun bruker to hjul evt. belter. Ved å la hjulene/beltene bevege seg med ulik hastighet svinger roboten i ønsket retning. Figur 5 viser dette konseptet.



Figur 5: Differensialstyring

### 3.4 Mikrokontroller

En mikrokontroller er en integrert chip som ofte er en del av et innebygd system. Mikrokontrolleren inneholder en CPU, RAM, ROM, I/O-porter, og tidtakere som en vanlig datamaskin, men fordi de er laget for å utføre kun én bestemt oppgave å styre et enkelt system, er de mye mindre og forenklet slik at de kan inkludere alle funksjonene som kreves på en enkelt brikke.

En mikrokontroller er forskjellig fra en mikroprosessor, som er en generell chip som brukes til å lage en multi-funksjon datamaskin eller enhet, og krever flere chips å håndtere ulike oppgaver. En mikrokontroller er ment å være mer selvstendige og uavhengige, og fungerer som en liten, dedikert datamaskin.

I dette dokumenten kommer vi til å se nærmere på fire forskjellige mikrokontrollere for bruk i våres robotprosjekt. Til slutt vil vi trekke en konklusjon basert på hvilke funksjoner vi trenger og mulige begrensninger ved de forskjellige mikrokontrollerene.

### 3.4.1 Viktig når en mikrokontroller skal velges

#### **Kostnader**

Hvor stort er budsjettet. Høyere kvalitet og flere muligheter resulterer som oftest i høyere pris. Hvis kvalitet og stabil drift er viktig, eller at en trenger ekstra mange inngangen/utganger osv. kan det være verdt de ekstra kronene.

#### **Tid**

Hvor lett vint ønsker jeg at ting skal være? Mikrokontrollere som kan programmeres i høynivå språk vil generelt redusere mengden arbeid som må til for å lage ditt grensesnitt til verden. Lavere nivå kontrollere vil ta mer arbeid før du har ting fungerer. Men kan til gjengjeld være meget stabile.

Hva programmeringsspråk / kommunikasjonsprotokoller / elektronikk kan jeg allerede noe om? Hvilke ressurser er tilgjengelig? De fleste mikrokontrollere har flere nettsteder dedikert til deres bruk og programmering. Som oftes er de beste resursene knyttet til produsentens eller distributørens hjemmeside. En bør også gjøre noen nettsøk i en søkemotor og hva som er tilgjengelig av hjelp og støtte til din mikrokontroller.

#### **Utvidelsesmuligheter / kompatibilitet**

Hvilke andre komponenter er mikrokontrolleren kompatibel med? Kan du legge på moduler til mikrokontrolleren din? For eksempel, finnes det kompatible motordrivere. Hvilke sensorer eller sensor-moduler kan brukes? Ofte er disse modulene dyre, men har den fordel de bare klikker på plass uten det kreves noen ekstra lodding. Disse modulene kan absolutt være et godt kjøp hvis en har begrenset med tid. Et høyere nivå system er ofte verdt prisen fordi det sparer bygging og vedlikeholdstid.

## Fysiske og elektriske egenskaper

Hvor mange innganger/utganger trenger jeg? Hvert system har et visst antall moduler og utganger. Hvis det er mulig, er det best å bestemme hvor mange ting du ønsker å kontrollere før en velger mikrokontroller.

Hva slags innganger/utganger trenger jeg? Trenger jeg analoge innganger/utganger eller trenger jeg bare trenger digitale inn/utganger, eller begge deler.

Hva slags strømkilde har jeg? Må mikrokontrolleren kunne gå på batteri. ? Hvor mye strøm trekker mikrokontrolleren med eventuelle motordrivere osv.

Hvor raskt må mikrokontrolleren være? Lavere nivå prosessorer vil vanligvis gi mer fart.

Hvor mye minne trenger jeg? Hvis du planlegger kompleks databehandling eller logging, trengs kanskje en mikroprosessor med masse minne, eller evnen til å samhandle med eksternt minne.

Fysisk størrelse. Hvor liten må mikrokontrolleren være?

Alle disse tingene må taes hensyn til når en mikrokontroller skal velges. Idet neste kapittelet skal vi se på fire ulike mikrokontrollerer.

### 3.4.2 Arduino MEGA

Arduino er en åpen kildekode-elektronikk prototyping plattform basert på fleksibel, enkel å bruke maskinvare og programvare. Det er ment for kunstnere, designere, amatører, og alle som er interessert i å skape interaktive objekter eller miljøer.

Arduino kan sense omgivelsene ved å motta innput fra en rekke sensorer og kan påvirke omgivelsene ved å kontrollere lys, motorer og andre aktuatorer. Mikrokontrolleren på brettet er programmert med Arduino programmeringsspråk (basert på Wiring) og Arduino utviklingsmiljøet (basert på Processing). Arduino prosjekter kan være frittstående eller de kan kommunisere med programvare som kjører på en datamaskin (f.eks Flash, Processing, MaxMSP).

**Spesifikasjoner:**

Mikrokontoller	Atmega 2560
Operasjonsspenning	5V
Spenning Input (anbefalt)	7-12V
Spenning Input Max	20 V
Digital in-/utganger	54
Analoge innganger	16
Flash minne	256 KB
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
Klokkehastighet	16 MHz

Tabell 1

**3.4.3 PICAXE 28**

PICAXE-28X Starter Pack (AXE001U) er basert på den populære 28-pin AXE020.

AXE020 er kompatibel med alle PICAXE 28 pin mikrokontrollere, og denne 'startpakken' inkluderer en PICAXE-28x1.

Startpakken inkluderer både utviklingsbrettet, nedlastings-kabel og en batteriboks. Programvaren som trengs er gratis, så alt en trenger for å komme i gang, er en datamaskin og batterier. Videre inkluderes tutorials og PICAXE manualen (del 1 - Komme i gang).

Utviklingsbordet (AXE020) kommer ferdig montert, og har følgende viktige funksjoner:

- Alle nødvendige komponenter for noen av PICAXE 28-linje av mikrokontrollere



- IC stikkontakter (for enkelt å erstatte PICAXE mikrokontrollere og legge til en ekstra motor driver)
- Darlington driver-buffer chip, som lar deg koble til enheter med høyere effekt (for eksempel motorer, solenoider, releer) direkte til brettet (strøm opp til 500mA)
- 12 digitale inputs
- 16 digitale output
- 4 analoge inputs
- 3-5V
- 16MHz klokkehastighet
- 128 Bytes flash minne

For alle spesifikasjoner se [1]

Utviklingsbrettet kan brukes sammen med all programvare som støtter PICAXE maskinvare, inkludert gratis PICAXE Programmering Editor og / eller Logicator for PIC Micros programvare.

#### *3.4.4 MPLAB Starter Kit for PIC18F MCUs*

PIC18 Starter Kit fungerer som en USB-mus, joystick eller masselagringsenhet. Alle enheter bruker den innebygde kapasitiv touch-padden. Kitet inkluderer et MicroSD™-minnekort, potensiometer, akselerasjon sensor, og OLED-skjerm. Med on-board debugger og programmering, og USB strøm, er startpakken en rimelig måte å komme i gang med PIC18 familien.

Utviklingsbrettet har en PIC18F46J50 MCU med 64KB Flash, 4KB RAM, XLP med lavt strømforbruk, mTouch og USB. MCU`en kjører Microchip`s gratis USB bootloader og software rammeverk. Startpakke-kildekoden og andre ressurser er inkludert i MCHPFSUSB Framework, som kan lastes ned fra Microchip Application Libraries.

Spesifikasjoner se [2].

### 3.4.5 Atmel STK600

Atmel STK600 er en komplett startpakke og utviklingssystem for 8-bit og 32-bit AVR mikrokontrollere som gir designere en rask start for å utvikle kode på AVR, med avanserte funksjoner for prototyping og testing av nye design.

AVR-enheten kobles til STK600 ved hjelp av en innovativ ruting og socketcard sandwich-system, som ruter signalene fra enheten til den aktuelle maskinvaren.

Settet gir tilgang til alle pinner på enheten, og flere nyttige maskinvare funksjoner som trykknapper, LED, og dataflash for å kunne skape et komplett system for prototyping og testing nye design. Gratis AVR Studio eller AVR32 Studio lar designere skrive og compilere firmware i enten montering eller C-språk.

Brettet har også justerbar spenningsforsyning og justerbar klokke. VCC-nivå og klokkefrekvens kan justeres på fly fra AVR Studio eller AVR32 Studio, noe som gir designere muligheten til å teste ytelsen på ulike spenningsnivåer og klokkefrekvenser med bare et klikk på en knapp.

#### Viktige funksjoner:

- AVR Studio 4/AVR32 Studio kompatibel
- USB-grensesnitt til PC for programmering og kontroll
- Drevet av USB-buss eller fra en ekstern 10-15V DC strømforsyning
- Justerbar mål VCC (0-5.5V)
- To justerbare referansespenninger med høy nøyaktighet (0-5.0V, 10mV res)
- Klokke oscillator, justerbar på fly fra AVR Studio (0-50MHz, 0,1% res)
- Serial ISP tinyAVR og megaAVR enheter
- PDI Programmering av AVR XMEGA enheter
- JTAG programmering av 8-bits megaAVR, 8/16-bit AVR XMEGA og 32-biters AVR UC3 enheter
- aWire Programmering av 32-biters AVR UC3 enheter

For fullstendige spesifikasjoner se [3].

## 4 Motor driver

### 4.1 DFRobot Arduino Compatible Motor Shield

Den DFRobot Arduino Compatible Motor Shield (2A) bruker L298P chip, som tillater å kjøre til 7-12V DC motorer med maksimal 2A strøm. Dette shield kan være direkte montert på standard Arduino Duemilanove, og Arduino Mega. Hastighet kontroll oppnås gjennom konvensjonelle PWM, som kan fås fra Arduino. De utføres med PWM utgangene som er Port nummer 5 og 6. Aktiver / deaktiver funksjonen til motorisk kontroll er varslet med Arduino sine digitale Porter med nummer 4 og 7. Motor shield kan drives direkte fra Arduino eller fra ekstern strømkilde.

#### **Teknisk Spesifikasjoner:**

Logikk kontroll spenning	5V
2-veis motordrift	
Logikk strømforsyning	36mA
Maksimalt strømforbruk	25W(T = 75°)
Opp til 2A strøm hver vei	
Pinn 4, 5, 6, 7 blir bruk til å drive to DC motor	
Støtte PWM fartskontroll	
Støtte PLL forhånd hastighetskontroll	
Størrelse	55 x 55mm

Tabell 3



Figur 6: DfRobot motorshield

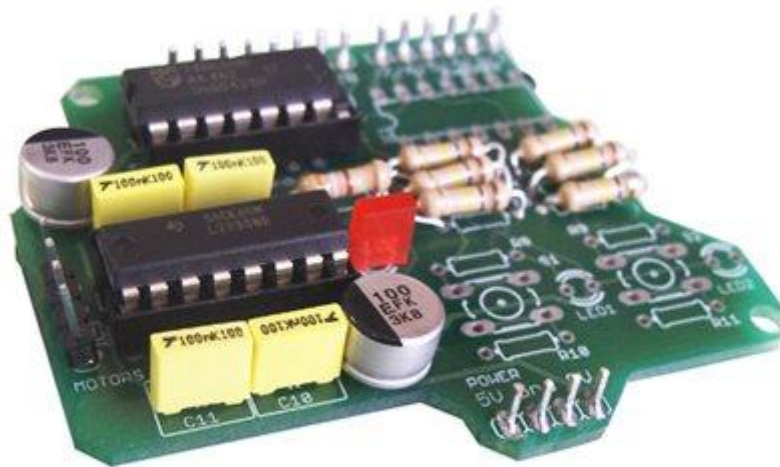
#### *4.2 Arduino Dual Motor Shield Kit*

Dette er Arduino Dual Motor Shield Kit. Den lar Arduino styrene til å kjøre 2 12V DC-motorer. Det er en full pakke med alle komponenter, og en Motor shield PCB er inkludert. Denne type motor shield krever lodding og montering.

#### **Teknisk Spesifikasjoner:**

Lar Arduino styre og kjøre 2-12V DC motorer

**Tabell 4**



Figur 7: Arduino motorshield

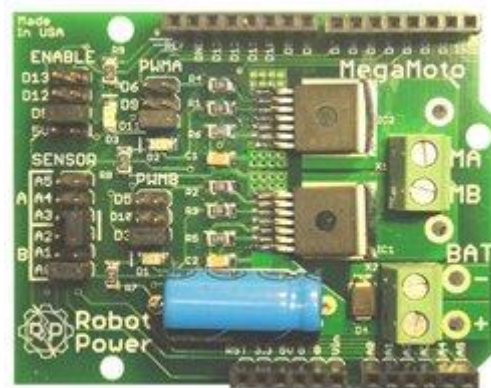
### 4.3 Arduino Compatible Mega Motor Shield

Arduino kompatibel Mega Motor Shield 13A, 5-28V er en rimelig robust H-bro shield for Arduino, og maskinvare compatible grunnenheter. Den standardiserte shield format stabling overskrifter gjør at flere MegaMoto enheter, som skal kontrolleres av en enkelt Arduino-Uno eller Duemilanove hjelp av pass-through stabling overskrifter. Det er den første og eneste motorstyring for Arduino, som gir brukerne muligheten til å styre opptil 30A strøm, og opp til 28V. Den sanne fleksibilitet MegaMoto vises når flere enheter er stablet på en enkelt base Arduino enhet. Arduino brukere kan enkelt kontrollere høy strøm, kraftige motorer for robotikk, scootere og andre programmer.

#### **Teknisk Spesifikasjoner:**

Lave kostnader robust H-bro shield for Arduino	
Gir deg muligheten til å styre opptil 30A strøm på opptil 28V	
Nettspenning	5V til 28V(24V maks batteri vurdering)
Kontinuerlig strøm	13A

Tabell 5



Figur 8: MegaMoto shield

For fullstendige spesifikasjoner se [4].

## 5 Elektriske motorer

Når det gjelder motorer som skal drive system, er det viktig å velge en motor som har lang levetid og som bruker minst strøm. Det er mange motorer man kan velge mellom, tradisjonelle dc-motorer, stepper motor og børsteløs motor. Men det som passer best for prosjektet vårt, er børsteløs motor. Børsteløse motorer bruker ikke børster eller kommutatorer,

så det er ingen behov for å erstatte børster eller andre komponenter. Børsteløs motor er nesten uslittelig. Eneste som blir belastet og utsettes for slitasje er lagrene på motoren. Og disse har minst like lang levetid som resten av konstruksjonen.

Fordelene med stepper motorer er at man kan lett styre hvor mange omdreininger den skal gå, og skifte retning veldig fort. Men problemet med disse motorene er at disse bruker enormt mye strøm i forhold til vanlig dc-motor eller børste løs motor.

## 6 Enkodere

Enkodere er ikke-kontakt, optisk-baserte digitale enheter som kan brukes for å måle avstand. Enkodere brukes for å måle roterende eller lineære forflytninger. Vi skal se nærmere på inkrementelle enkodere.

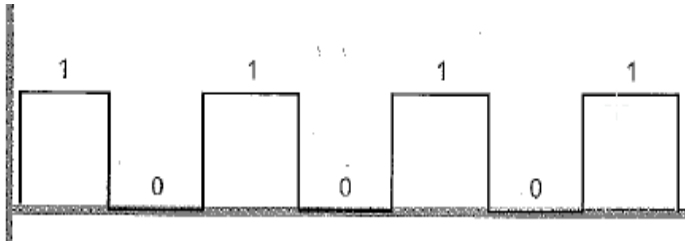
Inkrementelle enkodere måler endring i rotasjon fra et bestemt punkt. For å etablere referanse informasjonen, må bevegelsessystemet bli omplassert, når vi bruker inkrementelle enkodere.

En inkrementell enkoder er konstruert slik at den har to lyskilder som sender lys gjennom en disk som har et vekslende mønster av svarte og klare striper. Når den roterer så vil lyset gå gjennom den klare, og stoppe ved de svarte. På andre siden av disken blir lyset registrert av to fotodetektor sensorer.

For å forstå operasjonen på en inkrementell enkoder, kan vi anta at det er bare et lyskilde og en fotodetektor sensor. Når disken roterer, så vil lyssignalet bli registrert hver gang lyset går gjennom den klare mønstrene på disken. Da vil vi få tilbakemelding på det. Det er akkurat som å slå av og på lyset, manuelt. Hver gang fotodetektor sensoren fanger lysignal, så vil vi få et puls.

Det vil se slik ut :



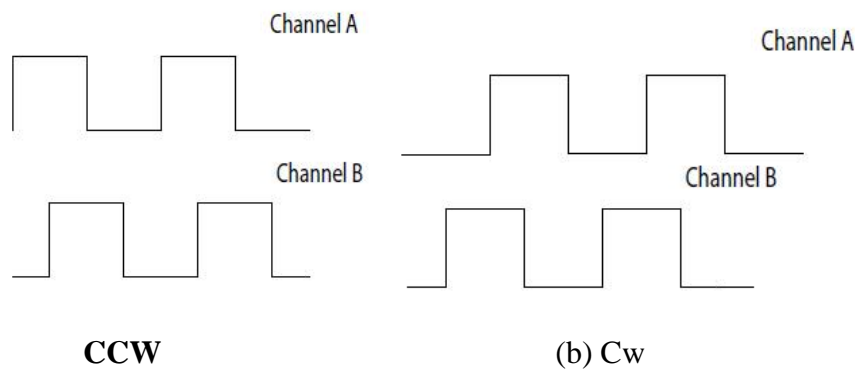


Figur 9

På den måten kan vi beregne antall omdreininger, siden vi vet hvor mange klare mønstre det er på disken totalt. Men vi får ingen informasjon om retningen.

For å få informasjon om retningen, må vi ha et lyskilde til, og det har inkrementelle enkodere. Disse heter kanal A og B. Kanal B sensor ligger en halv lyssignal-bredde fra den første sensoren. På den måten vil vi oppdage om hjulene rotere i positiv eller negativ retning.

Figur 2(a) viser den rotasjonen er mot klokka, og 2(b) med klokka



Figur 10

## 7 Chassis

### 7.1 Utvikling av Robot-Chassis modell

I starten av dette prosjektet ble gruppa enig med oppdragsgiveren om utvikling av et styresystem for en robotisert støvsuger tilpasset miljøet i Sundvollen hotell.

Etter den første presentasjonen uttrykte den interne veilederen bekymring for at prosjektet i sin helhet kunne by til nok teknisk utfordring for Maskinstudentene. Han mente at det var fare for utilstrekkelig arbeidsmengde for maskinstudentene i gruppa. Dette førte til en del diskusjon både innad gruppa og med veilederen for å finne en snarlig løsning. I samråd med den interne veilederen ble det bestemt at gruppa også skal lage en modell av en robot chassis.

Denne modellen skal kun tegnes i solidworks som en 3d-modell og i tillegg skal det gjennomføres spenningsanalyser på denne modellen.

I møtet med oppdragsgiveren la vi fram dette forslaget og han var positiv til dette . Vi fikk klarsignal til å sette i gang umiddelbart.

I første omgang gjorde vi en del research på robot chassis for å skaffe oss bedre kunnskap om hvordan de er bygd opp. Det er viktig å påpeke at modellen som vi kommer til å lage skal designes etter miljøet i Sundvolden Hotell. Dette fordi denne modellen vil være et grunnlag for videreutvikling av en komplett robotisert støvsuger. Som kjent kommer vi ikke til å utvikle en modell av hele støvsugeren , men andre grupper i fremtiden kan overta jobben med å videreutvikle modellen til en fullstendig støvsuger som man kan lage prototype av.

### 7.2 Valg av Modell

Idag finnes det svært mange forskjellige typer robot chassis. Alt fra chassis som er laget av tre, plast og metall. For at vi skal være i stand til å lage en optimal modell etter kundens ønske, må vi ta hensyn til en rekke viktige faktorer som:

- Materialer
- Design
- Vektfordeling
- Fremkommelighet

### 7.3 Materialvalg

Når det gjelder materialer som skal brukes til modellen, er det viktig å tenke på pris, tilgjengelighet, vekt, styrke og korrosjonsbestandighet før man bestemmer hvilke materialer som skal brukes til modellen. Vi har brukt litt tid på dette siden det er en viktig del av prosessen. Etter å ha forhørt oss med fagfolk innen materialteknikk, er vi blitt enige om å gå for aluminium 1000 serie. Dette er en tilnærmet reint aluminium (99%) som inneholder 1% mangan. Grunnen til at vi har valgt dette materialet er dets høye styrke, letthet, tilgjengelighet, og korrosjonsbestandighet. I tillegg har aluminium veldig høy termisk konduktivitet. Det er meget viktig at vi bruker samme materiale i hele modellen så lenge det lar seg gjøre. Dette er for å unngå galvanisk korrosjon som forekommer når to metaller med forskjellige potensial står i kontakt med hverandre i en elektrolytisk løsning. Det er gjerne slik at metaller med mindre edelhet korroderer.

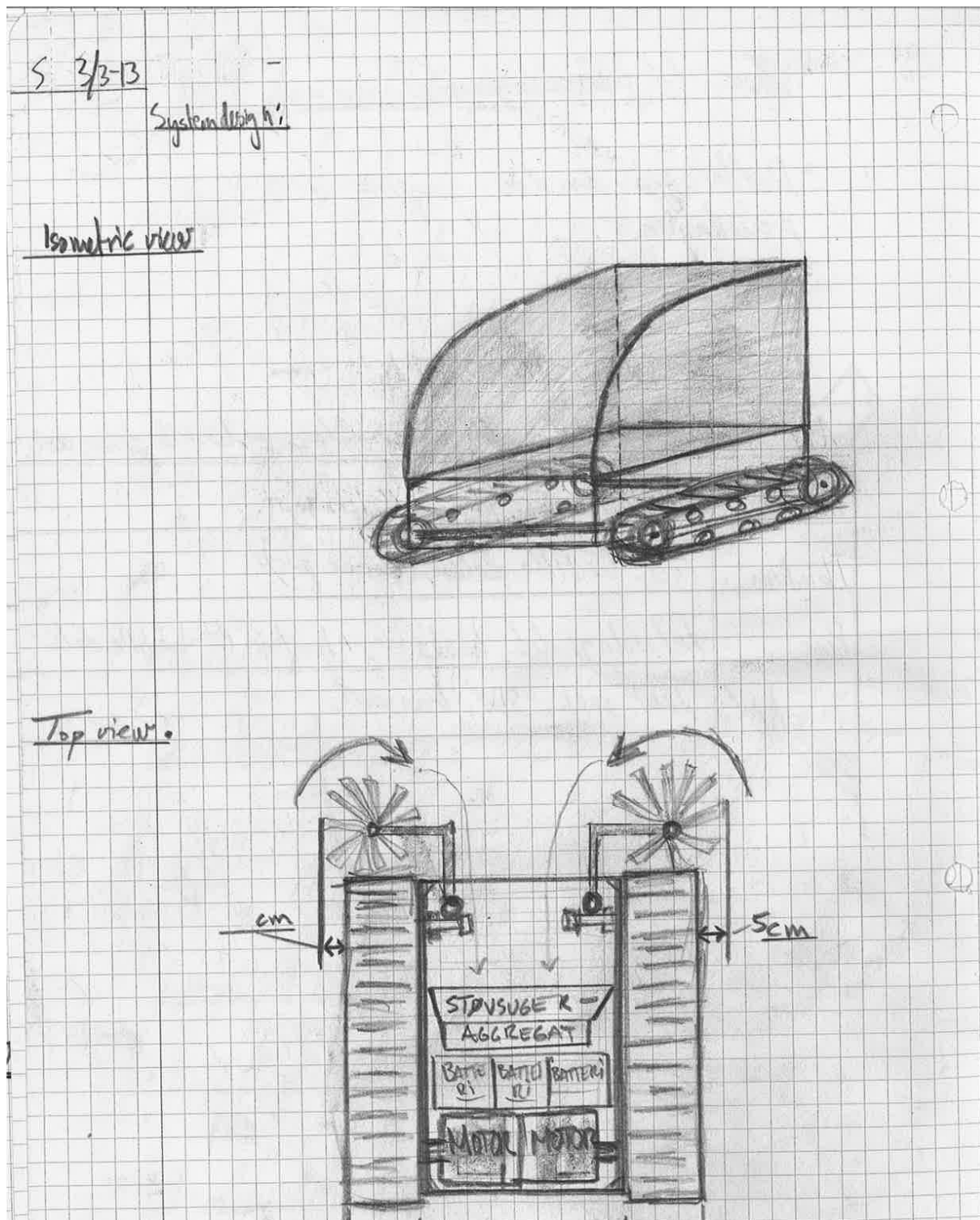
Det har også blitt brukt aluminium 3000 og 5000 serie til deler som blir mest utsatt for spenninger.

En annen viktig faktor er vekten til chassiset. Jo mindre vekt, desto bedre. Aluminium er et lett metall som er perfekt for å bygge chassis.

### 7.4 Design

Når det gjelder design, så er det en del krav fra oppdragsgiveren som vi må forholde seg til. Kravene er knyttet til hvordan chassis skal kunne operere i hotellkorridorene på Sundvolden hotell. For eksempel skal chassis ha runde kanter for å unngå potensielle skader etter mulig kollisjon med veggen. Skarpe kanter kan fort føre til skrapeskader på veggene. I tillegg har vi bestemt at chassis skal ha **belter\*** for at den skal kunne lett gå over dørlister og andre mulige høydeforskjeller målt fra gulvet.

På neste side har vi lagt inn et par sketch som viser hvordan vi har tenkt den endelige modellen skal se ut. Det kan bli mulige endringer underveis iform av modifisering, endring av krav osv.



Figur 11. Konsept-skisse



## 8 Konklusjon

### 8.1 Sensor

Vi har gjort en sammenligning av ulike sensortyper, der ting som nøyaktighet, pris og funksjonsområdet ble vurdert. For vårt prosjekt ble ultralydsensorer det beste valget. Nøyaktigheten er god og bakgrunnsbelysning har ingen betydning. Denne sensortypen gir i motsetning til IR-sensor like gode resultater uavhengig av farge på veggen, noe som er meget viktig i et miljø der roboten skal bevege seg i ulike rom.

### 8.2 Mikrokontroller

Når det gjelder valg av mikrokontroller har vi kommet frem til å bruke Arduino. Denne mikrokontrolleren viser seg å være noe enklere å programmere en f.eks microchip sine mikrokontrollere. Arduin er også forholdsvis billige samtidig som den har det som trengs av funksjoner for vårt prosjekt.

### 8.3 Motorshield

Når det gjelder motor driver, har vi valgt å bruke DFRobot Arduino compatible motor driver. Med denne motor shield kan vi kjøre to DC motor samtidig. Med tanke på vår oppgave passer denne motor shield typen perfekt kompatible med de andre elektroniske komponenter, som vi skal også bruke i vår oppgave.

### 8.4 Motor

Børsteløse motorer har rask respons, lang levetid og lite varmeutvikling. Det finnes forskjellige størrelser av børsteløse motorer. Alt fra få watt til flere hundre hestekrefter.

Ulempen med børsteløse motorer er at vi kan bestemme nøyaktig hvor mange omdreiningen den skal gå, men kun bestemme spenning inn pr tidsenhet. Men da kan vi bruke *enkodere* for å beregne antall omdreiningen.

## 8.5 Chassis

Basert på resultatet vi fikk ut av Pugh-matrix analysen, ser vi at et chassis med belteløsning vil være ett godt utgangspunkt for videre arbeid. Vi planlegger ett møte med bedriften ETAC på Hønefoss. Vi håper at vi kan få litt mer info og kunnskap her til å avgjøre om et belte drevet chassis er en fornuftig løsning.

Endring etter 17.04.13.

**\*Belter.** På kundemøte avholdt på Sundvolden hotel, den 17.04.13 ble vi enige om å bruke hjul istedenfor belter. Årsaken til dette var at kunden vurderte belter til å være mer skadelige for tepper i hotellet. Han ville unngå slitasjer på teppene i områder der roboten opererer. Belter sklir ved rotasjon, noe som gjør at slitasjen blir større enn ved bruk av hjul. Vi ble derfor enige om å bruke hjul og har forkastet belteløsning for roboten.

## 9 Referanser

- [1] Picaxe, <http://www.picaxe.com/Hardware/Starter-Packs/PICAXE-28-Starter-Pack/>
- [2] Farnell, <http://uk.farnell.com/microchip/pic18f4550-i-p/ic-8bit-flash-mcu-18f4550-pdip40/dp/9321357>
- [3] Atmell, <http://www.atmel.com/tools/stk600.aspx?tab=devices>
- [4] Motor shield,  
[http://www.robotshop.com/search/search.aspx?locale=en\\_us&keywords=arduino%20motor%20shield](http://www.robotshop.com/search/search.aspx?locale=en_us&keywords=arduino%20motor%20shield)
- [5] Bok : Fundamentals of Mechatronics av Musa Jouaneh ( SI edition)



# Styresystem

---

V 1.0



# SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*

## Innholdfortegnelse

Dokumenthistorie .....	4
Introduksjon .....	5
1. Innledning .....	6
2. Differsiell styring .....	7
3. Wall following .....	8
4. Sensorer.....	10
5. Deteksjon og passering av gjenstander .....	11
5.1 Deteksjon .....	11
5.2 Passering .....	12
6. Beacons og soner .....	13
7. Realultater og erfaringer .....	14
8. Videreutvikling .....	15
8.1 Map-building .....	15
9. Konklusjon .....	17
10. Referanser.....	18

## Dokumenthistorie

Version	Dato	Endringer	Utført av
0.1	15.03.13	Opprettet dokument	PHH
0.2	02.04.13	Lagt til tekst	PHH
0.3	12.04.13	Lagt til tekst	PHH
0.4	14.04.13	Skrevet map-building	PHH
0.5	15.05.13	Skrevet konklusjon	PHH
1.0	25.05.13	Frigjort for godkjenning	Ali

Tabell 1

## Introduksjon

Det finnes ikke noen klar definisjon på en robot, men en sier gjerne at en robot må være istand til å ta egne valg ut fra hva som er mest hensiktsmessig i forhold til oppgaven som skal utføres og omgivelsene. Den har med andre ord en form for kunstig intelligens. En AGV (Automated Guided Vehicles) kan på mange måter sammenliknes med en robot. En AGV er enklere i så måte. Denne typen robot brukes ofte innen industrien for å frakte materialer o.l. fra et sted til et annet. Her følges en rute som må legges ut i form av skinner, magnetiske eller visuelle striper i gulvet osv. I dynamiske miljøer er det viktig at et slike maskiner er istand til å bevege seg utenom hindringer og ta egne valg i forhold til veivalg. En AGV som har evnen til velge en annen rute enn den planlagte befinner seg i grenseland mellom AGV og robot.

Dette dokumentet vil ta for seg et styresystem som på mange måter minner om det som brukes av en AGV, dvs. bevegelsesmønsteret følger bestemte ruter som roboten følger ved hjelp av dataalgoritmer som programmeres på robotens mikrokontroller. I tillegg vil roboten utstyres med sensorer slik at uforutsette gjenstander kan passeres

## 1. Innledning

For en robot som skal bevege seg i ukjente omgivelser finnes det flere måter å løse dette på. Mye brukte metoder omfatter "beacon-based", "line following", "wall following" og "map building". Beacon-based styring baserer seg på at roboten styrer mot et lyssignal ganske likt en båt som navigerer mot et fyr. Line following og wall following minner om hverandre og baserer seg på å følge en oppmerket linje i gulvet eller for sistnevnte holde jevn avstand til veggen. Sensorer måler kontinuerlig hvor roboten befinner seg i forhold til streken eller veggen. Informasjonen fra sensorene går til en mikrokontroller som via en algoritme styrer roboten.

Et fjerde og mer avansert konsept kalles "map building". Dette konseptet går ut på at roboten lager et kart over omgivelsene som senere kan brukes til å planlegge det beste bevegelsesmønsteret. Dette konseptet krever mye av elektronikken og sensorene.

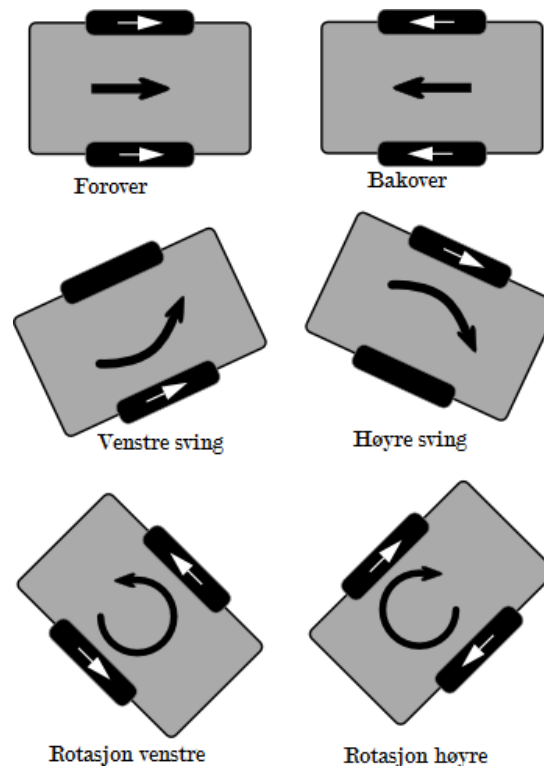
I dette dokumentet vil vi se på hvordan vi kan få en robot til å bevege seg i ukjente omgivelser uten bruk av map building. Vi vil altså se hvordan en robot kan bevege seg i ukjente omgivelser ved å ta alle avgjørelser når de inntreer uten noen form for lagret informasjon om omgivelsene. Målet bli altså å utstyre roboten med nok kunstig intelligens til at rett valg taes uansett hendelse. Det kommer til å bli brukt ultralydsensorer og wallfollowing vil brukes som basis for navigering. Et beacon-based system vil også brukes for å guidede roboten fra en sone til en annen.

En slik tilnærning for robotnavigering kommer fra et ønske om å gjøre ting billig og robust. En annen fordel er at roboten ikke trenger kjøre rundt og lære seg omgivelsene.

Det bør sies at et slikt styresystem har visse begrensninger. Systemet vil først og fremst kunne brukes i korridorer o.l. der det til enhver tid er forholdsvis kort avstand til nærmeste vegg. Vi vil derfor til slutt presentere en mulig utvidelse av systemet, der en baserer seg på å bygge opp et kart av omgivelsene.

## 2. Differensiell styring

For selve styring vil vi bruke såkalt differensiell styring. Dette er et kombinert fremdrift og styresystem. Drivhjulene har hver sin motor og ved å sette forskjellig spenning til motorene svinger roboten i ønsket retning. Figur 1 viser dette i praksis.



Figur 1: Differensiell styring.

### 3. Wall following

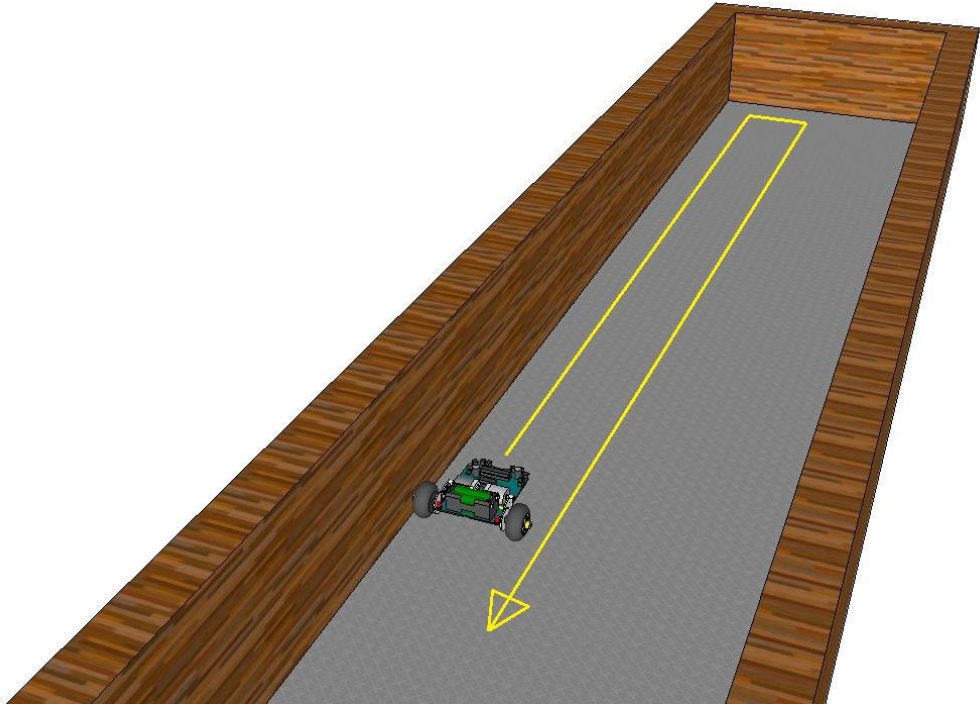
Som tidligere nevnt kommer roboten til å minne mye om en AVG. I våres system er det veggen som vil guide roboten. Ved hjelp av sensorer som hele tiden måler avstanden til veggen er det mulig å opprettholde jevn avstand til veggen. Informasjonen fra sensorene brukes i en dataalgoritme på en slik måte at spenningen til hjulen reguleres i henhold til om avstanden til veggen har økt eller minket. Her følger et utdrag av algoritmen:

```
//Calculate the distance (in cm) based on the speed of sound.
distance = duration/58.2;

if (distance > distance2)
{
    analogWrite(E1, 180); //PWM Speed Control
    analogWrite(E2, 130);
}
else if(distance < distance2)
{
    analogWrite(E1, 130); //PWM Speed Control
    analogWrite(E2, 180);
}
distance2=distance;

//Delay 10ms before next reading.
delay(10);
```

Fordelen med overstående kode er at jevn avstand til veggen opprettholdes uavhengig av avstand til veggen, innenfor ultralydsensorenes maksimale område for avstandsberging. Når enden av korridoren er nådd innledes en snuoperasjon. Dette er mulig ved å hele tiden sjekke avstanden til nærmeste gjenstand foran roboten og et if-statement i programmet som har en begrensning på f.eks 10cm. Figur 2 viser bevegelsesmønsteret.

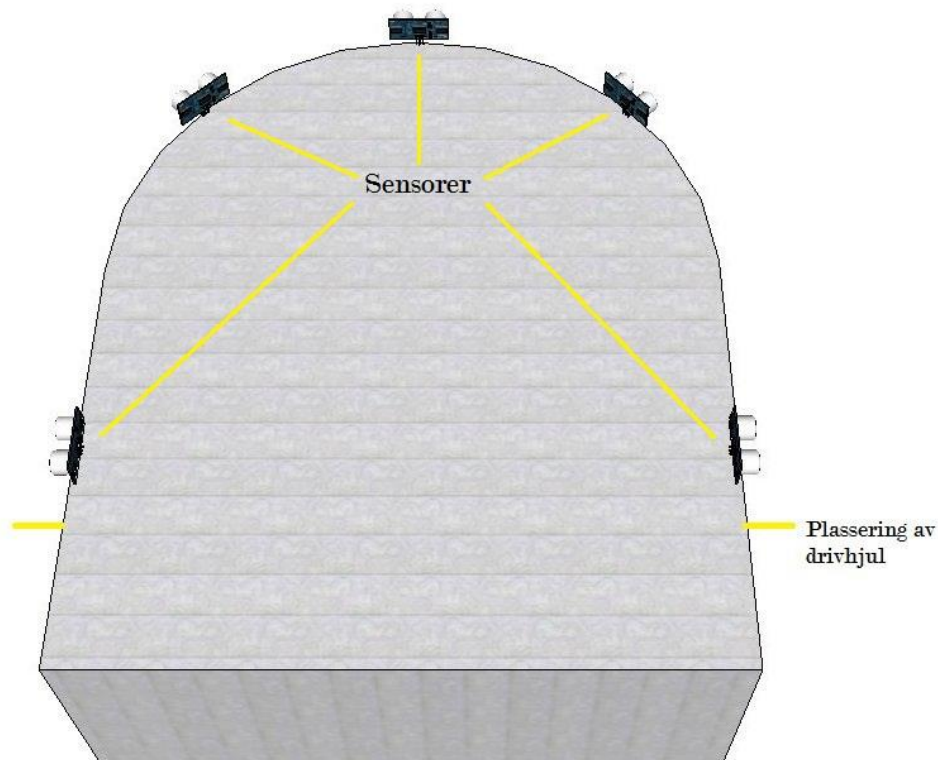


Figur 2: Bevegelsesmønster



## 4. Sensorer

Det er valgt å bruke ultralysensorer. For å dekke hele robotens bredde er nødvendig å bruke tre fremadrettede sensorer [5]. For wallfollowing trengs to sensorer, en på hver side. Sensorenes plassering er meget viktig for at systemet skal fungere slik det er ment. Når det gjelder sidesensorene viste det seg at plassering måtte være like foran drivhjulene for at wallfollowing algoritmen skulle fungere tilfredstillende. Etter en del eksperimentering viste det seg at de fremadrettede sensorene bør plasseres i en slags halvmåne. D.v.s at én sensor rettes rett frem, men to rettes med en viss vinkel i forhold til robotens normal. Figur 4 viser hvordan sensorene er tenkt plassert.

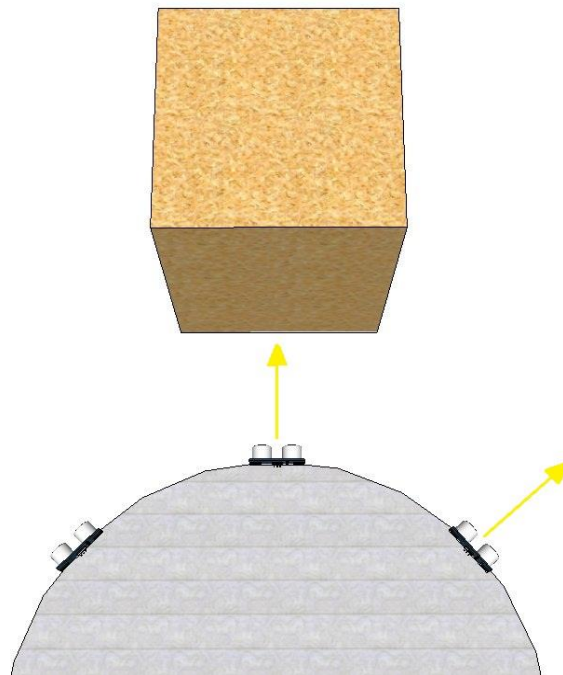


Figur 3: Plassering av sensorer

## 5. Deteksjon og passering av gjenstander

### 5.1 Deteksjon

For å skille mellom endevegg og en gjenstand i veien brukes informasjon fra sensorene som peker i en vinkel i forhold til robotens normal eller kjøreretning. Hvis vi har med enden av korridoren å gjøre vil både den sensoren som peker direkte fremover og sensorene som peker med en viss vinkel måle en liten avstand. Hvis vi derimot har med en gjenstand å gjøre, vil kun den sensoren som peker direkte fremover måle liten avstand. Figur 5 viser dette.



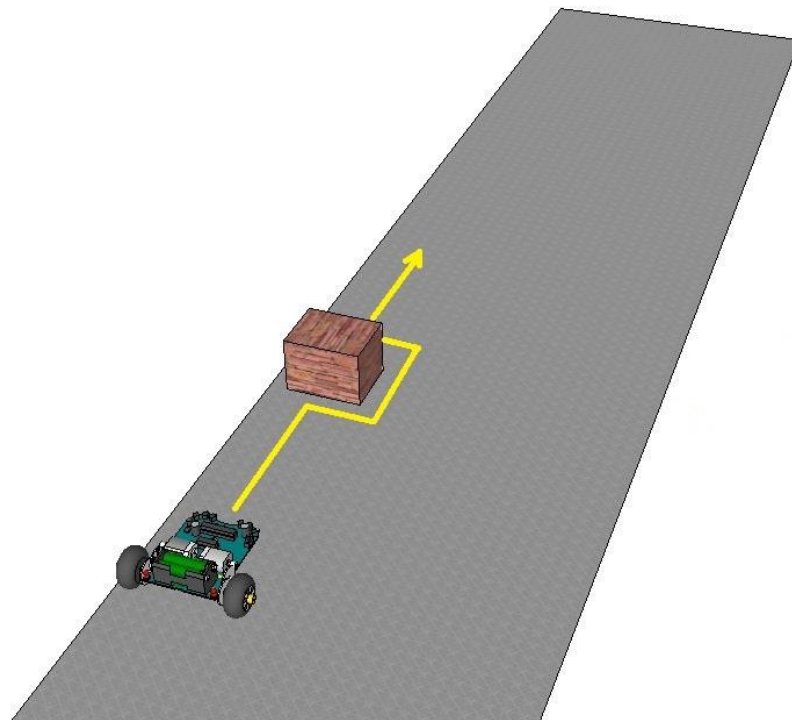
Figur 4: Hvordan skille mellom vegg og gjenstand

Er gjenstanden så bred at begge sensorene måler kort avstand vil roboten tro den har nådd enden av korridoren og dermed innlede snuoperasjonen. Dette er egentlig uproblematisk siden en så bred gjenstand nesten er å regne som en total blokkering av korridoren og uansett må fjernes for at roboten skal kunne gjøre seg ferdig

## 5.2 Passering

Når det er avgjort om vi har med endevegg eller en gjenstand å gjøre innledes en annen del av programmet som styrer roboten utenom gjenstanden. Figur 6 viser hvordan dette er tenkt. Her

bør roboten bruke informasjon fra sidesensoren slik at roboten er i stand til å kjøre rundt hinderet uavhengig av gjenstandens størrelse.

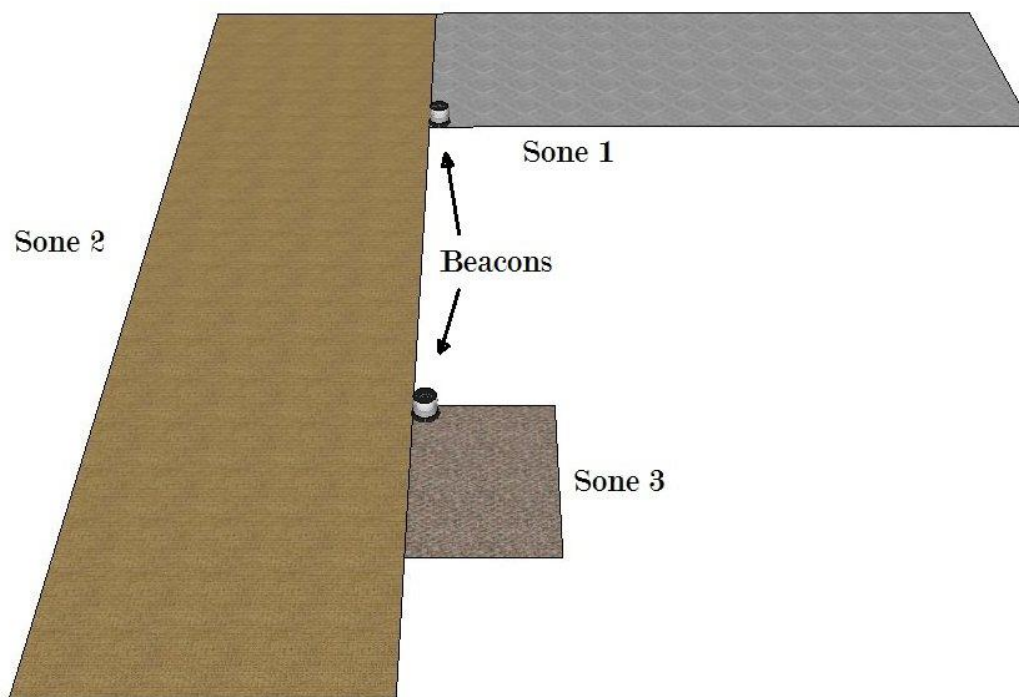


Figur 5: Passering av gjenstand

## 6. Beacons og soner

Et beacon er et signal, det være seg lys eller noe annet som roboten kan rette seg mot og som guider roboten mot et bestemt mål. Det kan sammenliknes med fyrtårn som båter bruker til å finne veien på havet.

De forskjellige områdene som skal rengjøres vil bli delt inn i soner. Ved hjelp av beacons som monteres synlig i hver sone er det mulig for roboten å bevege seg fra en sone til en annen når hele sonen er gjennomgått.



Figur 6: Beacons og soner

## 7. Realultater og erfaringer

Styresystemet som presentert i dette dokumentet har vist seg å fungerer i praksis. Det viste seg likevel at systemet har problemer med stabilitet. Passering av en gjenstand krever en forholdsvis avansert og lang algoritme som igjen fører til problemer med stabilitet i dataprogrammet. Gjentatte forsøk viste at roboten ikke hadde noe problemer med å gå systematisk gjennom en korridor. Problemene oppstår først når roboten også skal passere uforutsette gjenstander.

Etter nøye vurdering ser gruppen det som mest hensiktsmessig å kombinere erfaringene vi har gjort med en enkel form for map-building. Siden tiden ikke strekker til for å gå dypt inn i problematikken rundt map-building vil vi se hvor langt det er mulig å komme uten map-building og heller overlate videreutviklingen til et eventuelt senere hovedprosjekt.

I neste kappittel vil vi presentere et forslag til en enkel form for map-building som kan brukes med systemet slik det er idag.

## 8. Videreutvikling

Et system som baserer seg kun på informasjon fra sensorene og tar alle avgjørelser utfra hvordan omgivelsene er i det eksakte øyeblikket, vil ha en del begrensninger fordi sensorene ikke bare brukes til registrere gjenstander men også for selve navigeringen. Det vil på mange måter være fordelaktig om roboten har en viss kjennskap til omgivelse i forkant. Roboten kan dermed planlegge en rute og på den måten frigjøre sensorer og prosessorkraft som kan brukes til deteksjon av gjenstander o.l.

Et konsept der roboten genererer et kart over omgivelsene ved hjelp av informasjon fra sensorene kalles ofte map-building. Det finnes mange måter å bygge opp et kart av omgivelsene på, men mest vanlig er det å bruke informasjon fra sensorene, som oftest kamerasensorer. Problemet med dette konseptet er at sensorer alltid vil introdusere feilinformasjon til systemet. Roboten trenger også å vite nøyaktig hvor den befinner seg til enhver tid, noe som er vanskelig da feilavlesing av encodere vil akumulere over tid. For at dette skal fungere tilfredstillende kreves det mye av elektronikken og teknikker som "fussy logic" og "kalman filtre" må brukes. Et annet problem er at i dynamiske omgivelser vil ikke kartet som roboten tidligere har bygd opp nødvendigvis stemme 100% med omgivelsene ved et senere tidspunkt. Dette betyr at i tillegg til å bygge opp et kart må roboten være istand til å ta valg basert på hvordan omgivelsene er ved aktuelt tidspunkt. Dette var nettopp noe av grunnen til at vi valgte å gå for et system som ikke har noe kunnskap om omgivelsene i forkant. Som nevnt i forrige kapittel viste deg seg at systemet hadde visse problemer med stabilitet. Vi ønsker derfor å komme med et forslag til en enkel form for map-buling som vi tror kan løse disse probleme.

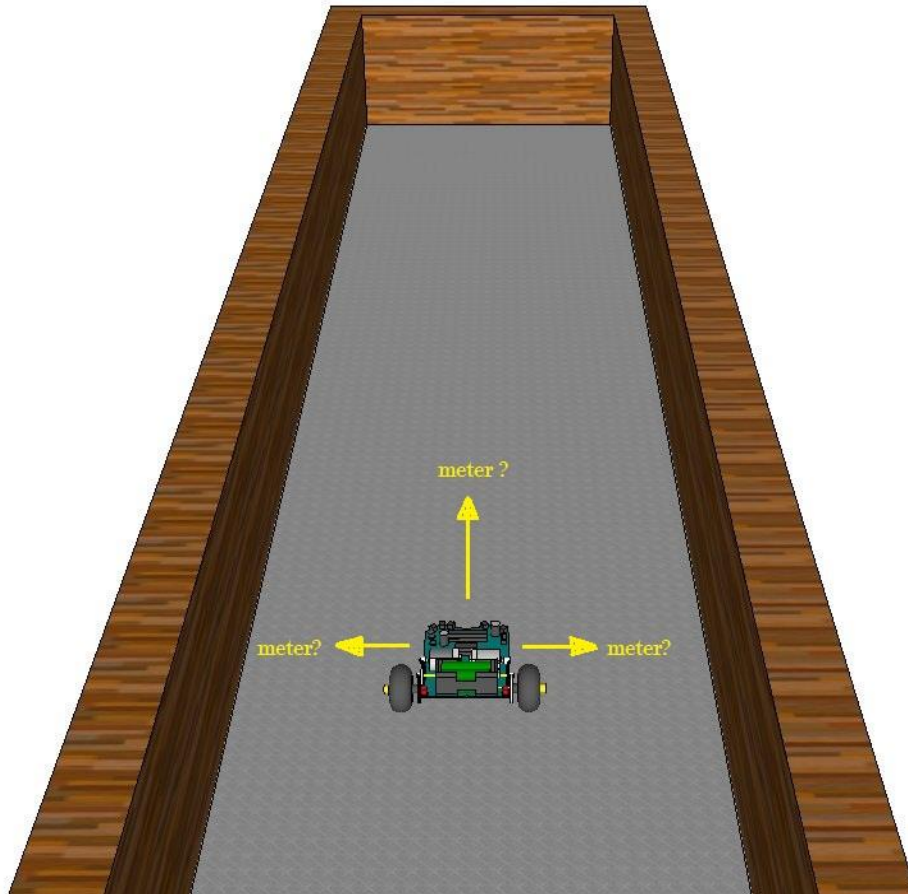
### 8.1 Map-building

Vi vil først presisere at dette ikke er noe forsøk på å bygge opp et nøyaktig kart av omgivelsene, men heller å innhente nok informasjon til at navigeringen kan gjøres enklere og mer presis.

Vi ser for oss ett system der roboten starter prosessen med å kjøre gjennom midten av hele korridoren. Side-sensorene måler kontinuerlig avstanden til sideveggene og encoderene holder styr på tilbakelagt strekning. Informasjonen fra side-sensorene lagres og brukes til å regne ut korridorens bredde. Informasjonen fra encoderene gir korridorens lengde. En sitter nå igjen med et to-dimensjonalt mål på korridoren.

I neste omgang kan denne informasjonen brukes til å planlegge en rute for roboten. Når en vet korridorens bredde er det enkelt å regne ut hvor mange ganger roboten må kjøre for å dekke hele korridoren. Kunnskapen om korridorens lengde gir direkte informasjon om når roboten må snu.

På denne måten frigjøres sensorene under selve rengjøringsprosessen til unvikelse av gjenstander o.l. Figur 6 viser hvordan dette er tenkt i praksis.



Figur 7: Map-building

## 9. Konklusjon

Målet for gruppen var å lage et styresystem for en robotstøvsuger. Roboten skulle først å fremst brukes i korridorer. Systemet ble designet ut fra et ønske om å gjøre ting så enkelt og rimelig som mulig. Et system som ikke trenger noen forkunnskap om omgivelsene vil på alle måter være det mest effektive. Roboten trenger med andre ord ikke kjøre rundt for å lære seg omgivelsene eller innhente informasjon til oppbygging av et kart. Dette sparer tid og energi. Problemene i denne forbindelse ligger i robotens kunstige intelligens. Det viste seg vanskelig å få roboten til å være hundre prosent stabil og istand til å takle alle slags hendelser i et dynamisk miljø. Sytemet fungerer, men med endel begrensninger. Et eksempel er store åpne arealer der roboten ikke har noen vegg å forholde seg til. Vi vil derfor gjøre en anbefaling om å bruke en kombinasjon av map-building og systemet presentert i dette dokumentet for videre utvikling. Ved å bygge opp et kart av omgivelsene kan roboten planlegge den beste ruten og dermed frigjøre prosessorkraft og sensorer til kun å ta seg av uforutsette hendelser i miljøet.



## 10. Referanser

- [1] Wikipedia, *Mobile robot navigation*,  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile\\_robot\\_navigation](http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_robot_navigation)
- [2] National Instruments, *Robotics Fundamentals Series: Autonomous Map Building*,  
<http://www.ni.com/white-paper/8254/en>
- [3] O. Manolov, Sv. Noikov, P. Bison, G. Trainito, *Indoor Mobile Robot Control for Environment Information Gleaning*, Dearborn (MI), USA October 3-5, 2000
- [4] Robot Control, <http://www.clear.rice.edu/elec201/Book/control.html>
- [5] Per Harald Helgesen, *Deteksjon og avstandsmåling med ultralyd*, HIBU ATEK, 24.05.2013

# Deteksjon og avstandsmåling med ultralyd

---

V 1.0



## SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*

## Innholdfortegnelse

1. Dokumenthistorie.....	4
2. Introduksjon .....	5
3. Avstandsmåling med ultralyd .....	6
4. Ultralyd .....	7
5. Påvirkning av lydsignalene .....	8
6. Lydrefleksjon .....	9
7. Avstandsberging.....	10
7.1 Test av nøyaktighet.....	11
7.2 Deteksjonsevne .....	12
7.2.1 Materialet .....	12
7.2.2 Vinkel.....	13
7.3 Spredningskarakteristikk .....	13
8. Konklusjon.....	15
9. Referanser .....	16

## 1. Dokumenthistorie

Version	Dato	Endringer	Utført av
0.1	17.02.2013	Opprettet dokument	PHH
0.2	22.03.2013	Lagt til kap. 6	PHH
0.3	15.02.2013	Lagt til kap. 7	PHH
0.4	20.05.2013	Skrevet konklusjon	PHH
1.0	25.05.2013	Frigjort for godkjenning	Ali

Tabell 1

## 2. Introduksjon

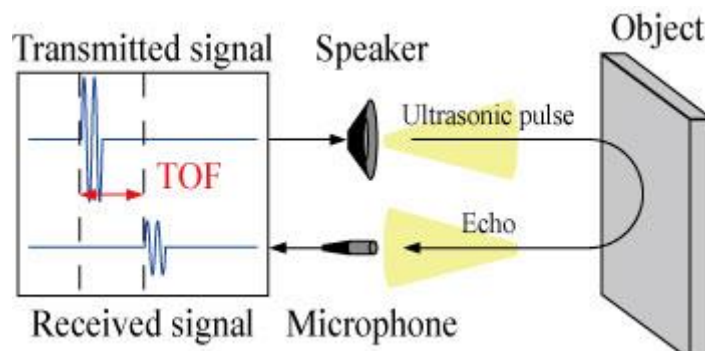
En robot er avhenging av å kunne registrere omgivelsene rundt seg. Roboten trenger å vite hvor langt det er til gjenstander, vegger osv. I enkelte tilfeller er det kun nødvendig å vite om det er en gjenstand i nærheten. Nøyaktighet spiller da liten rolle, men det er allikevel viktig at roboten faktisk oppdager gjenstanden. Det finnes flere forskjellige sensortyper med ulike fordeler og ulemper. I dette dokumentet skal vi se på avstandsmåling og deteksjon av gjenstander ved hjelp av ultralyd-sensorer. Vi skal se hva som kan gi feilmålinger og det vil bli utført avstandsmåling på gjenstander av ulik beskaffenhet.

### 3. Avstandsmåling med ultralyd

Avstandsmåling med ultralyd baserer seg på lydbølgers refleksjon fra gjenstander. Lydbølger er definert som langsgående trykkbølger i bevegelse gjennom et medium. Det kan være seg luft, væske og faste materialer. Dersom lydhastigheten i mediet er kjent, og det er mulig å måle tiden det tar for lyden å tilbakelegge strekningen fra kilde til gjenstand og tilbake igjen, kan avstanden mellom kilden og gjenstanden nøyaktig beregnes.

$$\text{Avstand} = \text{lydhastighet} \cdot \text{tid} / 2 \quad (1)$$

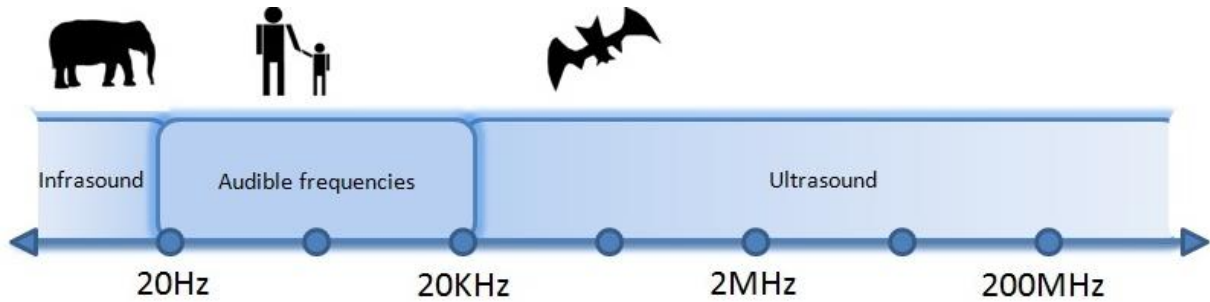
Konseptet kalles ofte for "time of flight" (TOF) og figur 1 viser hvordan det fungerer i praksis.



Figur 1: Avstandsmåling med ultralyd

## 4. Ultralyd

Det menneskelige øret kan oppfatte lyder i frekvensområde fra 20 Hz til 20000 Hz. Evnen til å høre lyder med høy frekvens avtar noe med alderen og voksne personer hører gjerne ikke noe over 14-15000 Hz. Grensen for det vi kaller ultralyd blir vanligvis regnet for å være 20000 Hz. Figur 2 viser noen typiske frekvensområder.



Figur 2: Frekvensbånd

For en robot som skal operere i omgivelser der støy er uønsket er ultralydsensorer et godt valg da mennesker uansett ikke er stand til å oppfatte lydssignalene.

## 5. Påvirkning av lydsignalene

Når det gjelder å bruke ultralyd til avstandsmåling, er det viktig å være klar over hvordan lyden brer seg gjennom luften og mulige påvirkninger. Lydubredelsen avhenger metrologiske forhold som temperatur og lufttrykk.

### Absorpsjon i luften

Absorpsjon innebærer at en del av lydenergien blir absorbert av molekylær friksjon på vei gjennom atmosfæren. Den atmosfæriske absorpsjonskoeffisienten  $\alpha$  er avhengig av lufttemperaturen og lufttrykket. Høye frekvenser absorberes i større grad enn lave frekvenser.

### Temperatur

Hastigheten av lyd er 332,0 m/s ved 0 ° C. Det øker med kvadratroten av den absolutte temperatur. Formel 1 viser det nøyaktige forholdet mellom temperatur og lyd hastighet.

$$v(T) = \sqrt{\frac{T}{273}} * 332 \quad (1)$$

Tabell 1 viser noen eksempler på forholdet mellom temperatur og lyd hastighet (med middels lufttetthet).

Temperatur (° C)	Lyd hastighet (m/s)
30.0	349.8
20.0	343.9
15.0	341.0
0.0	332.0
-10.0	325.8
-20.0	319.6

Tabell 2



## 6. Lydrefleksjon

Forskjellige gjenstander reflekterer lydbølger ulik avhengig av gjenstandens beskaffenhet, avstand vinkel og utforming/størrelse. Dette er ting som må tas til vurdering når ultralydsensorer skal brukes til avstandsmåling

### Overflate

En ideel overflate er hard og jevn. En slik overflate vil reflektere lydbølgene mye bedre enn myke og ujevne overflater. Myke og ujevne overflater resulterer i et ekko med lav amplitude. Dette fører igjen til at maksimal operasjonsavstand reduseres samtidig som nøyaktigheten avtar.

### Avstand

Jo kortere avstanden til en gjenstand er jo sterkere er amplituden på ekkoet. En kan derfor si at jo lengre avstanden er til gjenstanden jo bedre må gjenstandens refleksjonsegenskaper være.

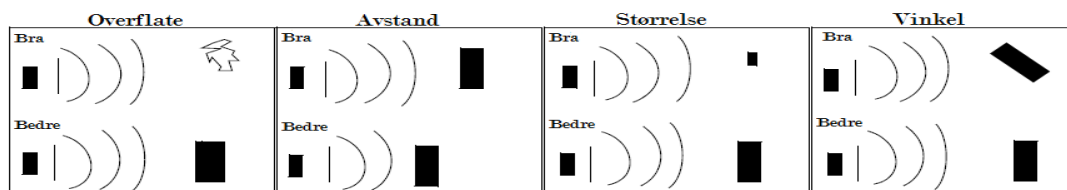
### Størrelse

En stor gjenstand har større reflekterende overflate enn en liten gjenstand. Sensorens mål for avstandsberging blir som oftes overflaten som er nærmest sensoren.

### Vinkel

Gjenstandens overflatevinkel i forhold til sensoren har innvirkning på hvordan lydbølgene reflekteres. Bare den delen av gjenstanden som har en overflate som står vinkelrett på sensorer vil reflektere lydbølgene tilbake i riktig retning. Hvis hele gjenstandens overflate er meget rett og har en annen vinkel i forhold til sensoren vil lydbølgene reflekteres i en annen retning og sensoren vil ikke motta noe reflektert signal.

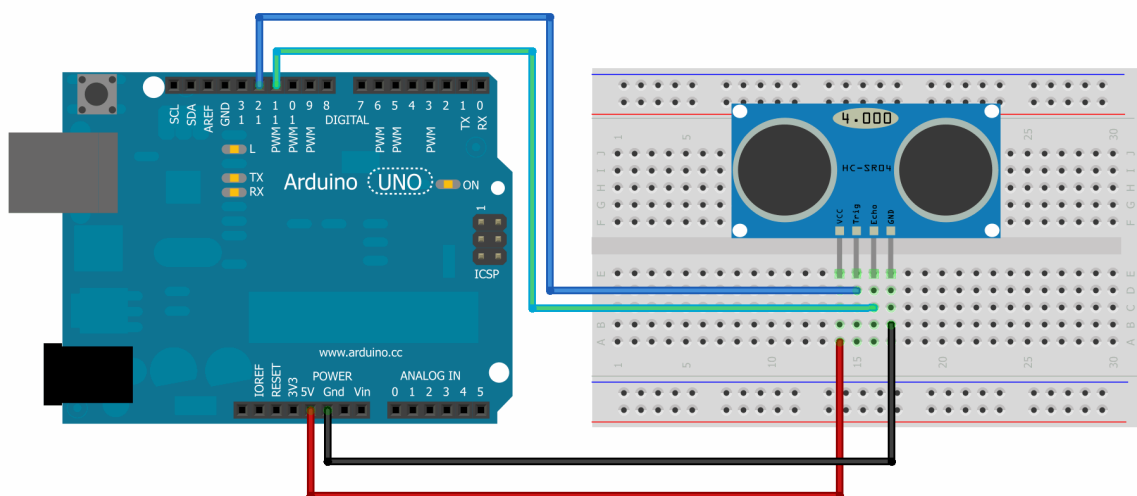
Figur 2 en viser oppsummering.



Figur3: Avstandsberging med ultralyd

## 7. Avstandsberregning

For å gjøre avstandsberregning med ultralydsensor trenger man en mikrokontroller. Ultralydsensoren kobles til mikrokontrolleren. Et dataprogram lastes så inn på mikrokontrolleren og avstand leses av enten på et display eller på datamaskinen. Figur 5 viser hvordan ultralydsensoren kobles til mikrokontrolleren. Det er her vist på en Arduino Uno.



*Figur 5: Ultralydsensor koblet til mikrokontroller*

Koden som lastes opp til mikrokontrolleren er forholdsvis enkel og baserer seg på ”time of flight” konseptet som forklart i kappittel 3. Den ene transduseren på sensoren er koblet til

trigpin og sender ut en pulse. Den andre transduseren er koblet til echopin og går høy hvis et ekko- signal detekteres.

Utdrag fra programmet:

```

/* The following trigPin/echoPin cycle is used to determine the
distance of the nearest object by bouncing soundwaves off of it. */
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(2);

digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);

digitalWrite(trigPin, LOW);
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);

//Calculate the distance (in cm) based on the speed of sound.
distance = duration/58.2;

```

Som koden viser settes signalet til transduseren som sender først lav i to mikrosekunder. Dette er for å sikre et rent signal. Ultralydsensormodulen er lagd slik at ”echoPin” går høy når et signal detekteres og tidsforskjellen fra ”trigPin” ble satt til høy og til ”echoPin” gikk høy sendes ut på pinnen som er definert som ”echoPin”. Ved å dele denne tidsforskjellen på 58,2 får en avstanden i cm.

### 7.1 Test av nøyaktighet

Vi vil nå gjøre en test av hvor nøyaktig avstandmålingen er. Utstyret ble koblet opp som vist i figur 5 og koblet til dataskjermen via USB kabel som forøvrig også gir strøm til mikrokontrolleren. Avstanden ble lest ut fra serial monitor i arduino interface.

Faktisk avstand (cm)	Målt avstand (cm)	Avvik (cm)
<b>10</b>	10	0
<b>30</b>	30	0
<b>60</b>	59	-1
<b>100</b>	98	-1
<b>150</b>	148	-2
<b>200</b>	196	-4
<b>300</b>	295	-5

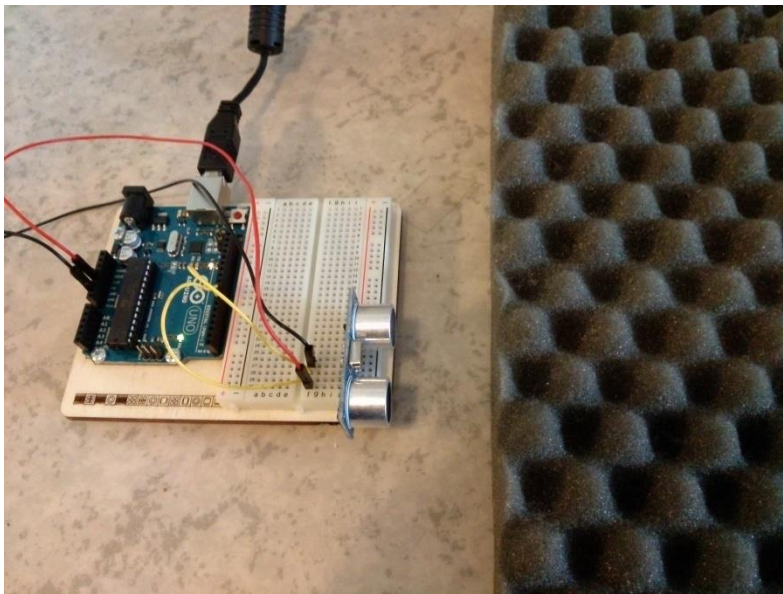
Tabell 3

Tabell 3 viser at avstandsberegningen er forholdsvis nøyaktig, men har en tendens til å vise litt for kort avstand ettersom avstanden øker.

## 7.2 Deteksjonsevne

### 7.2.1 Materialet

Her skal vi teste hvor godt ultralydsensoren evner å detektere gjenstander av ulike materialer og størrelse. Først vil vi prøve ut en skumgummimatte. Skumgummi har høy absorpsjonsfaktor, dvs. den reflekterer lydbølgene i liten grad og kan derfor regnes som ”worst case scenario”. Skumgummimatten er kvadratisk og har målene 25X25 cm. Figur 6 viser mikrokontrolleren med sensor og skumgummimatten.



Figur 4: Test av deteksjonsevnen

Testen viste at sensoren ikke evnet å detektere skumgummimatten uansett avstand. Skumgummi matten ble byttet ut med en vanlig bomullsgenser for å simulere deteksjon av mennesker. Denne testen viste at sensoren ikke hadde noe problem med deteksjonen opp til en avstand av ca 2,5 m. Avstandmålingen var faktisk ganske nøyaktig uten at det egentlig er av betydning da denne sensoren kun er men for å detektere om det finnes en gjenstand foran roboten. Mer bekymringsverdig var det at ultralydsensoren ikke klarte å detektere skumgummimatten. Selv om dette er et ganske spesielt tilfelle har en ingen garanti for at roboten en gang støter på noe som er lagd av lignene materiale.

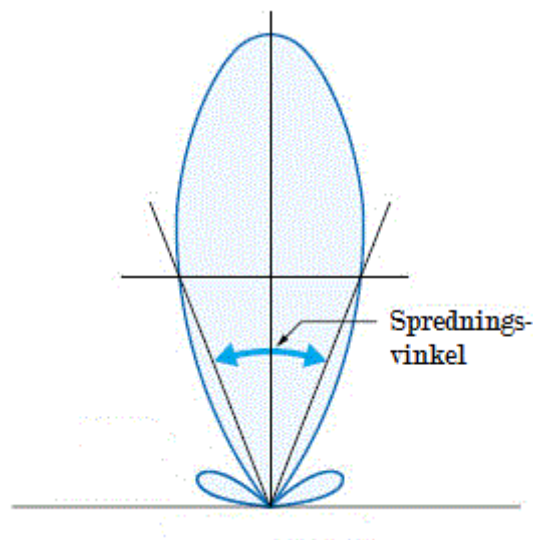
### 7.2.2 Vinkel

Får å finne ut hvordan vinkelen på gjenstandens overflate i forhold til sensoren har betydning for deteksjonsevnen, ble det gjort en test der sensoren ble rettet mot en jevn overflate. Flaten ble først stillt vinkelrett på sensoren, så dreid helt til sensoren sluttet å gi riktig avstandsmåling.

Testen viste at ultralydsensoren evnet å detektere gjenstander selv om gjenstandens overflatevinkel var langt fra vinkelrett i forhold til sensoren. En skulle kanskje tro at lydbølgene ikke ville bli reflektert tilbake, men testen viste faktisk at nesten uavhengig av vinkel klarte sensoren gi avstandsmåling. Gjenstandens overflate har her selvfølgelig noe betydning. En ruglete overflate vil i mye større grad enn f.eks en glassflate returnere løydbølger i alle retninger. Testen ble gjort mot en vanlig bordflate som stort sett er jevnere enn akutte gjenstander for deteksjon.

### 7.3 Spredningskarakteristikk

For sensorene som skal detektere gjenstander er det viktig å finne ut hvilket område sensoren dekker. En ultralydsensor har et karakteristisk spredningsmønster og figur 5 viser et typisk mønster.



Figur 5: Spredningskarakteristikk

For at deteksjon av gjenstander skal fungere tilfredsstillende er det viktig at hele robotens bredde dekkes utralydsensorene. Roboten skal være 60 cm. og vi er derfor kanskje avhengig av å bruke flere fremadrettede sensorer for å dekke hele robotens bredde.

Testen ble gjort ved å måle 20 cm fra ultralydsensoren, og føre en gjenstand inn fra begge sider vinkelrett på sensoren. Så snart sensoren begynte å registrere gjenstand ble avstanden fra gjenstanden til normalen på sensoren målt.

Det vil alltid være en fare for feilmåling og det ble derfor gjort fem målinger. Tabel 4 viser resultatene.

Måling nr.	Lobebredde ved 20 cm
1	11.00 cm
2	10.30 cm
3	10.40 cm
4	10.10 cm
5	10.90 cm
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>10.54 cm</b>

Tabell 4

Testen viste at lobebredden hadde et gjennomsnitt på ca 10.5 cm ved en avstand på 20 cm. Det er noe bekymringsverdig i forhold til at roboten skal ha en bredde på 60 cm. Det betyr at vi må bruke hele seks sensorer bare til gjenstandsdeteksjon. Et alternativ kan være å forandre kravet om avstand for deteksjon til 30 cm. Her er loben mye bredere og en trenger ikke likemange sensorer. Tabell 5 viser resultatene ved 30 cm.

Måling nr.	Lobebredde ved 30 cm
1	19.50 cm
2	19.40 cm
3	20.30 cm
4	19.80 cm
5	20.10 cm
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>19.82 cm</b>

Tabell 5

Tabell 5 viser at lobebredden dobles når avstanden til sensoren økes fra 20 cm til 30 cm.

## 8. Konklusjon

Vi har sett hvordan en ultralyd-sensor virker og hvordan den kan brukes til å måle avstand og detektere gjenstander. Avstandsmålingene viser lite avvik og kan fint brukes opp til tre meter hvis kravene til nøyaktighet ikke er for store. Deteksjonsevnen viste seg også å være tilfredsstillende. Myke gjenstander som klesplagg og lignende ble detektert uten problemer. At ultralydsensoren ikke evnet å detektere skummgummimatten kan være et problem, men under alle normale omstendigheter fungerer deteksjonen tilfredsstillende.

Når det gjelder meteorologiske forhold kan vi konkludere med at det er av liten interesse for våres prosjekt da roboten kun skal brukes innendørs der en kan regne med at temperatur, trykk og luftfuktighet er forholdsvis konstant

En gjenstands overflatevinkel i forhold til ultralydsensoren viste seg å være av liten betydning. Den delen av gjenstanden som ligger nærmest sensoren er den som blir målt.

Gjennom å teste lobebredden ved forskjellige avstander har det blitt vist hvordan lobebredden øker med avstanden til sensoren. Ut fra disse resultatene er det mulig å avgjøre hvor mange sensorer som trengs for å dekke hele roboten bredde.

## 9. Referanser

- [1] Arduino Basics, <http://arduinoasics.blogspot.no/2012/11/arduinoasics-hc-sr04-ultrasonic-sensor.html>
- [2] Trollmaker.com, <http://trollmaker.com/article3/arduino-and-hc-sr04-ultrasonic-sensor>
- [3] Monterey, *Mobile Robot Navigation In Narrow Aisles With Ultrasonic Sensors*, California, February 5-10, 1995.
- [4] Wikipedia, *Ultrasound*, <http://en.wikipedia.org/wiki/Ultrasound>
- [5] A. Karambakhsh, M. Yousefi Azar Khanian , M. R. Meybodi, A. Fakharian, *Robot Navigation Algorithm to Wall Following Using Fuzzy Kalman Filter*, Santiago Chile, December 19-21, 2011



# Konseptdokument utviklingsrunde 1

---

V 1.0



## SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*

## Innholdsfortegnelse

V 1.0.....	2
Dokument historie .....	4
Forkortelser .....	5
1. Innledning .....	6
2. Mål for utviklingsrunden .....	7
3. Krav som skal oppfylles i denne utviklingsrunden .....	8
3.1 <i>Styresystem</i> .....	8
3.2 <i>Chassis</i> .....	8
Krav som vi valgte å fokusere på i første utviklingsrunde av chassis:.....	8
4. Ideer og førsteutkast .....	9
4.1 <i>Styresystem</i> .....	9
4.2 <i>Chassis</i> .....	10
<i>Bilde 1 1.Utkast av Chassis</i> .....	10
5. Resultat.....	11
5.1 <i>Styresystem</i> .....	11
5.2 <i>Chassis</i> .....	13
<i>Bilde 2 1.Utkast av Chassis fra SW.</i> .....	13
6. Forbedringer og tiltak.....	14
6.1 <i>Styresystem</i> .....	14
6.2 <i>Chassis</i> .....	14
7. Referanser.....	15

## Dokument historie

Version	Dato	Endringer	Utført av
0.1	02.05.13	Opprettet dokument	AL
0.2	10.05.13	Lagt til tekst punkt 1,2,3 og 5. Satt inn bilder	AL
0.3	12.05.13	Lagt til tekst 3.1, 4.1, 5.1, 6.1	AS
1.0	25.05.13	Frigjort for godkjenning	AL/AS

Tabell 1

## Forkortelser

Forkortelser	Forklaring
SW	Solid Works (3D-modelleringsprogram)
FEM	Finite element analysis
AL	Anders Lindheim
AS	Ali Sediqi

Tabell 2.

## 1. Innledning

Hensikten med dette dokumentet er å sørge for at resultat fra hver utviklingsrunde for styresystem og chassis blir grundig dokumentert. Varigheten for hver utviklingsrunde er en uke og det skrives egne dokumenter for hver runde.

Før hver utviklingsrunde, starter vi med å diskutere mulige løsninger og mål for utviklingsrunden. Deretter går vi gjennom viktigste kravene som må oppfylles i denne runden. Så tester vi de forskjellige løsningene/førstekast, og velger en løsning som vi kan jobbe videre med.

Til slutt har vi en gjennomgang av resultatet og mulige forbedringer som skal/kan gjøres i neste utviklingsrunde.

## 2. Mål for utviklingsrunden

### 2.1 Styresystem

I denne utviklingsrunden skal vi få roboten til å gå gjennom en sone (korridor) systematisk. I tillegg til det skal vi få roboten til å endre kurs eller stoppe ved trappovergang. Målet er å få gjort dette ved hjelp av enkodere, som teller antall omdreininger. Det vil da hjelpe oss å bestemme hvor langt roboten skal gå før den stopper, eller hvor mange omdreininger hjulene må gå, for å få 90 eller 180 graders sving.

### 2.2 Chassis

Målet for utviklingsrunde 1 var å tegne ferdig et 1 utkast av et chassis i Solid Works. Det var viktig å få på plass dette raskt, slik at det kunne brukes som et utgangspunkt for diskusjon og videre forbedringer.

### 3. Krav som skal oppfylles i denne utviklingsrunden

#### 3.1 Styresystem

- F1 - Roboten skal kunne jobbe seg gjennom en korridor systematisk
- F8 - \*Roboten skal stoppe og endre kurs, for å unngå at den faller ned trapper på Sundvolden hotell
- Snu operasjon ved hjelp av Enkoder

#### 3.2 Chassis

Krav som vi valgte å fokusere på i første utviklingsrunde av chassis:

- Chassis skal ikke skade vegger og dører
- Chassis skal maks være 60 cm i bredde
- Chassis skal maks være 70 cm i lengde

## 4. Ideer og førsteutkast

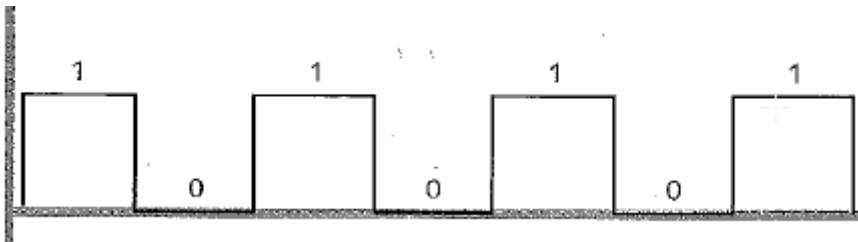
### 4.1 Styresystem

For å få roboten til å holde seg jevnt gjennom en korridor så har vi sensorer som måler kontinuerlig til veggen. Måten vi har tenkt å gjøre, er å måle avstand til veggen også sette den avstanden lik 'avstand2' og måle igjen og se på referansen. Dette skjer hver 50 millisekunder. På den måten vil vi klare å holde en jevn avstand så lenge det er vegger innenfor sensorens rekkevidde.

For å stoppe roboten ved trappovergang, har vi tenkt å bruke en sensor som måler på skrått ned, (ca -45 grader ned). Sensoren vil måle til annen hver tid og har alltid en avstand til bakken, men om bakken plutselig «forsvinner» så må den stoppe og snu eller rygge tilbake for å unngå kjøre ut trappa.

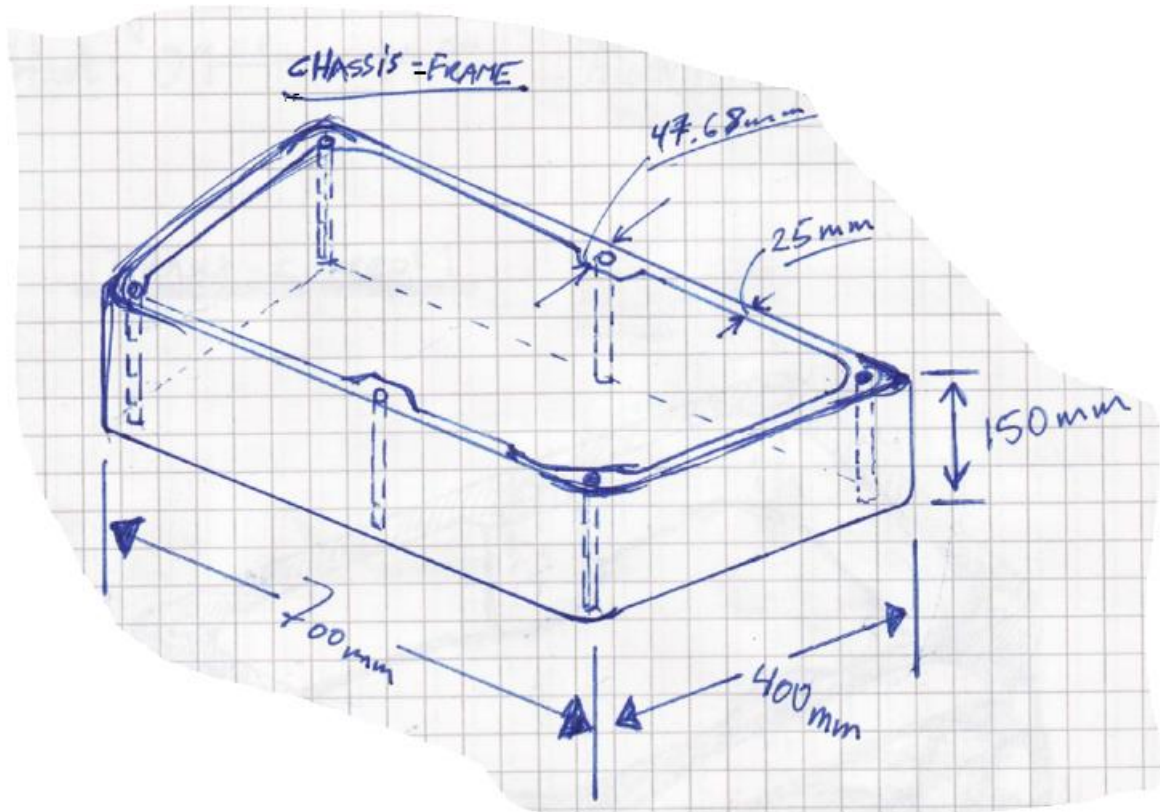
For å klare å svinge i enden av korridoren ønsker vi å bruke enkodere, ved hjelp av enkodere kan vi nøyaktig bestemme hvor mange omdreininger hjulene skal gå.

Bildet under viser signaler fra enkoderen:





## 4.2 Chassis



Bilde 1 1. Utkast av Chassis

## 5. Resultat

### 5.1 Styresystem

Måten vi løste kravet F1( systematisk) på, var å måle til veggen kontinuerlig og styre roboten ved hjelp av referansen etter hver eneste måling. Hvis forrige måling er større enn nye, så skal venste motor få mere spenning og motsatt i hvis den forrige er mindre enn nye. Dette skjer veldig fort, i løpet av 100 millisekunder så har mikrokontrolleren fått referansen og kan styre motorene.

Her er kodene vi har brukt for å få det til.

```

if (distance > distance2) // distance er forrige måling,
    {
    analogWrite(E1, 200); // venste motors spenning ( 200 = 4,7 v, ifh 6 volts
                        spenningskilde)
    analogWrite(E2, 150); // høyre motor ( ca 3,53 volt)
    }
else if(distance < distance2) // motsatt
    {
    analogWrite(E1, 150); // høyre motor får lavere spenning enn høyre
    analogWrite(E2, 200);
    }

distance2 = distance; // så setter vi igjen den nye målinge lik den gamle, slik at vi kan se
                    på nye referansen

```

Kravet F8, ( stoppe ved trappovergang) var ikke vanskelig å programme. En ultralyd sensor peker ned 45 grader, og måler avstand til gulvet til annen hver tid. Hvis gulvet litt lengre fremme «forsvinner», vil roboten stoppe og snu eller rygge.

Koder :

```

if (Trappdistance > 20) // hvis den avstanden er mere enn 20 cm.
    {
    analogWrite(E1, 0);  analogWrite(E2, 0); // begge motorene skal stoppes.
    }

```

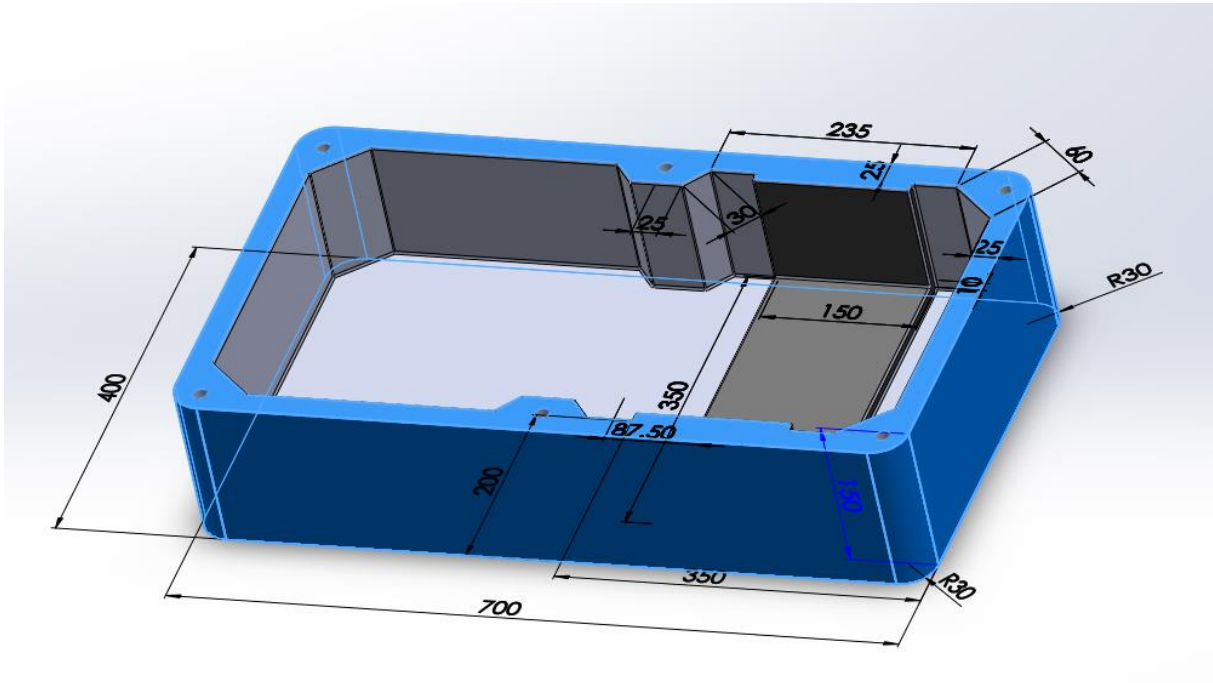
For å få roboten til å snu nøyaktig så mye som vi vil i enden av korridoren eller for å svinge unna hindringer/gjenstander, så skulle vi få enkodere til å telle antall omdreininger og få roboten i riktig spor etter en sving. Vi fikk en del problemer med det, fordi enkoderne vi hadde kjøpt ikke er nøyaktige nok til det. Vi får dem til å telle men dem hopper over noen ganger og blir problematisk å svinge, for det hender noen ganger roboten svinger for lite eller for mye. Og da blir den ustabil og går en annen vei enn den skal gå.

Det problemet har vi løst ved hjelp av tid. I stedet for å telle antall omdreininger, så bestemmer vi hvor lenge motorene skal ha spenning på, og hvilken motor skal stå stille eller svinge motsatt retning (rundt sin egen akse). På den måten får vi ganske nøyaktig 90 eller 180 graders sving, selv om det tok lengre tid å programmere enn det hadde vært med enkodere.

Her er kodene for enkodere, 'counter' er det som gir oss informasjon.

```
val = digitalRead(Encoder);  
  
    if (val == LOW)  
    {  
        if (dec == 1  
        {  
            counter=counter+1;  
            Serial.println(counter);  
            dec = 0;  
        } }  
        else  
        {  
            dec = 1;  
        }  
    }
```

5.2 Chassis



Bilde 2 1. Utkast av Chassis fra SW.

## 6. Forbedringer og tiltak

### 6.1 Styresystem

Det som er viktig for oss er å klare å svinge roboten ved hjelp av enkodere, for da får vi så nøyaktig sving som mulig, akkurat så mye vi ønsker den skal svinge. Og da er det viktig med en stabil enkoder som gir riktig måling. Enkodere vi har kjøpt er kun for å teste og disse funker men hender at den kan hoppe over et tall og da vil roboten bli ustabil. Viktig at enkodere skal bruke til prototype, må være nøyaktig og stabil.

### 6.2 Chassis

Første utkastet av chassis hadde en lengde på 700mm og en bredde på 400mm. Veggtykkelsen var på minimum 25mm. Vi økte veggtykkelsen i områder der det var lagd hull for bolter. Chassis gulvet hadde en tykkelse på 30 mm.

Vi valgte også å forsterke chassiset i området der vi planla å feste motorer og lage hull til akslinger. Denne forsterkningen (ref. Bilde 1) var 150mm bred og 10 mm tykk.

Tidlig i utviklingsfasen fikk vi råd om å bruke aluminium 1000 –serie som materiale i chassiset. En rask FEM analyse viste at chassiset var kraftig overdimensjonert ved de krefter vi mener det vil bli utsatt for.

I utviklingsrunde 2 vil vi redusere veggtykkelse og kjøre en ny FEM analyse for å se om vi får et resultat som er mer realistisk.

Vi ble også enige om å flytte hjulene «inn» i chassiset. Dette vurderte vi som gunstig fordi med hjul på utsiden av chassis så vil det alltid være fare for at disse kommer borti hindringer som sensorene ikke registrerer. Vi mente også at chassiset ville se bedre ut som følge av denne endringen.

## 7. Referanser

[1] <http://arduino.cc/en/Reference/HomePage>

# Konseptdokument – utviklingsrunde 2

---

V 1.0



# SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*

## Innholdsfortegnelse

V 1.0.....	2
Dokument historie .....	4
Forkortelser .....	5
1. Innledning .....	6
2. Mål for utviklingsrunden .....	7
3. Krav som skal oppfylles i denne utviklingsrunden .....	8
3.1 <i>Styresystem</i> .....	8
3.2 <i>Chassis</i> .....	8
Krav som vi valgte å fokusere på i andre utviklingsrunde: .....	8
4. Ideer og førsteutkast .....	9
4.1 <i>Styresystem</i> .....	9
4.2 <i>Chassis</i> .....	11
<i>Figur 1. 2.Utkast av chassis.</i> .....	11
5. Resultat.....	12
5.1 <i>Styresystem</i> .....	12
5.2 <i>Chassis</i> .....	13
<i>Bilde 5. Resultat utviklingsrunde 2</i> .....	15
6. Forbedringer og tiltak.....	17
6.1 <i>Styresystem</i> .....	17
6.2 <i>Chassis</i> .....	17



## Dokument historie

Version	Dato	Endringer	Utført av
0.1	13.05.13	Opprettet dokument	AL
0.2	14.05.13	Lagt til tekst i punkt 2,3,4,5 og 6	AL
0.3	15.05.13	Lagt til tekst i punkt 2.1, 3.1, 4.1, 5.1, 6.1	AS
0.4	23.05.13	Lagt til tekst, bilder i punkt 5	JN
1.0	26.05.13	Frigjort til godkjenning	AS

Tabell 1

## Forkortelser

Forkortelser	Forklaring
HiBu	Høgskolen i Buskerud
ATEK	Avdeling for teknologi
SW	Solid Works (3D-modelleringsprogram)
FEM	Finite element analysis
AL	Anders Lindheim
AS	Ali Sediqi

Tabell 2.

## 1. Innledning

Hensikten med dette dokumentet er å sørge for at resultat fra hver utviklingsrunde for styresystem og chassis blir grundig dokumentert. Varigheten for hver utviklingsrunde er satt til 1 uke og det skrives egne dokumenter fra hver runde.

I alle utviklingsrapportene går vi først igjennom hvilke mål vi hadde for utviklingsrunden. Videre tar vi for oss kravspesifikasjonen og hvilke krav som skal løses/oppfylles. Deretter vil ideer og førsteutkast bli presentert. Så følger en gjennomgang av resultatene, før dokumentet avsluttes med en vurdering av hvilke forbedringer og tiltak som må gjøres med produktet i neste utviklingsrunde.

## 2. Mål for utviklingsrunden

### 2.1 Styresystem

Målet for denne runden er å videreutvikle roboten. Den skal fortsatt gå systematisk men samtidig skal den klare å svinge unna hindringer og kjøre videre selv om det er flere tilstøtende korridorer i sonen.

### 2.2 Chassis

Målet for utviklingsrunde 2 var å re-designe/optimalisere chassiset som ble utviklet i runde 1. Hjul skulle flyttes «inn» i chassiset, og veggtykkelser skulle trimmes ned som følge av de tidlige FEM- analysene som viste at chassiset var overdimensjonert.

Vi bestemte oss også for å sette inn motorer og kutte til rom for et front montert støvsugeraggregat. Hensikten med dette var å få litt mer kontroll på hvor mye plass hver enkelt komponent legger beslag på. Vi ville også finne ut om lengde, bredde og høyde-målene vi hadde satt, var realistiske.

### 3. Krav som skal oppfylles i denne utviklingsrunden

#### 3.1 Styresystem

- F2 - Roboten skal forsette i samme retning selv om korridoren (sonen) har flere tilstøtende korridorer.
- F3 – Roboten skal kunne innvike gjenstander i omgivelser

#### 3.2 Chassis

Krav som vi valgte å fokusere på i andre utviklingsrunde:

- Chassis skal være lukket for å hindre at støv slipper inn
- Bredden på aggregatet skal være lik bredden på chassis
- Chassis skal utformes slik at det oppfyller de krav til presisjon som styringssystemet krever.
- Chassis skal utformes/designes slik at det overføres minimalt med vibrasjoner i hele systemet.

## 4. Ideer og førsteutkast

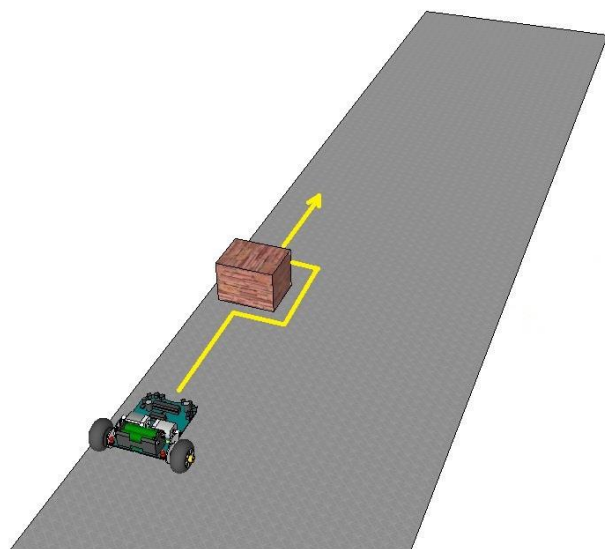
### 4.1 Styresystem

F2 - For å få roboten til å forsette videre i samme retning selv om korridoren (sonen) har flere tilstøtende korridorer, må roboten ha informasjon fra begge sidene. Måten vi har tenkt å løse problemet på, er å måle avstand til høyre og venstre vegg, og gå ut ifra referansen. Roboten registrerer endring fra begge siden før den kan snu eller endre retning.

Tidligere, når vi skulle få roboten til å gå systematisk, hadde vi kun brukt informasjon kun fra ene veggen (venstre). Da hadde vi vegger på begge sider og roboten målte avstand til venstre veggen ved første runden, og høyre på vei tilbake etter å ha snudd 180 grader i enden av korridoren.

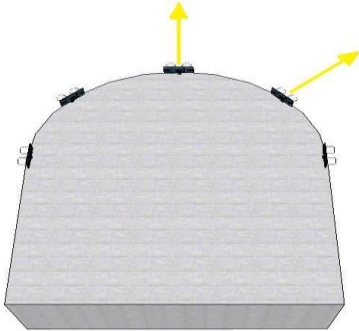
Grunnen til at vi ikke kan bruke det videre, er fordi hvis vi måler til en vegg og den veggen «forsvinner» plutselig, så har ikke roboten noe informasjon å forholde seg til. Da vil den bli ustabil og endre retning.

F3 - Tidligere har vi brukt 'interrupt' rutiner for å endre retning på roboten og for snuoperasjoner. Men for å unngå gjenstander, må roboten måle avstanden til gjenstanden. F.eks hvis roboten finner ut at det er gjenstand foran den, så vil den måle avstand til høyre og venstre vegg og bestemme hvilken vei den skal svinge, hvis den svinger til høyre, så kjører den. For å finne ut om det er vegg eller gjenstand, må roboten måle til venstre side, er det 'kort' avstand? Vil den konkludere at det er en vegg, men hvis den avstanden er mere enn en viss lengde så må den svinge til venstre og måle igjen avstanden til gjenstanden helt til gjenstanden er passert. Etter det så vil den svinge tilbake på samme spor og forsette.



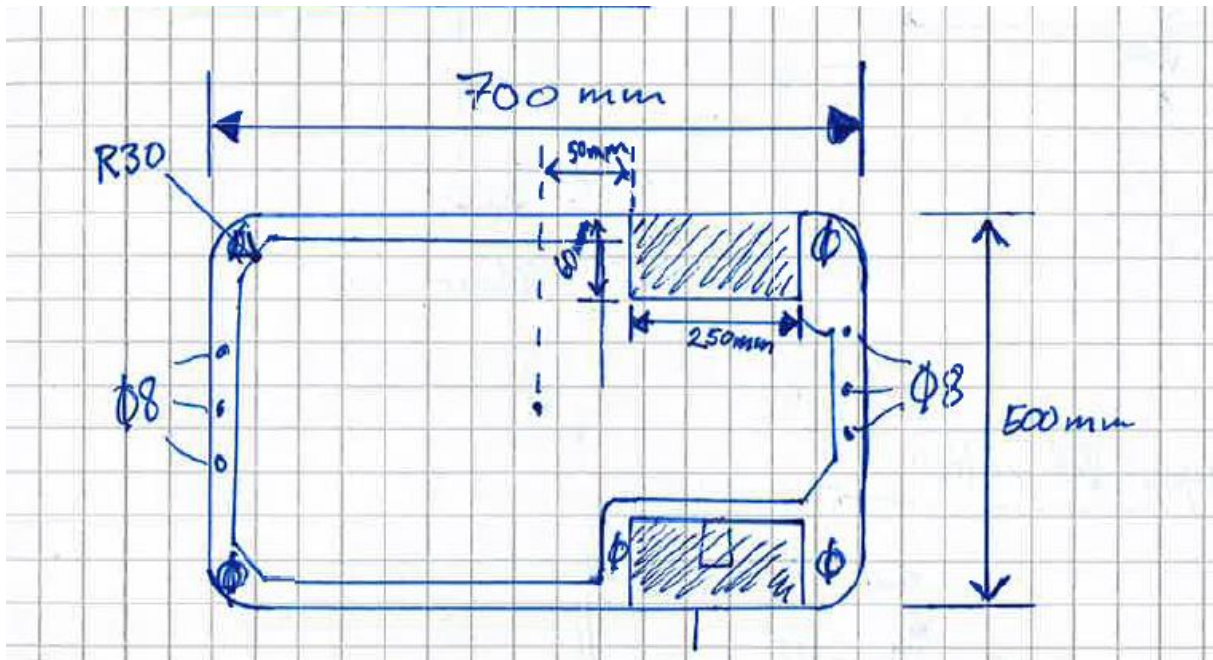
Figur 1: Viser hvordan vi har tenkt å løse F3

En annen ide er å ha med en ekstra sensor montert på høyre siden av roboten som måler 45 grader foran. Hvis det er en gjenstand så vil den sensoren måle en lengre avstand enn om det hadde vært vegg, på den måten kan vi få roboten til å skille mellom vegg og gjenstand. Men siden roboten 50 cm bred, så ville den fungere bare hvis den gjenstanden er 50 cm eller mindre. Hvis gjenstander er breddere enn 50 cm, så vil roboten registrere det som vegg foran.



*Figur 2: Viser hvordan vi kan skille mellom vegg og hindring*

## 4.2 Chassis



Figur 3: 2.Utkast av chassis.



## 5. Resultat

### 5.1 Styresystem

F2 - For at roboten skulle forsette videre i samme retning selv om sonen (korridoren) har flere tilstøtende soner, brukte vi to sensorer, høyre og venstre side. Ut ifra referansen, fikk vi endring i retningen.

Her er kodene vi har brukt for å få det til.

```

if (distance > distance2 && distance3>distance4) // distance er forrige måling,
    {
        analogWrite(E1, 200); // venste motors spenning ( 200 = 4,7 v, ifh 6 volts
                               spenningskilde)
        analogWrite(E2, 150); // høyre motor ( ca 3,53 volt)
    }
else if(distance < distance2 && distance4>distance3) // motsatt
    {
        analogWrite(E1, 150); // høyre motor får lavere spenning enn høyre
        analogWrite(E2, 200);
    }
distance2 = distance; distance4=distance3

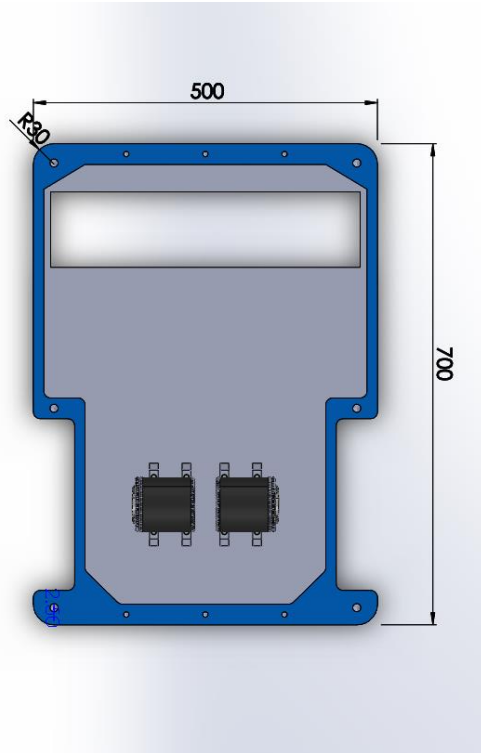
```

// så setter vi igjen den nye målinge lik den gamle, slik at vi kan se på nye referansen

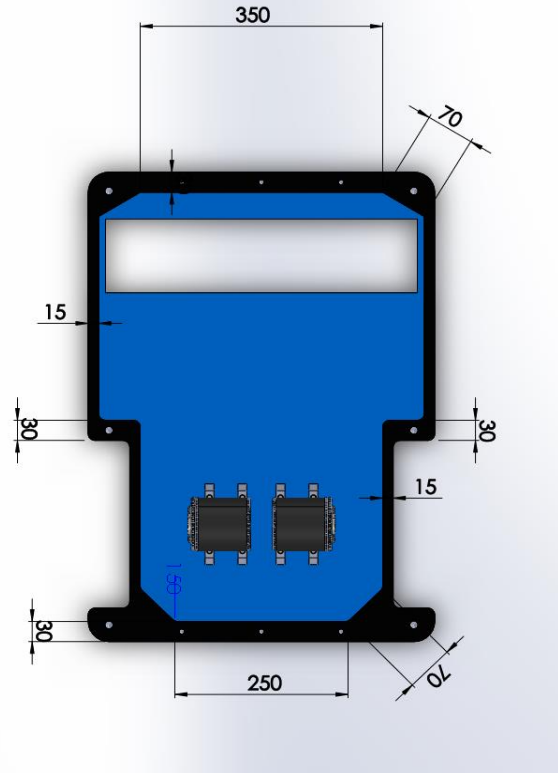
Vi måler sensor med høyre sensor (distance), og venstre siden er distance3. På den måten får vi målt avstand på begge sider og selv om ene siden blir plutselig mye lenger, så vil det ikke påvirke robotens retning.

F3 - For å få roboten til svinge unna gjenstander og skille mellom vegg og gjenstand, viste seg til å være vanskelig. Vi har prøvd flere metoder for å løse problemet, men har ikke klart å løse det i løpet av denne utviklingsrunden (uke 18). Grunnen til at det ikke lar seg gjøre, er unøyaktigheter i systemet som gjør at roboten kræsjer i gjenstanden, eller ikke klarer å skille mellom hindring og vegg.

## 5.2 Chassis



Figur 4. Utvendige mål av chassis



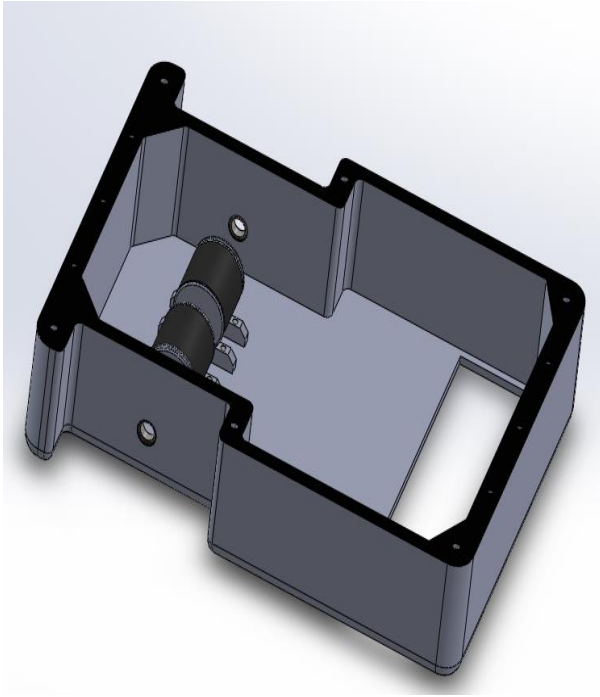
Figur 5. Innvendige mål av chassis

I denne utviklingsrunden gjorde vi endringer slik at plasseringen av hjul gikk parallelt med chassis (ref. figur 4). Endringen vurderte vi som gunstig, da vi med denne endringen unngår risikoen for at hjul støter bort hindringer som sensorene for styresystemet ikke tar hensyn til. Dette problemet kan oppstå fordi det oppstår en «dødsone» når hjul og sensorer ikke er plassert parallelt.

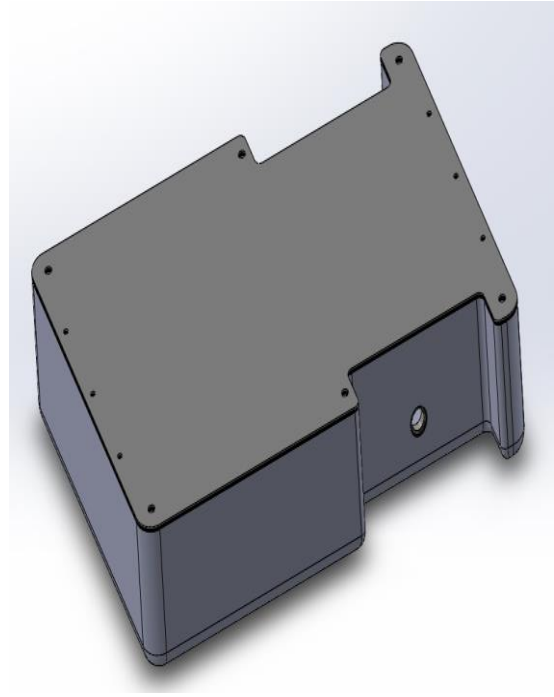
Vi reduserte også minimum veggtykkelse for chassis på grunn av FEM- analysen som ble foretatt i utviklingsrunde 1. Minimum veggtykkelse ble redusert fra 25mm til 15 mm. Tykkelsen av chassis-gulvet ble også redusert, fra 30mm til 10mm.

Vi valgte å beholde den utvendige lengden til som var satt til 700mm.

Endringen som ble gjort ifm. ny plassering av hjul, førte til mindre innvendig plass i dette området. Dette gjorde at vi valgte å endre utvendig bredde av chassis fra 400mm til 500mm. Dette var nødvendig for å få nok plass til to motorer og nødvendige tannhjul som skulle sørge for rett utveksling.

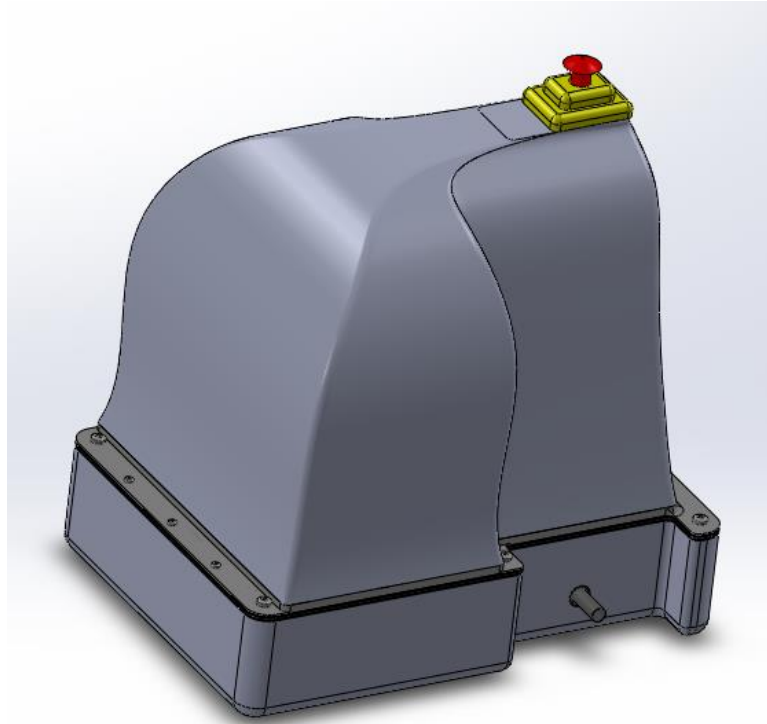


*Figur 6. Chassis med gummipakning*



*Figur 7. Chassis med lokk.*

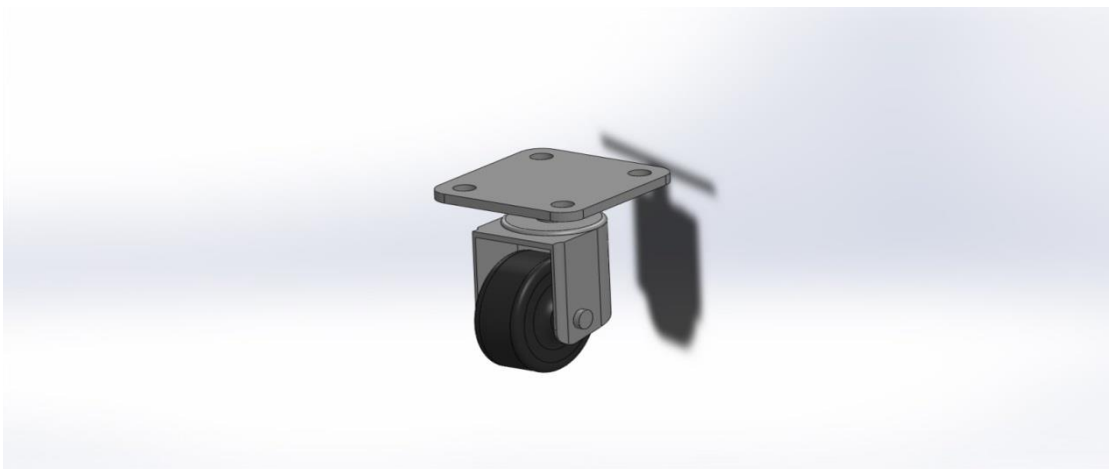
I et forsøk på å redusere vibrasjoner, valgte vi å legge en gummipakning mellom lokk og chassis (ref. figur 6). Et enkelt lokk (ref. figur 7) sørger for at kravet om at chassis skal være lukket, er oppfylt.



Figur 8. Resultat utviklingsrunde 2

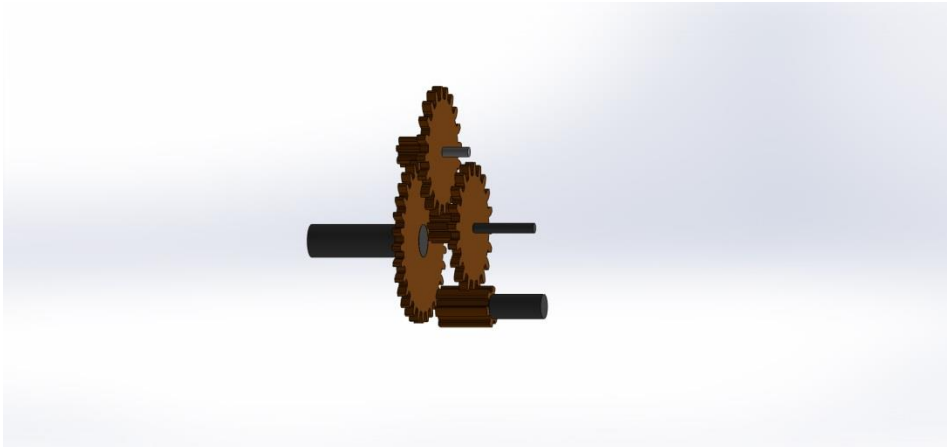
Vi valgte også å tegne en øvre del/deksel for å få et mer komplett bilde av hvordan chassiset vil kunne se ut hvis prosjektet en gang blir realisert.

I tillegg har vi endret en del på drivhjulene og løpehjulene. Vi ble enige om at første utkast av drivhjula var for stor i diameter og for tykk i bredden. Vi reduserte bredden på hjula fordi en av kravene til kunden er at hjula ikk skal stikke ut av chassis. Grunn til dette er at roboten skal være stand å kjøre inntil veggen så tett som mulig.



Figur 9. løpehjul

I denne runden ble også et tannhjulsystem designet. I første omgang var vi litt usikre på hvordan tanhjul-oppsettet skulle bli, men vi fort kom fram til en løsning



*Figur 10. tannhjulsystem.*

## 6. Forbedringer og tiltak

### 6.1 Styresystem

For å oppfylle krav F3, må vi programmere og teste videre. Det er unøyaktigheter i systemet som forårsaker kollisjon og ustabilitet. Målingene fra sensorene gjør at vi får unøyaktigheter.

Vi må programmere videre og teste med forskjellige løsninger, for å klare å skille mellom vegg og gjenstand, eventuelt få hjelp til å programmere.

### 6.2 Chassis

Etter at vi internt i gruppa hadde diskutert resultatet av utviklingsrunden, bestemte vi oss for følgende endringer/ forbedringer i neste utviklingsrunde:

Vi ble enige om å finne en annen festeanordning i front av chassiset. Målet for 3 utviklingsrunde var å skjule de 5 boltene som sitter i fronten. Dette vil gi et mer strømlinjeformet design, siden lokk/deksel og chassis vil få en jevnere overgang.

Vi bestemte oss også for å legge til flere detaljer. Et forslag til støvsugeraggregat og montering av dette skulle tegnes. I tillegg skulle drivaksler, tannhjul og drivhjul/føre hjul også tegnes og monteres til chassiset.

# Konseptdokument – utviklingsrunde 3

---

V 1.0



## SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*

## Innholdsfortegnelse

V 1.0 .....	2
Dokument historie .....	4
Forkortelser .....	5
1. Innledning .....	6
2. Mål for utviklingsrunden .....	7
3. Krav som skal oppfylles i denne utviklingsrunden .....	9
3.1 <i>Styresystem</i> .....	9
3.2 <i>Chassis</i> .....	9
4. Ideer og førsteutkast .....	10
4.1 <i>Styresystem</i> .....	10
4.2 <i>Chassis</i> .....	10
5. Resultat .....	12
5.1 <i>Styresystem</i> .....	12
5.2 <i>Chassis</i> .....	12
6. Forbedringer og tiltak .....	15
6.1 <i>Styresystem</i> .....	15
7. Referanser.....	16



## Dokument historie

Version	Dato	Endringer	Utført av
0.1	17.05.13	Lagt til bilder og tekst punkt	AL
0.2	19.05.13	Lagt til tekst punkt 2.1, 3.1, 4.1, 5.1, 6.1	AS
0.3	26.05.13	Lagt til bilder og tekst i punkt 5	AL
1.0	26.05.13	Frigjort for godkjenning	AL

Tabell 1

## Forkortelser

Forkortelser	Forklaring
HiBu	Høgskolen i Buskerud
ATEK	Avdeling for teknologi
SW	Solid Works (3D-modelleringsprogram)
FEM	Finite element analysis
AL	Anders Lindheim
AS	Ali Sediqi

Tabell 2.

## 1. Innledning

Hensikten med dette dokumentet er å sørge for at resultat fra hver utviklingsrunde for styresystem og chassis blir grundig dokumentert. Varigheten for hver utviklingsrunde er satt til 1 uke og det skrives egne dokumenter fra hver runde.

I alle utviklingsrapportene går vi først igjennom hvilke mål vi hadde for utviklingsrunden. Videre tar vi for oss kravspesifikasjonen og hvilke krav som skal løses/oppfylles. Deretter vil ideer og førsteutkast bli presentert. Så følger en gjennomgang av resultatene, før dokumentet avsluttes med en vurdering av hvilke forbedringer og tiltak som må gjøres med produktet i neste utviklingsrunde.

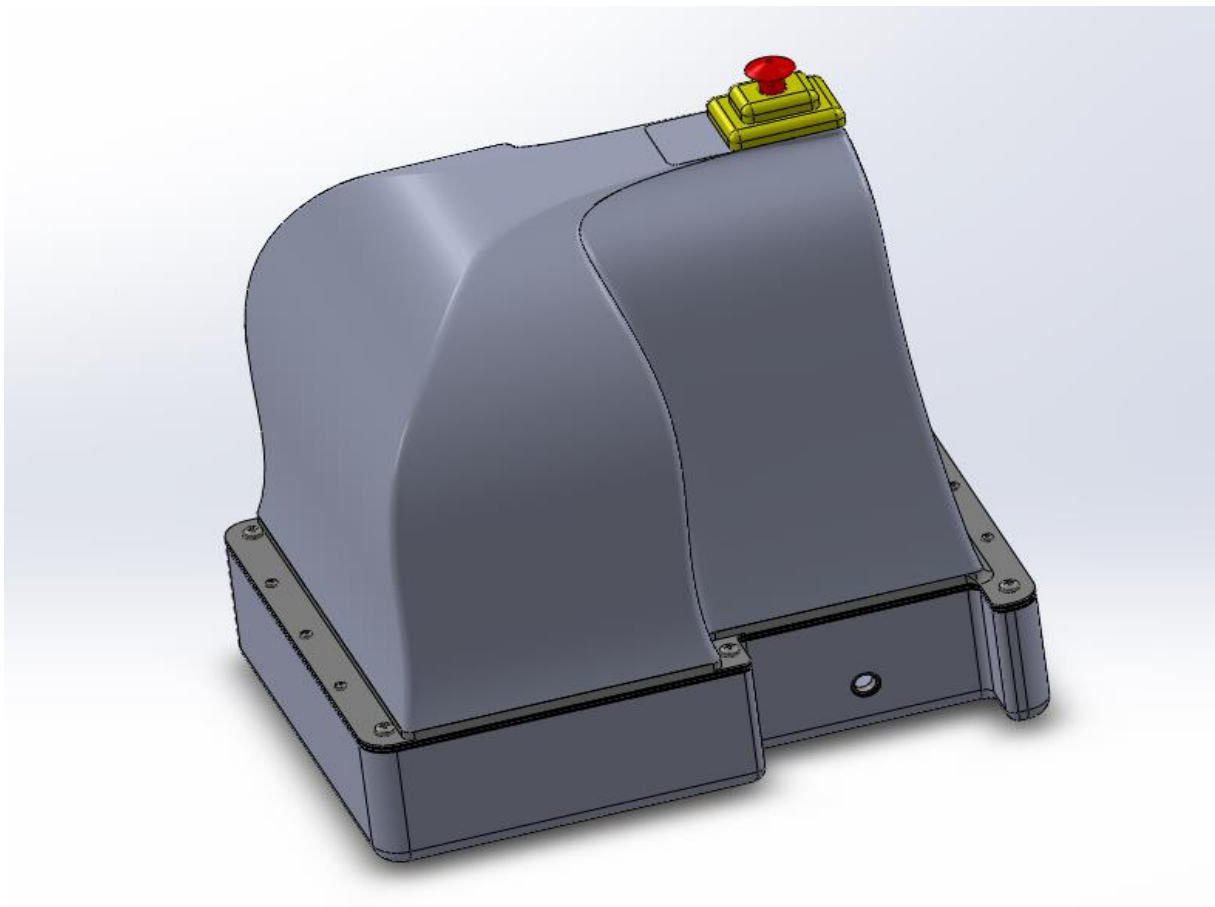
## 2. Mål for utviklingsrunden

### 2.1 Styresystem

Målet for utviklingsrunde 3 for styresystemet blir å jobbe videre med F3 kravet. Det kravet må oppfylles for at vi skal kunne gå videre. Videre skal vi få roboten til komme tilbake på samme spor etter at den har passert hindring/gjenstand. For å få dette til, må F3 kravet oppfylles. Videre i denne utviklingsrunden skal vi få roboten til å runde hjørner, slik at minst utelates.

### 2.2 Chassis

Mål for utviklingsrunde 3 av chassis var å lage en ny løsning på hvordan lokket, som sørger for at chassiset er lukket, skulle festes. Vi ønsket å skjule de 5 boltene (Bilde 1) som var plassert i fronten av chassiset. Vi vurderte denne endringen som nødvendig for å få et mer strømlinjeformet og penere design.



Bilde 1. 2 utkast av chassis fra utviklingsrunde 2.

Flere detaljer skulle også legges til i denne utviklingsrunden. Et forslag til støvsugeraggregat og hvordan dette kunne monteres og plasseres i chassiset, skulle også tegnes.

Videre så skulle hjul, drev og akslinger settes på plass. Poenget med dette var å få en oversikt over hvor mye plass hver enkelt komponent trenger, og om chassiset rommer alle disse komponentene med de målene vi har satt.

### 3. Krav som skal oppfylles i denne utviklingsrunden

#### 3.1 Styresystem

F3 - Få roboten til å svinge unna hindringer

F4 - Tilbake på samme spor etter å ha passert hindringen

F9 - Roboten skal runde hjørner uten at noe utelates

#### 3.2 Chassis

Krav som vi valgte å fokusere på i denne utviklingsrunden av chassis:

F 21 - Chassis skal bygges/utformes slik at moduler (Tank, støvsugersystem osv.) lett kan ettermonteres

F 22 - Chassis skal kunne bevege seg over dørstokker/lister

C 20 - Bevegelige deler skal beskyttes/kapsles inn

C 23 - Chassis skal benytte seg av tannhjulsdrift for riktig kraftoverføring fra motor

## 4. Ideer og førsteutkast

### 4.1 Styresystem

Ideer for å få roboten til å svinge unna hindringer er beskrevet i utviklingsrunde 2, siden dette kravet skulle vært oppfylt forrige uken.

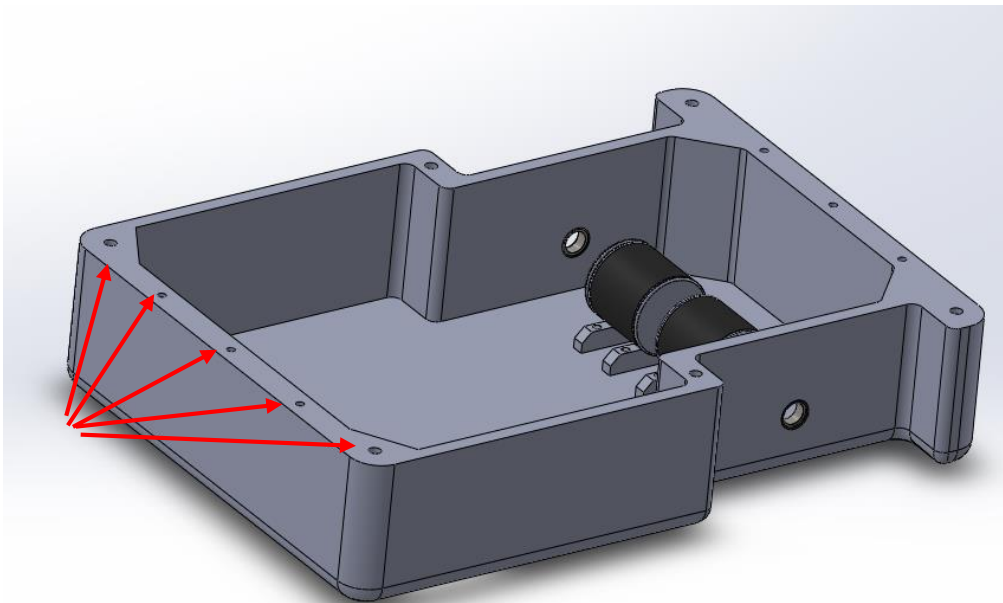
Men for å få roboten til å komme tilbake på samme spor og forsette i samme retning etter å ha passert en hindring, ønsker vi å bruke sensorene som vi har på sidene av roboten. Roboten må 'skjønne' at gjenstanden er passert og at den kan svinge tilbake på plass og forsette prosessen.

Det siste A-kravet som må oppfylles er F9, der roboten skal runde hjørner. Det vil si når støvsuger aggregatet er montert, så må styresystemet bevege seg jevnt gjennom svingen. Dette vil gjelde når roboten skal fra den ene sone over til sone 2.

### 4.2 Chassis

Før vi satt i gang med 3D-modellering i SW, brukte vi litt tid på å tenke igjennom gode løsninger for en ny festeanordning i front av chassiset. Den nye løsningen måtte sørge for at lokk og tank var like godt festet, samtidig så måtte løsningen fungere i praksis. Et viktig poeng her, var at det skulle være mulig å montere valgt løsning på en fornuftig måte.

En tidlig ide vi hadde, var å la lokket/tank følge de ytre kantene til chassiset, og montere skruer fra undersiden av chassiset (Bilde 2).

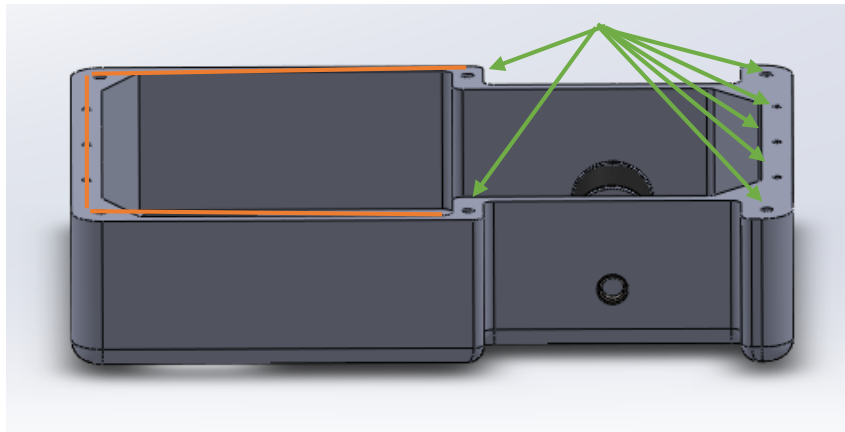


Bilde 2. Røde piler viser en mulig plassering av bolter.

Vi valgte bort denne løsningen, da vi vurderte det som uheldig at boltene ble stående mot gulvet. Risikoen for at de løsner og skrur seg ut, som følge av vibrasjoner ble avgjørende for at vi ikke gikk for denne løsningen.

En annen løsning vi vurderte, var å beholde plasseringen av boltene, og la ytterkant av chassis og lokk/tank gå kant i kant. For at dette skulle fungere, var vi avhengig av at lokk/tank skulle ha en dør som gjorde det mulig å komme til fra innsiden ved montering. Vi valgte ganske raskt bort denne løsningen også, da den la for mange føringer ift. lokk/tank og utforming av denne.

Ideen/løsningen vi valgte å gå for, var å lage en langsgående kant i forkant og på sidene av chassiset (ref. Bilde 3), som gjorde at lokk/tank fulgte dette sporet og var dermed «låst» når dette var i rett posisjon med bolter som er plassert foran hjulene og bak på chassiset (ref. Bilde 3).



Bilde 3.



## 5. Resultat

### 5.1 Styresystem

Ved å bruke en ekstra sensor foran roboten, har vi fått den til å skille mellom vegg og en hindring. På den måten vil roboten klare å svinge unna om det er en hindring i veien, eller bare snu hvis det er en vegg. Men om hindringen er lengre enn 50 cm, altså lengre enn bredden på roboten, så vil den tro at det er en vegg og vil snu tilbake.

Om hindringen er over 50 cm bred, så er det en fordel at roboten tenker det er en vegg og snur tilbake, på den måten vil minst mulig område utelates.

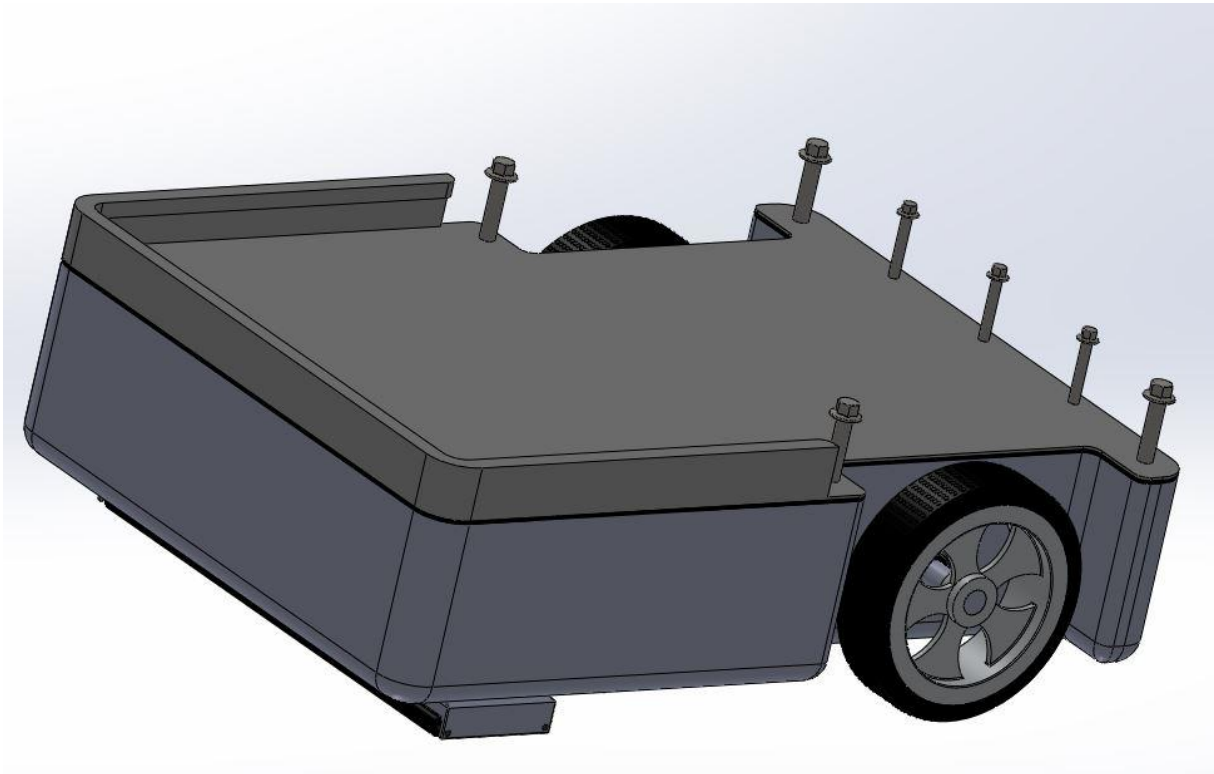
Det den gjør når det er en hindring, er å svinge til høyre/venstre og måle avstand til hindringen. Om den avstanden blir mye lenger plutselig, så vil den fortsette litt videre og deretter snu tilbake på det samme spor den var i før hindringen. Dette gjør den for å unngå kollisjon ved sving med hindringen.

Med denne løsningen dekker vi F4 – kravet (tilbake på samme spor etter å ha passert hindringen).

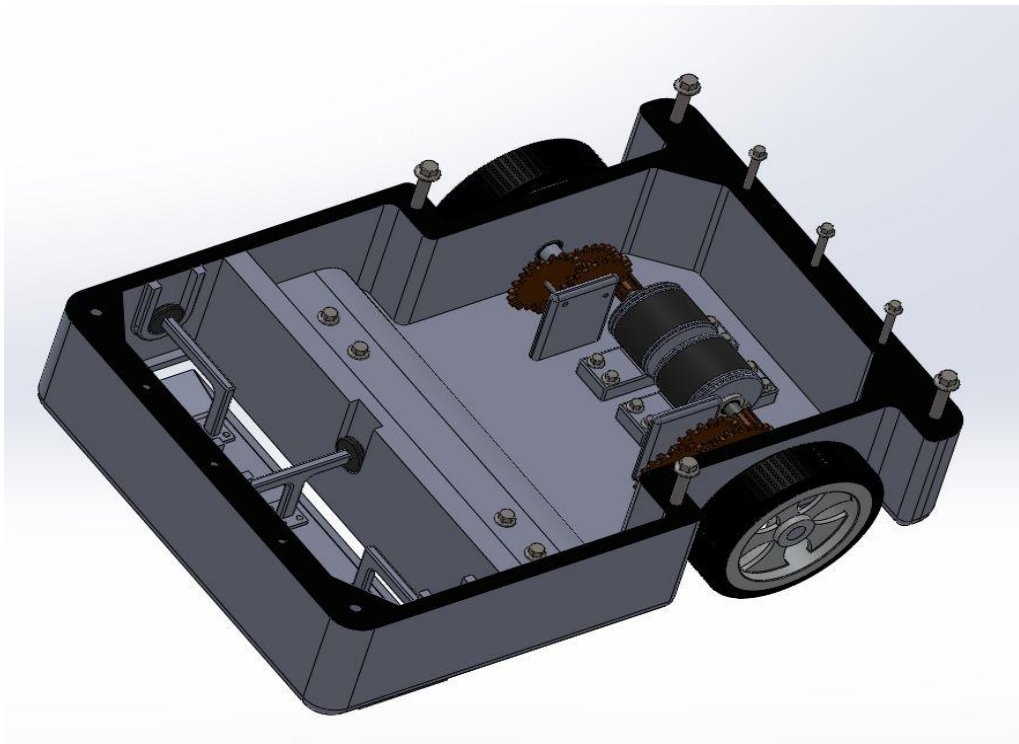
Det er en del stabilitets problemer pga. unøyaktige målinger. Sensorene kan plutselig motta ekko fra en annen sensor, som gjør at systemet får feil avstand og blir ustabil.

Når det gjelder å runde hjørner, så er systemet laget slik at den følger veggen jevnt. Når roboten skal bevege seg fra en sone til en annen, og det er avrundet hjørnet mellom disse sonene, så vil roboten jevnt runde hjørnet.

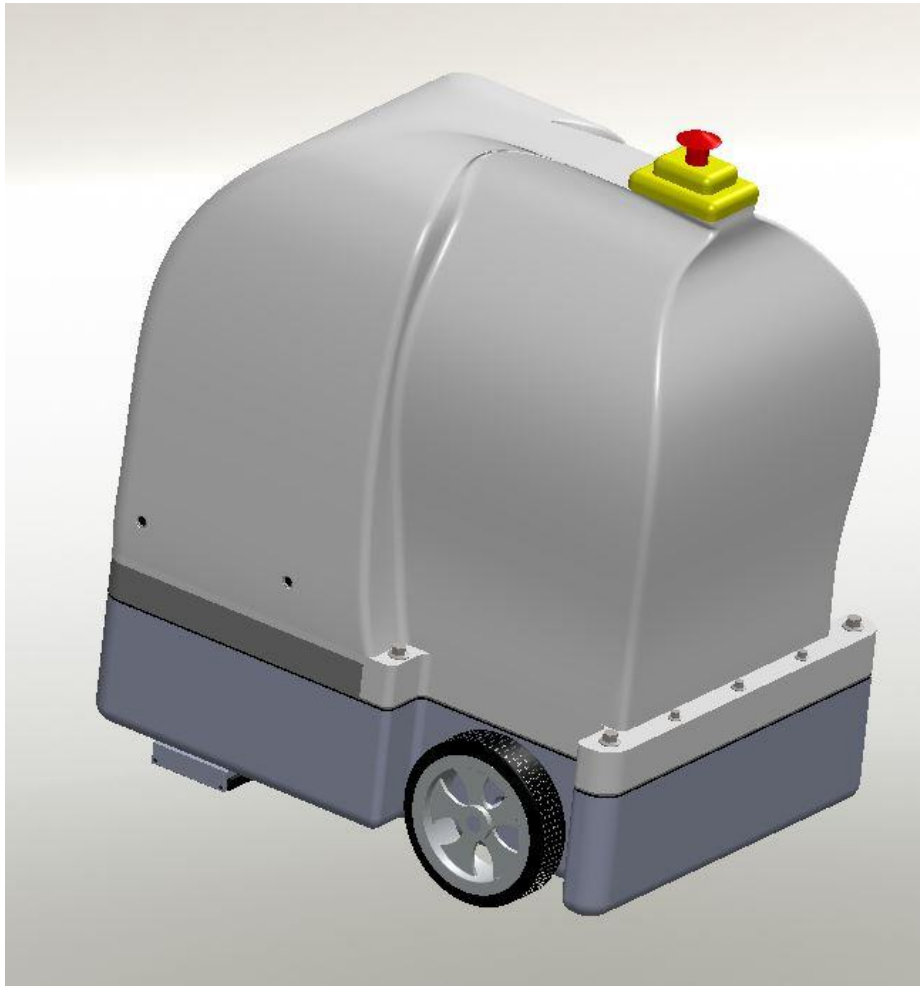
### 5.2 Chassis



Bilde 4. Resultat etter redesign av lokk.



Bilde 5. Chassis med frontmontert aggregat, hjul, tannhjuldrift og motorer.



*Bilde 6. Endelig resultat etter 3 utviklingsrunder.*

## 6. Forbedringer og tiltak

### 6.1 Styresystem

Forbedringer kunne vært å bruke forskjellige sensorer f.eks IR-sensorer og Ultralyd sensorer til avstandsberegning. På den måten ville vi unngå å få feilmålinger. Siden vi nå bare benytter ultralyd sensorer, så kan disse motta hverandres ekko, som gjør at system får feil informasjon.

Map-building kan være en alternativ løsning for slike utfordringer vi har møtt på, der roboten lager et kart av omgivelsene og følger denne ruten. Vi syns en blanding av både sensorer og map-building kan gi det beste resultatet.

## 7. Referanser

- [1] <http://arduino.cc/en/Reference/HomePage>
- [2] <http://robot.cc/papers/haehnel.em-dynamic-icra03.pdf>

# Økonomi og effektivitet

---

V 1.0



## SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*

## Innholdsfortegnelse

V 1.0.....	2
Dokument historie .....	4
Forkortelser .....	5
1. Innledning .....	6
2. Effektivitet .....	7
3. Regnskap.....	9
4.1 <i>Kostnader ifm. utvikling av styresystem</i> .....	9
4.2 <i>Administrative kostnader</i> .....	10
4.3 <i>Totale kostnader</i> .....	10
4. Budsjett for 3 presentasjon.....	11

## Dokument historie

Versjon	Dato	Endringer	Utført av
0.1	23.05.2013	Opprettet dokument og lagt til tekst og tabeller i punkt 2 og 3.	AS, AL
0.2	23.05.2013	Lagt til tekst og tabeller i punkt 4	AL
0.3	24.05.2013	Lagt til tekst i punkt 1 og 5	AL
1.0	26.05.2013	Frigjort for godkjenning	AS

Tabell 1.



## Forkortelser

Forkortelser	Forklaring
AS	Ali Sediqi
AL	Anders Lindheim

Tabell 2.

## 1. Innledning

I dette dokumentet legger prosjektgruppen frem sine vurderinger av effektivitet og lønnsomheten til produktet vi har utviklet.

Dokumentet inneholder også et regnskap som viser de utviklingskostnader og administrative kostnader vi har hatt i prosjektperioden.

Til slutt er det satt opp et budsjett for utgifter i forbindelse med presentasjon 3, da dokumentinnlevering skjer før denne aktiviteten.

## 2. Effektivitet

Oppdragsgiverens ønske til effektivitet var at produktet skulle rengjøre ca. 500m<sup>2</sup>/t. Ut ifra dette fikk vi en hastighet på ca 0.3m/s med en bredde på chassis satt til 0.5m.

$$\frac{500m^2/t}{0.5m \times 3600s} = v = \text{hastighet}$$

Med denne hastigheten klarer maskinen å rengjøre ca. 520m<sup>2</sup> i timen. Dette er mulig ved å bruke et batteri som har en kapasitet på 180Ah. Dette batteriet leverer nok strøm til å drive systemet i ca. 4 timer når batteriet er fulladet. Ladetiden på batteriet er ca.8 timer.

I tillegg til dette, er det også mulighet for å drive maskinen manuelt. Selv om sensorene må vevger å forholde seg til, så kan er det muligheter for å slå av alt annet utenom støvsuger systemet, og støvsuge andre fellesarealer manuelt.

Det maskinen klarer å rengjøre totalt i løpet av 4 timer, blir da ca 2080m<sup>2</sup>, før batteriet må lades opp igjen. Dette forutsetter at total vekten på det ferdige produktet ligger under 250 kg.

Produktet vårt ligger på ca 170 kg pr i dag etter et grovt estimat av totalvekten (ref. tabell 3).

<u>Beskrivelse</u>	<u>Antall</u>	<u>Estimert vekt</u>
Batteri	1	60kg
Støvsuger aggregat	1	30kg
Motorer	2	10kg
Chassis	1	30kg
Elektronikk(sensor,mikrokontroller osv)	1	5kg
Innhold full tank	1	25kg
Diverse	x	10kg
<b>Sum:</b>		170kg

Tabell 3.

Estimert pris på prototypen pr i dag

<u>Beskrivelse</u>	<u>Antall</u>	<u>Pris</u>
Batteri	1	10 000kr
Motorer	2	8000kr
Støvsuger aggregat	1	30 000kr
Chassis	1	15 000kr
Elektronikk	1	12 000kr
Lader	1	2 000kr
Tilvirkningskostnad	1	10 000kr
<b>Sum:</b>		87 000kr

Tabell 4.

### 3. Regnskap

Regnskapet viser en oversikt over hvilke kostnader prosjektet har hatt fra perioden som strekker seg fra oppstart i Januar, til innlevering av prosjektet i Mai 2013.

#### 4.1 Kostnader ifm. utvikling av styresystem

<u>Beskrivelse</u>	<u>Antall</u>	<u>Pris</u>	<u>Totalt</u>
Mikrokontroller	1	509kr	509kr
Modell	1	222kr	222kr
Sensorer	8	25	200
Motordriver	1	293kr	293kr
Enkodere og IR- sensor	1	335kr	335kr
USB - inngang	1	70kr	70kr
Batteri	1	69kr	69kr
Lys diode	3	19kr	57kr
Motor	2	82kr	164kr
Kabelsko	1	25kr	25kr
Oppladbare batteri inkl. lader	1	199kr	199kr
Toll og MVA	1	248kr	248kr
<b>Sum:</b>			2391kr

Tabell 5.

## 4.2 Administrative kostnader

<u>Beskrivelse</u>	<u>Antall</u>	<u>Pris</u>	<u>Totalt</u>
Utskrifter ifm. presentasjon 2	208	0,8kr	166kr
Utskrifter ifm. presentasjon 3	1000	0,8kr	800kr
Cd/DVD for innlevering av dokumentasjon	5	10kr	50kr
Perm for innlevering av dokumentasjon	3	31kr	93kr
Innbindingskostnad av 1 dokument	1	75kr	75kr
<b>Sum:</b>			1184kr

Tabell 6.

## 4.3 Totale kostnader

<u>Beskrivelse</u>	<u>Totalt</u>
Kostnader ifm. utvikling av styresystem	2309kr
Administrative kostnader	1184kr
<b>Sum:</b>	3493kr

Tabell 7.

## 4. Budsjett for 3 presentasjon

Tabellen under viser en oppstilling av budsjetterte kostnader ifm. presentasjon 3.

<u>Beskrivelse</u>	<u>Antall</u>	<u>Pris</u>	<u>Totalt</u>
CD/DVD for innlevering av dokumentasjon	3	10kr	30kr
Plakat	1	500kr	500kr
<b>Sum:</b>			530kr

Tabell 8.

# Etteranalyse

---

V 1.0



# SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*



## Innholdsfortegnelse

V 1.0.....	2
1. Dokumenthistorie .....	4
2. Forkortelser .....	4
3. Innledning.....	5
4. Administrativt vurdering .....	6
4.1 <i>Prosjektbeskrivelse</i> .....	6
4.2 <i>Prosjekt mål</i> .....	6
4.3 <i>planlegging</i> .....	6
4.4 <i>Arbeidsmetode</i> .....	7
4.5 <i>Tidsbruk</i> .....	7
4.6 <i>Samarbeid i gruppa</i> .....	7
5.1 <i>Styresystem</i> .....	7
5.2 <i>Chassis</i> .....	8
5.3 <i>Microkontroller</i> .....	8
5.4 <i>Solidworks</i> .....	8
5.5 <i>FEM analyse</i> .....	8
6. <i>Måloppfyllelse</i> .....	9
7. <i>Egenvurdering</i> .....	10

## 1. Dokumenthistorie

versjon	Dato	Endringrt	Utført av
1.0	24.05.2013	Første utgivelse	Jamshid Nayab

## 2. Forkortelser

Forkortelser	Forklaringer
FEM Arduino 1.5.2	Finite element method Programmeringverktøy

### 3. Innledning

Dette dokumentet tar for seg en evaluering, en helhetlig vurdering og inntrykk av hele prosjektets prosess.

Etteranalysen ble utarbeidet i slutfasen av prosjektet og er delt i administrativ og teknisk vurdering. Den administrative delen handler om prosjektbeskrivelse, prosjektmål, planlegging, tidsbruk, og samarbeid i gruppa. I den tekniske delen gjør man en vurdering av løsningene av den tekniske utfordringen.

## 4. Administrativt vurdering

### 4.1 Prosjektbeskrivelse

Denne oppgaven er gitt av Sundvolden hotell. Sundvolden hotell er et tradisjonsrikt hotell med 257 rom. Det er et moderne hotel som er i kontinuerlig utvikling for å ivareta behovene til dagens gjester.

Sundvolden Hotel ønsker å se på muligheten for effektivisere renholdet ved hotellet. Renhold i hotell er svært komplekst, men enkelte av arbeidsoppgavene er svært tidkrevende og relativt standard oppgaver. Ett eksempel på dette er støvsugning av hotellkorridorer. Hotellet har mange hundre meter hotelkorridor som må støvsuges hver dag, og spørsmålet er om det kan gjøres maskinelt.

Økonomi vil hele tiden ligge til grunn for de ulike avgjørelsene da en stor del av hotelletsutgifter går til personallønninger. En effektivisering og omorganisering av arbeidskraft vil ikke bare kunne føre til høyere inntekt for hotellet men også større trivselfaktor for gjestene da den menneskelige arbeidskraften kan brukes der den trengs.

En viktig faktor er derfor kostnadseffektive løsninger uten for stor kompleksitet.

Gruppens oppgave blir å se på muligheten for å utvikle et styresystem og chassis for en robotstøvsuger som kan frigjøre arbeidskraft til andre oppgaver. Da gruppa har begrenset med tid og ressurser kommer vi kun til konseptere oss om robotens styresystem og chassis.

### 4.2 Prosjektmål

Gruppa har først og fremst hatt som mål å ivareta og oppfylle kundes krav og interesser. Videre har det vært viktig for gruppa å bruke kunnskapen som man har tilegnet seg fra studiet til å løse tekniske utfordringer. Dette fører til at man øker evnen til å omsette gode ideer til et sluttresultat. Et annet viktig mål for oss var å lære mer om prosjekthåndtering og forskjellige arbeidsmetodikker som er relevante i arbeidslivet. I tillegg har gruppa hatt et felles mål om å oppnå best mulig slutt karakter for å gjøre oss attraktive for bedrifter.

### 4.3 planlegging

Vi har stort sett forholdt oss til prosjektplanen for å komme i mål. Alle i gruppa har hatt fokus på å nå de såkalte milepælene innen tidsfristen. Vi har delt hele prosjektet i 'faser' hvor i den første fasen kundens krav ble nøye definert. Dessuten innhenting av informasjon og en god del research ble gjort. I den andre fasen systemdesign og etterhvert implementering var hovedaktiviteten for gruppa. I tredje og siste fasen ble det gjennomført testing.

#### 4.4 Arbeidsmetode

Gjennom hele prosessen har gruppa møttes jevnlig for å jobbe med prosjektet. Før jul møttes vi opp til tre ganger i uka for å planlegge og gå gjennom hva som ble gjort og hva som burde gjøres videre. Etter eksamenperioden i April møttes gruppa hver dag siden det ble svært mye å gjøre for å komme i mål med prosjektet. Vi har hatt et fast veildermøte med intern veilederen hver onsdag for å informere han om status på prosjektet. Vi har hatt få møter med kunden grunnet lang vei til Sundvolden hotel og det at han er en travel mann gjorde saken mer komplisert. Kommunikasjonen har da foregått via mail stort sett. Når det gjelder arbeid innad i gruppa så har gruppelederen gitt medlemmene klare roller og vi har fått selvstendige arbeidsoppgaver. Arbeid med prosjektet er blitt gjort både kollektivt og individuelt. Ferdigstilling og dokumenter som skulle leveres ble stort sett gjort når alle gruppemedlemmene var tilstede. Når det gjelder presentasjoner har vi brukt noen dager til forberedelse. Dessuten har vi øvd på forhånd flere ganger, for å være mest mulig forberedt.

#### 4.5 Tidsbruk

Tidsbruk er et meget viktig aspekt i prosjektet for det viser hvor effektivt gruppa har jobbet og hvordan planleggingen har vært. Gruppa har hele tiden bevisst på å estimere tidsbruk for hver enkelt aktivitet for å sammenligne estimert og faktisk tidsbruk. Gruppens felles mål har vært å komme opptil 500 timer for hver person i gruppa. Vi har ført timer hver dag som vi har jobbet med prosjektet.

#### 4.6 Samarbeid i gruppa

Totalt sett har gruppa samarbeidet ganske bra. I starten gikk det litt treg, men vi tok tak i det og klarte å stabilisere et godt samhold i gruppa. Inntrykket blant alle gruppa har vært at vi oppnådde mest når gruppa jobbet sammen. Fordelingen av arbeidsoppgaver har vært en utfordring pga størrelsen på gruppa siden vi er 5 stykker. Ved å sitte sammen å følge opp hverandres aktiviteter har det fungert utmerket.

#### 5.1 Styresystem

I starten ønsket kunden en komplett robotisert støvsuger som er istand til støvsuge et hotellkorridor systematisk. Det ble fort enighet om at et slikt produkt er høyst optimistisk for gruppa å ferdigstille i løpet av et halvt år. I samråd med med kunden og veilederen ble vi enige om å konsentrere oss først og fremst på utvikling av et styresystem for det framtidige produktet. Kundens ønske var at dette styresystemet til roboten kunne takle utfordringene i hotellkorridorene på Sundvolden hotel. En rekke krav som ble stilt fra kunden var blant annet at roboten skal kunne jobbe seg systematisk i en korridor, unngå kollisjon med vegger, unngå hindring som, bagasjer, stol og mennesker.

## 5.2 Chassis

Etter første presentasjonen ble det uttrykt bekymring om at oppgaven bød på nok utfordringer for Maskin studentene i gruppa. Dette førte til at gruppa i tillegg til styresystem skulle lage et chassis. Til tross for at vi sto realtalt fritt når det gjaldt design av chassis, hadde kunden en del krav. Det var da krav til material, form, fleksibilitet størrelse osv.

## 5.3 Mikrokontroller

Microkontrollere er en programmerbar prosessor som brukes til elektrisk kontroll og fjernstyring. Mikrokontrollere kan enkelt og greit brukes til alt fra motorer til fjernkontrollere og styresystemer.

Vi har brukt mikrokontroller av type arduino for programmering. Den skal ta opp informasjon og dermed gjøre riktige valg. Mikrokontrolleren er en sentral del i utviklingen av styresystemet.

Vi har brukt arduino 1.5.2 for å programmere mikrokontrolleren.

## 5.4 Solidworks

Solidworks er 3d-modelering program som er sentral for maskinstudenter. Solidworks brukes både til 3d-tegning, styrkeberegning og simulering. Maskin studentene i gruppa har brukt dette programmet til design av chassis og FEM analyse.

## 5.5 FEM analyse

FEM står for finite element method som er en del av solidworks simulation. Hensikten med FEM analyse er finne ut hvor mye en komponent eller sammenstilling tåler under påførte laster.

## 6. Måloppfyllelse

Gjennom hele prosjektet har gruppa hatt fokus på å oppfylle kundens krav . Vi har hele tiden vært bevisst på å innfri forventningene til kunden og for at prosjektet skulle lykkes så har det vært avgjørende for oss å oppfylle kravene. Vi har heldigvis med hardt arbeid klart å oppfylle de viktigste kravene fra kunden. I tillegg har maskinstudene laget en ferdig 3d modell av chassis.

Det som har vært en stor ulempe for oss var at vi ikke hadde ekstern veilder noe som førte til ting ble mye mer krevende. I tillegg var det nesten ingen hjelp å få fra HiBu. Till tross for det mener vi at vi har klart oss rimelig bra.

Når det gjelder valg av teknologi , hadde muligens map-building vært bedre for å løse oppgaven. Men denne teknologien kan vi anbefale som en alternativ løsning til studenter som eventuelt videreutvikler produktet.

Ut i fra det så har gruppa lært mye om prosjektkoordinering, holde presentasjoner og jobbe i gruppe. Dette er noe man kan ta med seg videre ut i arbeid.

## 7. Egenvurdering

### Ali Sediqi:

Det har vært lærerikt og spennende å jobbe med dette prosjektet og jobbe i gruppe generelt. Det har vært annerledes å jobbe med et så stort prosjekt men lærering. Det har vært en del utfordringer men vi har klart å takle det og løse det på en riktig måte. Vi byttet prosjektleder ettersom vi hadde uenigheter i gruppa, og jeg fikk den rollen ca midtveis i prosjektet. Dette har vært interessant og lærerikt.

Vi startet litt sent med prosjektet i forhold til andre gruppene men vi klarte å hente oss inn. I tillegg til det har vi savnet å ha en ekstern veileder med teknisk bakgrunn. Vi har også hatt litt dårlig kommunikasjon med oppdragsgiveren vår, noe som har vært problematisk til tider.

Jeg vil bruke også anledningen til å takke gruppemedlemmene, interne veilederen vår og andre som hjulpet til når vi trengte det.

### Per Harald Helgesen:

Prosjektet har gått bra og jeg tror alle på gruppa føler vi har fått til mesteparten av det vi hadde satt oss som mål. Prosjektet er i utgangspunktet meget omfattende og tiden har selvfølgelig vært en begrensene faktor. Spesielt vi som har drevet med utvikling av styresystemet skulle gjerne sett at vi hadde mer tid til å gå dypere inn i materien.

Det har vært en stor utfordring å utvikle styresystemet da vi ikke har fått noe hjelp i det hele tatt. Vi har manglet ekstern veileder og det har heller ikke vært mye å hente fra lærerene på skolen.

Vi har også hatt visse problemer med oppdragsgiver. Oppdragsgiver har tidvis vært veldig treg med å svare og noen ganger har vi ikke fått svar. En annen ting er at oppdragsgiver har meget begrenset kunnskap på område, slik at kommunikasjonen har vært noe problematisk.

Sammarbeidet i gruppe har fungert meget bra. Fra starten av var det noen gnisninger, men etter litt diskusjon og en omrokering av ansvarsområder falt ting mer på plass og sammarbeidet har fungert bedre og bedre med tiden. Gruppa har hele tiden vært veldig åpne med hverandre og det har vært rom for å komme med ytringer, meninger og konstruktiv kritikk av ting vi har vært misfornøyde med.



Jamshid nayab:

Nå er et innholdsrik prosjektperiode snart over og jeg vil gjerne dele mine opplevelser og erfaringer.

Først og fremst vil påstå at prosjektet i sin helhet har vært meget lærerikt. I tillegg har jeg fått et innblikk i hvordan et komplisert teknisk prosjekt skal realiseres steg for steg. Det som jeg mener har vært viktigst for meg er at jeg har lært veldig mye om den administrative biten ved siden av den tekniske.

Oppgaven i seg selv har vært spennende å jobbe med og jeg personlig angreer ikke på at vi valgte denne oppgaven. Det er ingen undrivelse å påstå at oppgaven var krevende, men etter min mening er det bare positivt for å få testet våre kunnskaper og for å lære hvordan man takler ulike utfordringer. Jeg føler at kanskje vi ikke har fått den tekniske hjelpen som vi hadde håpet på noe som kan forklares med at vi ikke hadde ekstern sensor.

Samarbeid i gruppa har totalt sett vært bra. Vi har klart å løse konflikter i gruppa på en voksen måte og jeg føler at alle har klart å god tone med hverandre gjennom hele prosjektet,

Til slutt vil jeg takke gruppa som har stått på hele veien og behandlet meg på en fin måte. Jeg vil også takke de andre som på en eller annen måte har vært involvert i prosjektet.

Anders Lindheim:

Hovedprosjektet har vært spennende og lærerikt og jobbe med. Jeg har fått bruk for mye av den kunnskapen jeg har tilegnet meg gjennom studietiden. Det har stort sett vært greie arbeidsforhold innad i gruppa, og utfordringer underveis ble tatt tak i og utbedret. Det var lærerikt å forholde seg til en oppdragsgiver, og jeg skulle ønske at kontakten med han kunne vært enda litt bedre.

Jeg har jobba mye med planlegging av prosjektet, og dette har vært veldig lærerikt. Erfaringen fra dette vil bli nyttig å ta med seg videre.

Oppsummert så har hele prosessen fra ide til realisering av hovedprosjektet vært en nyttig erfaring som kan komme godt med i arbeidslivet.

Jeg vil takke gruppemedlemmene og intern veileder for et godt samarbeid.

Ibrahim Arpaci:

Det var flere som skaffet seg prosjekter om sommer og mange av bedriftene var seine med å svare forespørsel. Vi fikk også en litt sein start på grunn av dette. Etter vi hadde fått tak i oppgave og omdanne en gruppe, gikk ting litt sakte pga. en del usikkerheter. Den interne veilederen vi fikk var veldig flink til å følge opp og hjulpet oss en del med organisering og andre slike spørsmål.

Jeg syntes prosjektoppgaven var nok spennende, men på grunn av de utfordringene som vi møt underveis, for eksempel ikke å ha noen eksternveileder som kan svare på eventuelle tekniske spørsmålene våres, gjorde nok oppgaven ble vanskeligere for oss. Ellers samarbeidet mellom gruppe medlemmene fungerte ganske bra. Jeg har lært mye om reguleringsteknikk, mens jeg jobbet med matematisk modellering og simulering. Jeg har fått en del hjelp fra kybernetikk lærerne her på skolen, det var spesielt en person på HIBU som var kvalifisert til å hjelpe oss med de mer avanserte spørsmålene våres. Å få tak i han var ikke alltid like lett. Slutten av perioden, gikk tiden veldig fort slik at måtte jeg jobbe mange timer hver dag for å komme i mål.

Kort oppsummert er jeg fornøyd med arbeidet vi har lagt i prosjektet. Hele prosjekt arbeidet har vært utført med innsats fra alle sammen, og jeg synes vi har fått et bra sluttprodukt. Gjennom prosjektet har jeg tilegnet meg mye ny kunnskap, og selv om vi har møtt på en del utfordringer, så synes jeg vi har kommet oss igjennom prosjektet på en bra måte.

# Vedlegg

---

## Innholdsfortegnelse

1. Regulering av robotmodell
2. Modellering og simulering av systemet
3. Motor parameter
4. 2D tegning av chassis
5. FEM analyse
  - Analyse felg
  - Analyse løpehjul
  - Analyse chassis

# Regulering av robotmodellen

---

V 1.0



# SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*

## Innholdsfortegnelse

V 0.1 .....	2
Dokument historie .....	4
Forkortelser .....	5
1. Introduksjon .....	6
2. Strøm-kontrolleren .....	7
3. Hastighets-kontrolleren .....	12
4. Konklusjon .....	15
5. Kilder .....	16

## Dokument historie

Versjon	Dato	Endringer	Utført av
0.1	21.04.13	Opprettet dokument	IA
0.2	24.05.13	Opprettet dokument	IA
1.0	25.05.13	Frigjort for godkjenning	IA

Tabell 1

## Forkortelser

Dokumentet inneholder noen forkortelser, forklaring på disse følger under i tabell 2.

Forkortelser	Forklaring
DC	Likestrøm
R	Motstand
L	Induktans
$T_i$	Integraltid
$T_d$	Derivattid
$K_p$	Forsterkningskonstant
IA	Ibrahim Arpaci

Tabell 2



## 1. Introduksjon

I dette dokumentet skal vi innføres hastighetsregulator og strømregulator. Modellen som blir bygd av er ”modellering og simulink for modell roboten”. Et av hovedpoengene er at vi kan legge inn en strømregulator som i praksis fjerner dynamikken i den elektriske delen av modellen. Når den dynamikken som den elektriske delen av modellen utgjør, blir fjernet, oppnår vi at den faktiske strømmen i rotorviklingen blir lik strømreferansen som vi setter, eller kan betraktes som lik med tanke på hvordan systemet oppfører seg i praksis. Det betyr at vi kan styre den faktiske strømmen i motoren direkte, og siden motorens momentproduksjon er direkte proporsjonal med den faktiske strømmen, så kan vi styre motorens momentproduksjon direkte. Videre ser vi at når strøm-kontrolleren har stor nok forsterkning slik at vi kan regne den faktiske strømmen som lik strømreferansen, så fører dette til at systemet blir forenklet. Vi står da igjen med den dynamikken som den mekaniske delen av modellen utgjør, og denne delen alene utgjør et første ordens system, mens det elektriske og den mekaniske delen sammen ville utgjøre et andre ordens system. Når vi skal sette opp en hastighetsregulator for motoren, så tar vi utgangspunkt i det forenklete systemet som representerer den mekaniske delen, dvs. et system av første orden.

## 2. Strøm-kontrolleren

Her skal vi bruke Skogestads metode for å finne kontrollere-parametrene for begge kontrollene. Skogestads metode er en modellbasert metode for å regne ut PID kontrollere parametre. Det er da en forutsetning at man har en matematisk modell av systemet eller prosessen som skal kontrolleres/reguleres. Den prosessen som strøm-kontrolleren skal regulere er følgende;

$$1/(sL + R) \quad (1)$$

Utrykket i ligning (1) representerer den elektriske delen av motoren. Når vi skal bruke Skogestads metode er det viktig å gjenkjenne hvilken type prosess dette er. Følgende tabell er hentet fra artikkel[2] skrevet av Finn Haugen;

Process type	$H_{psf}(s)$ (process)	$K_p$	$T_i$	$T_d$
Integrator + delay	$\frac{K}{s} e^{-\tau s}$	$\frac{1}{K(T_C + \tau)}$	$c(T_C + \tau)$	0
Time-constant + delay	$\frac{K}{T_s + 1} e^{-\tau s}$	$\frac{T}{K(T_C + \tau)}$	$\min [T, c(T_C + \tau)]$	0
Integr + time-const + del.	$\frac{K}{(T_s + 1)s} e^{-\tau s}$	$\frac{1}{K(T_C + \tau)}$	$c(T_C + \tau)$	$T$
Two time-const + delay	$\frac{K}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} e^{-\tau s}$	$\frac{T_1}{K(T_C + \tau)}$	$\min [T_1, c(T_C + \tau)]$	$T_2$
Double integrator + delay	$\frac{K}{s^2} e^{-\tau s}$	$\frac{1}{4K(T_C + \tau)^2}$	$4(T_C + \tau)$	$4(T_C + \tau)$

Tabell 3: Skogestads formler

Tabell (3) viser Skogestads formler for prosesser med tids-forsinkelse, noe som litt enklere å håndtere når man skal benytte Skogestads formler. Det er mulig å bruke Skogestads metode for prosesser som ikke har tids-forsinkelse også, slik som i vårt tilfelle. Vi kan se en viss likhet mellom vår prosess i ligning (1) og rad 2 i tabellen (3). Vår prosess er altså en "time-constant" type, men vår prosess har ikke tids-forsinkelse. Derfor er følgende tabell den vi skal bruke for å gjøre selve utregningen. Her er Skogestads formler for de samme prosessene men nå uten tidsforsinkelse;

$H_p(s)$ (process)	$K_p$	$T_i$	$T_d$
$\frac{K}{s}$	$\frac{1}{KT_C}$	$k_1 T_C$	0
$\frac{K}{Ts+1}$	$\frac{T}{KT_C}$	$\min [T, k_1 T_C]$	0
$\frac{K}{(Ts+1)s}$	$\frac{1}{KT_C}$	$k_1 T_C$	$T$
$\frac{K}{(T_1 s+1)(T_2 s+1)}$	$\frac{T_1}{KT_C}$	$\min [T_1, k_1 T_C]$	$T_2$
$\frac{K}{s^2}$	$\frac{1}{4K(T_C)^2}$	$4T_C$	$4T_C$

Tabell 4: Skogestads formler med uten tids forsinkelse.

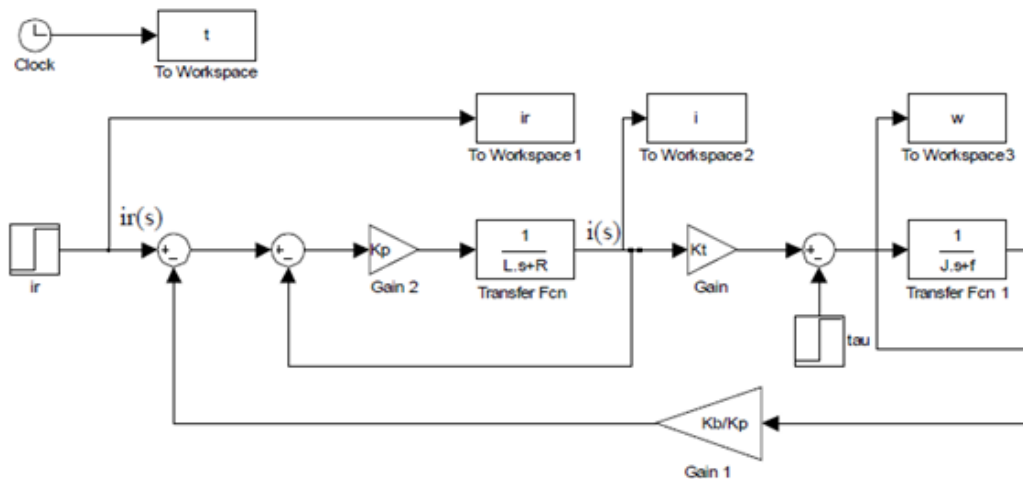
For vi kan bruke formlene må vi finne ut hva  $T$ ,  $K$ ,  $T_c$  og  $k_1$  skal være. De to første;  $T$  og  $K$  kan vi finne slik;

$$1/(Ls + R) = (1/R)/((L/R)s + 1) = K/(Ts + 1) \Rightarrow K=1/R; T=L/R; \quad (2)$$

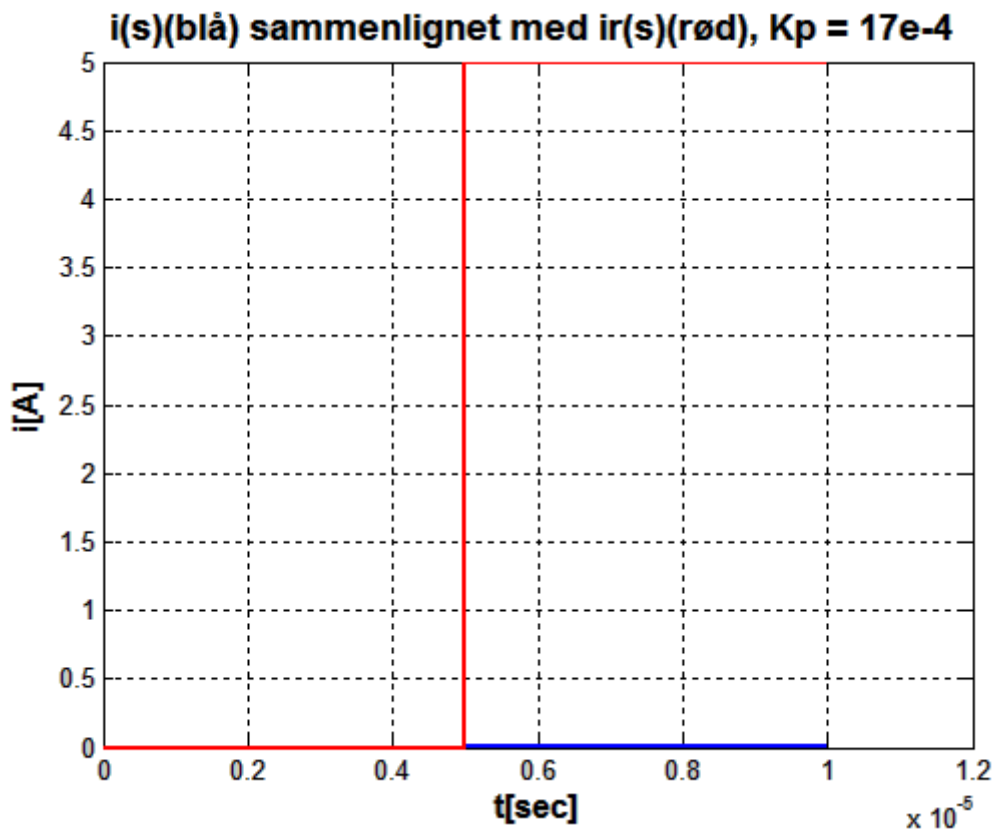
Sa langt er dette greit, men det blir litt vanskeligere å være like presis når de to neste faktorene skal bestemmes. Igjen med referanse til artikkel[2] skrevet av Finn Haugen, sa er det to muligheter for hva  $k_1$  skal være. Enten skal  $k_1$  settes til 1.44, eller 4. 4 er den verdien Skogestads selv opprinnelig anbefalte, men Finn Haugen mener at dette kan gi noe treg ”disturbance compensation” på norsk blir det noe i retning av; ”forstyrrelses kompensasjon”.  $T_c$  er en svevende faktor når man ikke har prosess med tids-forsinkelse. Hvis prosessen har tids-forsinkelse så settes  $T_c = \tau$ . Igjen med referanse til artikkel[2] så kan vi si at et rimelig sted å begynne med en verdi for  $T_c$ , når man ikke har noen tidsforsinkelse å ta utgangspunkt i, er at  $T_c = 1$ . Hvis  $T_c$  settes lik 1 så får vi følgende utregning for  $K_p$ ;

$$K_p = T/K=(L/R)/(1/R) = (L/R).(R/1) = L \quad (3)$$

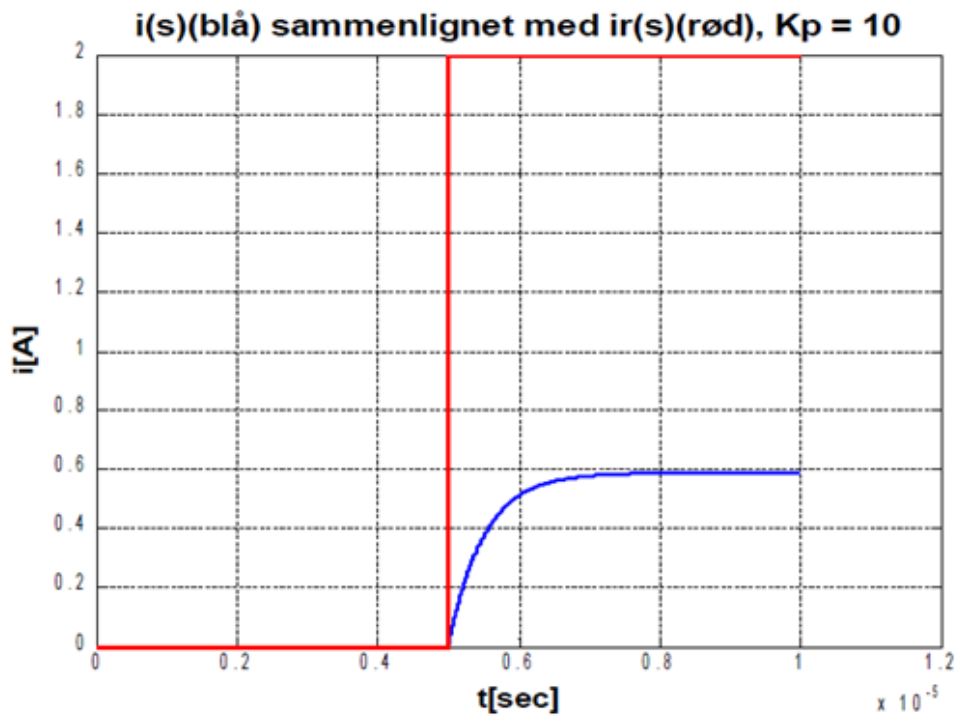
Dette ser kanskje fornuftig nok ut, men i vår motor typen er  $L$  veldig liten, ikke større enn  $17 \times 10^{-4}$ . Siden den videre opptegningen av modellen avhenger av at vi har funnet en  $K_p$  som er stor nok til at forenklingene i boka[1] skal være gyldige har vi benyttet følgende modell for å teste ut forskjellige størrelser av  $K_p$ , og sammenlignet  $i_r(s)$  (strømreferansen) og  $i(s)$  den faktiske strømmen. Modellen for testing av  $K_p$  vises her;

Figur 1: Testing av  $K_p$ 

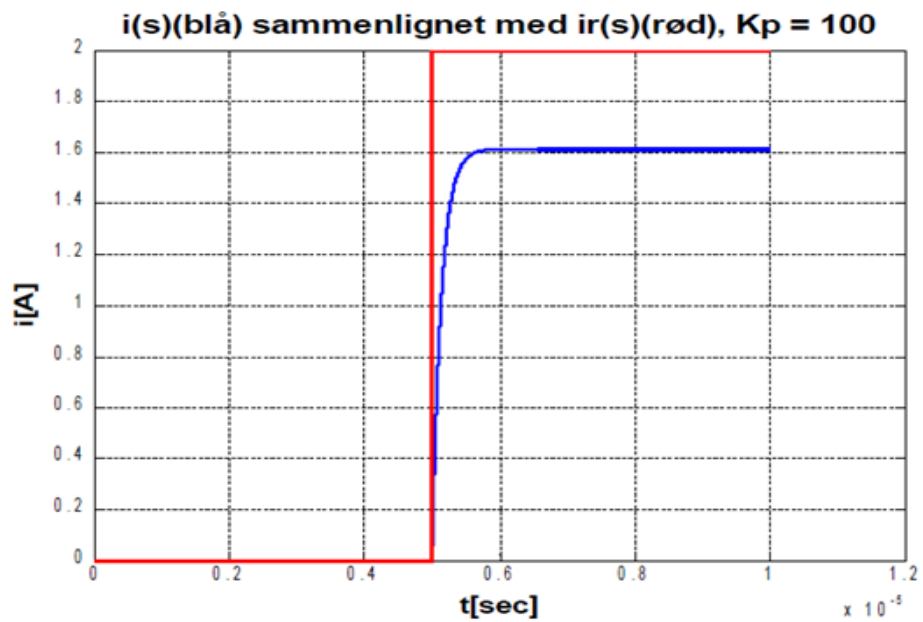
Når  $K_p$  blir stor nok, vil  $i(s)$  følge  $ir(s)$  veldig raskt. Vi skal nå vise en serie med figurer fra simuleringer i Matlab, der vi ser på sammenhengen mellom  $i(s)$  og  $ir(s)$ , med forskjellige verdier for  $K_p$ .



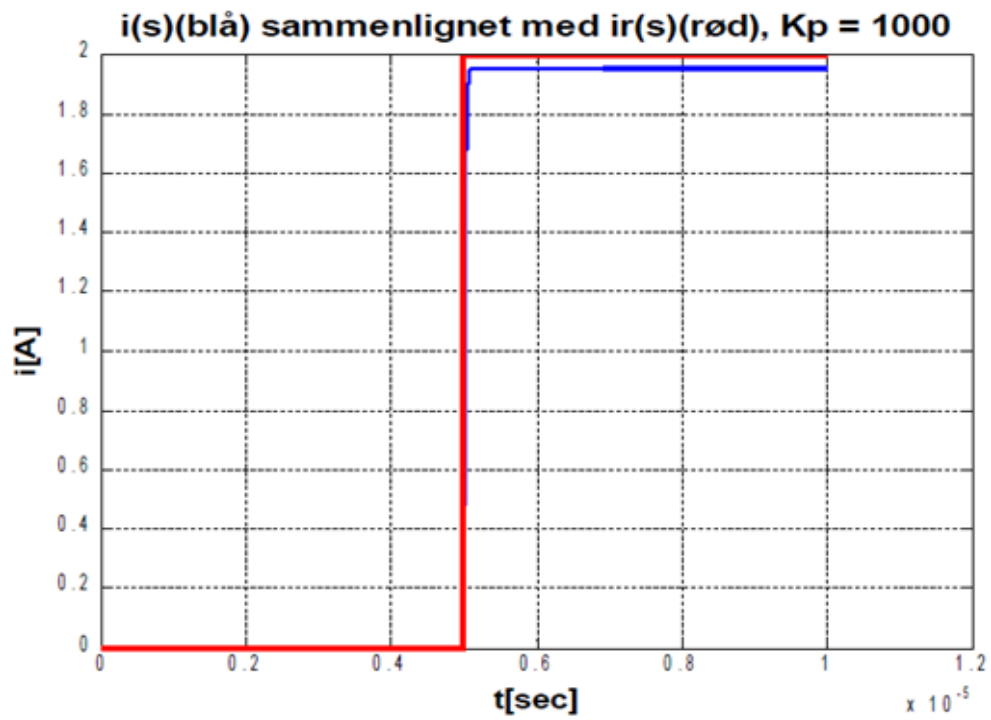
Figur 2



Figur 3



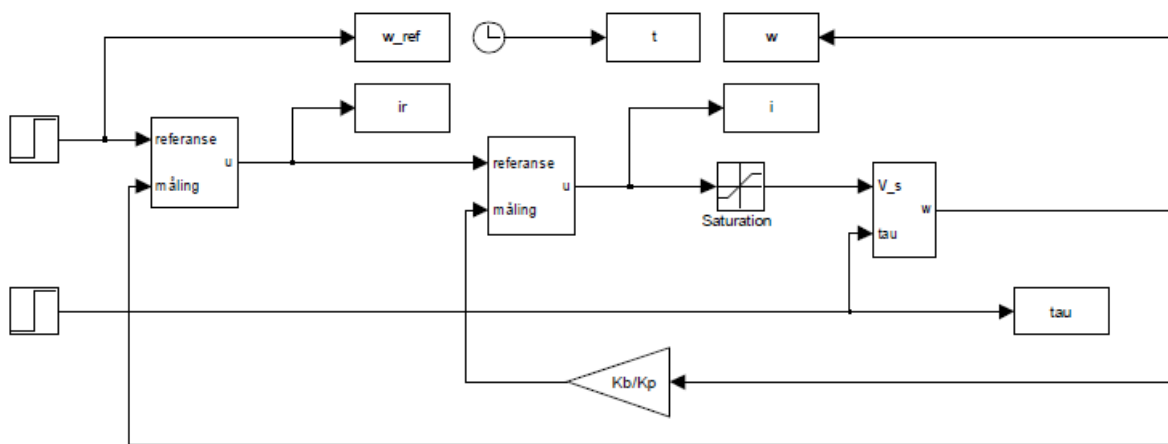
Figur 4



Figur 5

### 3. Hastighets-kontrolleren

Den modellen som er vist i illustrasjon (1) er basert på blokkskjema vist i FIGUR 2.7 i læreboka[1]. Med  $K_p$  stor nok er dette ekvivalent med systemet i FIGUR 2.9 i læreboka[1], videre hvis lastmomentet settes til null i FIGUR 2.9 i læreboka[1], så får vi FIGUR 2.10 i læreboka[1]. FIGUR 2.10 viser hvordan Hastighets-kontrolleren skal plasseres, men siden alle disse figurene i boka[1] er ekvivalente, gitt at  $K_p$  har rett verdi, så har vi kommet fram til følgende blokkdiagram i Simulink;



Figur 6: Blokkdiagram for hastighets kontrollen

Beregningen av kontroller parametrene for Hastighets-kontrolleren skal altså under forutsetning av at  $K_p$  er valgt stor nok for strøregulatoren kunne baseres på følgende modell for den mekaniske delen av systemet (motoren);

$$1/(sJ + f) \quad (4)$$

På tilsvarende måte som for den elektriske delen av motoren, så kan vi beregne hva  $K_p$  og  $T_i$  skal være vha Skogestads formler. Først må vi bestemme hvor stor  $K$  og  $T$  er for vi kan bruke

Skogestads formler. Det gir følgende utregning;

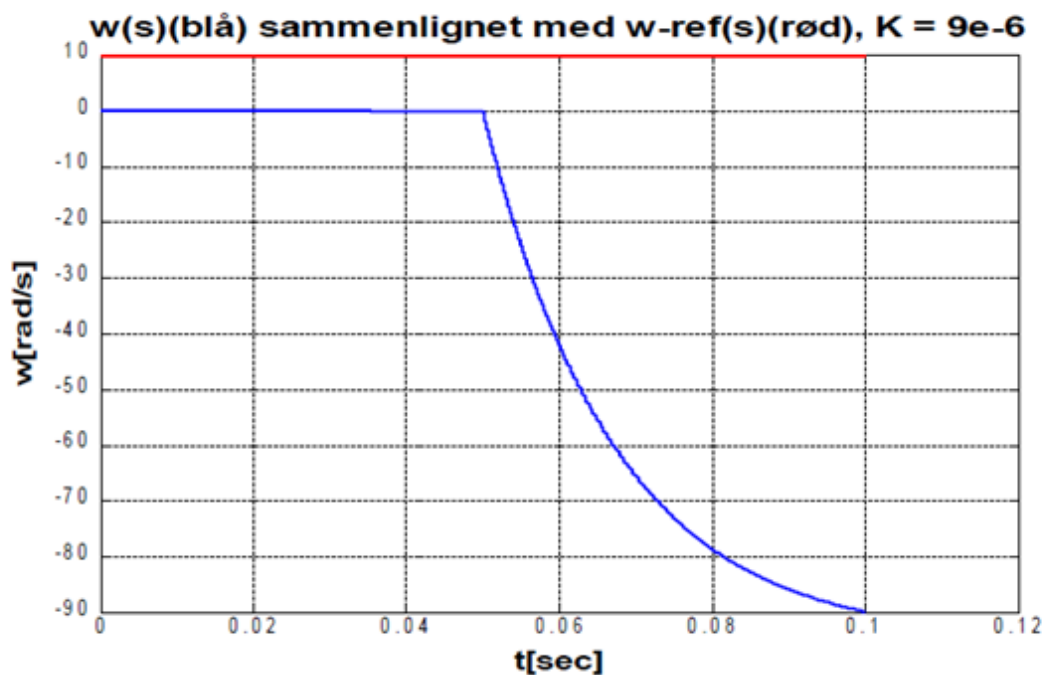
$$1/(Js+f) = (1/f)/((J/f)s+f/f) = K/(Ts + 1) \Rightarrow K = 1/f; T = J/f; \quad (5)$$

Videre gir dette med  $T_c = 1$  jf. Artikkel[2] og  $k_1 = 1.44$ ;

$$K_p = T/K = (J/f)/(1/f) = (J/f) \cdot (f/1) = J; \quad (6)$$

$$T_i = \min[T, k_1 T_c] = \min[(J/f), 1.44, 1] = \min[(1 \times 10^{-5})/(3 \times 10^{-5}), 1.44] = 0,15; \quad (7)$$

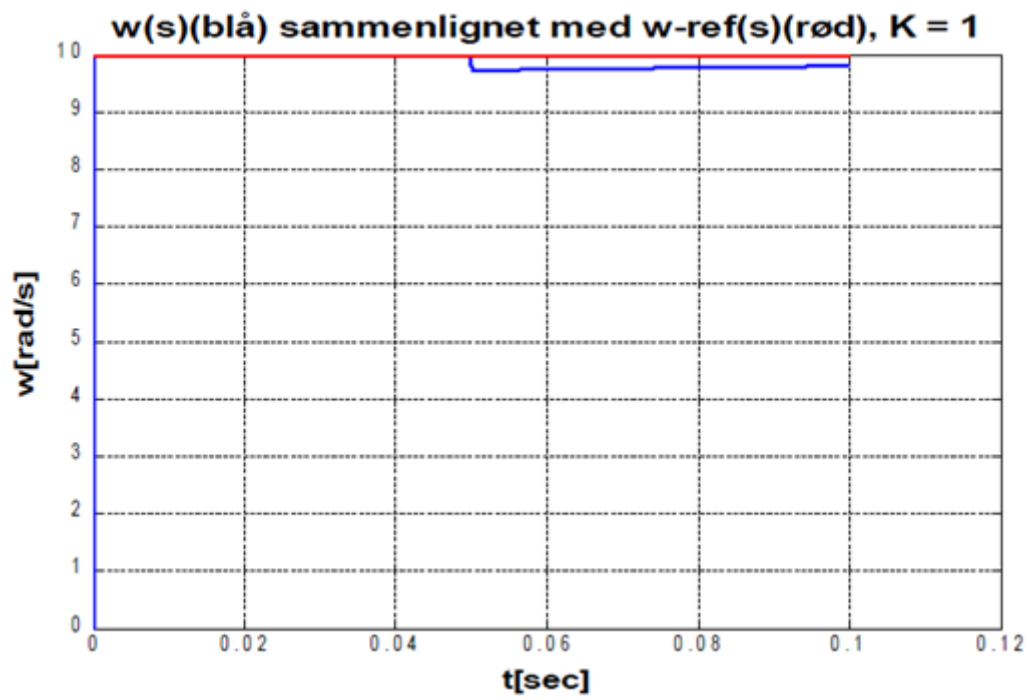
I dette tilfellet ville det ikke ha noen betydning for størrelsen på  $T_i$  om vi hadde valgt  $k_1 = 4$  (istedenfor  $k_1 = 1.44$ ) Det vil si at vi for hastighetsregulatoren har funnet følgende parametre med Skogestads metode:  $K_p = J = 9 \times 10^{-6}$  og  $T_i = 0,15$ . Igjen er det påfallende at  $K_p$  blir så liten. En forsterkning på  $9 \times 10^{-6} = 0,000009 < 1$ , dvs. at vi har en kraftig demping i realiteten. Igjen er det noe som ikke ser ut til å stemme helt. Men vi har da kun en mulighet igjen og det er å teste ut vha simulering.. Første simulering er med  $K_p = 9 \times 10^{-6}$  og  $T_i = 0,15$  for hastighetsregulatoren.  $T_i = 0,15$  for alle simuleringene med hastighetsregulator.



Figur 7

Neste simulering er med  $K = 1$ , ellers alt likt som over;





Figur 8

## 4. Konklusjon

I testing av  $k_p$  med strøm-kontrolleren, så har vi igjennom en serie med simuleringer, funnet at Skogestads metode ga alt for liten forsterkning. Vi kom fram til at en rimelig verdi for  $K_p$  er 100. Med  $K_p = 100$ , så er vi innenfor rimelighetens grenser og samtidig oppnår vi forutsetningen for å kunne gjøre de forenklingene som skal til for å kunne implementere Hastighets-kontrolleren på samme måte som det blir gjort læreboka[1]. I kapittel 3[1] om hastighets-kontrolleren ble Skogestads metode benyttet for den mekaniske delen av systemet. Igjen ble forsterkningsfaktoren for regulatoren overraskende liten.).

## 5. Kilder

[1] Chiasson, J., *Modeling and high-performance control of electric machines*, New Jersey: Wiley; 2005.

[2] Haugen. F., *PID Control*,

[http://teach.no/presentations/tekna\\_olje\\_gass\\_04/lecture/documents/skogestad.pdf](http://teach.no/presentations/tekna_olje_gass_04/lecture/documents/skogestad.pdf)

# Modellering og simulering av systemet

---

V 0.1



# SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*

## Innholdsfortegnelse

V 0.1.....	2
Dokument historie .....	4
Forkortelser .....	5
1. Introduksjon.....	6
2. Matematisk modell for prototypen .....	7
2.1. Moment- og kraftbalanse.....	7
2. Resultater fra simulering .....	11
3. Konklusjon .....	14
4. Kilder.....	15

## Dokument historie

Versjon	Dato	Endringer	Utført av
0.1	20.05.2013	Opprettet dokument	IA
0.2	24.05.13	Opprettet dokument	IA
1.0	25.05.13	Frigjort til godkjenning	IA

Tabell 1

## Forkortelser

Dokumentet inneholder noen forkortelser, forklaring på disse følger under i tabell 2.

Forkortelser	Forklaring
$T_m$	Utviklet motor moment
N	Newton
M	Masse
R	Radius
$\Theta$	Vinkel(i radianer)
W	Rotasjonshastighet
J	Treghetsmoment
$F_f$	Friksjonskraft
P	Effekt
$\mu$	Friksjonskonstant
IA	Ibrahim Arpaci

Tabell 2

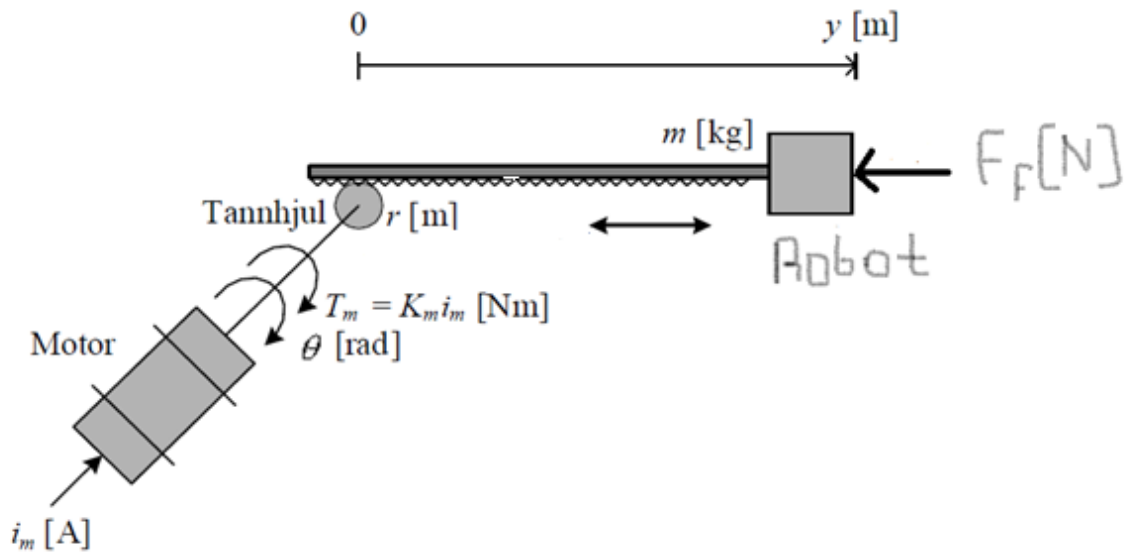
## 1. Introduksjon

Modellen skrives ut i fra fysiske grunnlegende lover, for eksempel balanse loven. Med tanke på vår oppgave kan matematisk modellen skrives med basert på bevegelsesmodellering.

Ut i fra matematisk modellen, vil vi lages blokkskjema og dette skjemaet implementeres i simulink. For å kjøre simulink bør vi lage matlab filen, der kan vi legge motor parametrene og de viktigste funksjonene til simulink trengs. Til slutt kan vi få en del bilder ut ifra testingen som skal utføres.



## 2. Matematisk modell for systemet



Figur 1

Figur 1 viser en motor som beveger en translatorisk last(prototypen) via et tannhjul. Vi setter opp en momentbalanse for den roterende delen av systemet og en kraft balanse for translatoriske delen og kombinerer deretter likningen som fås. Vi skal ende opp med en modell som uttrykker prototypen posisjon  $y$  som funksjon av bl.a. styresignalet  $i$ .

### 2.1. Moment- og kraftbalanse

Momentbalansen for motoren blir

$$J\ddot{\theta} = T_m - T_1 = K_m i_m - T_1 \quad (1)$$

Der  $T_m$  er utviklet motormoment og  $T_1$  er momentet som virker på motoren fra lasten(prototypen).

Kraftbalansen for last blir

$$m\ddot{y} = F_1 - F_f \quad (2)$$

Der  $F_1$  er kraften som virker på prototypen fra motoren.

Her kan vi få

$$F_1 = m\ddot{y} + F_f \quad (3)$$

Den kan vi bruke for å eliminere intern kraft( $F_1$ )

Sammenhengen mellom  $T1$  og  $F1$  er:

$$T1 = F1r \quad (4)$$

Her må vi bruke effektbalansen mellom tannhjulene, fordi vi har tre tannhjul. Men det er bare et tannhjul som har vist på figuren øverst.

$$P_{in} = P_{ut} \quad (5)$$

$$W_{in} \cdot T_{in} = W_{ut} \cdot T_{ut} \quad (6)$$

På grunn av total proporsjonaliteten mellom tannhjulene er 1:100(1:10 og 1:10), så kan vi formulere slik:

$$W_{ut} \cdot 100 \cdot T_{in} = W_{ut} \cdot T_{ut} \quad (7)$$

$$T_{in} = T_{ut}/100 \quad (8)$$

Fra formelen  $T1 = F1r$ , kan vi sette nye verdiene

$$T_{in} = F1 \cdot r/100 \quad (9)$$

Sammenhengen mellom  $y$  og  $\theta$  er:

$$y = \theta \cdot r \quad (10)$$

Og den leder til

$$\ddot{\theta} = \ddot{y} / r \quad (11)$$

Ved å sette (11) og (9) inn i (1), kan (1) skrives

$$J\ddot{y}/r = Km\dot{m} - F1 \cdot r = Km\dot{m} - (m\ddot{y} + Ff)r/100 \quad (12)$$

$$J\ddot{y}/r = Km\dot{m} - m\ddot{y}r/100 - Ff \cdot r/100 \quad (13)$$

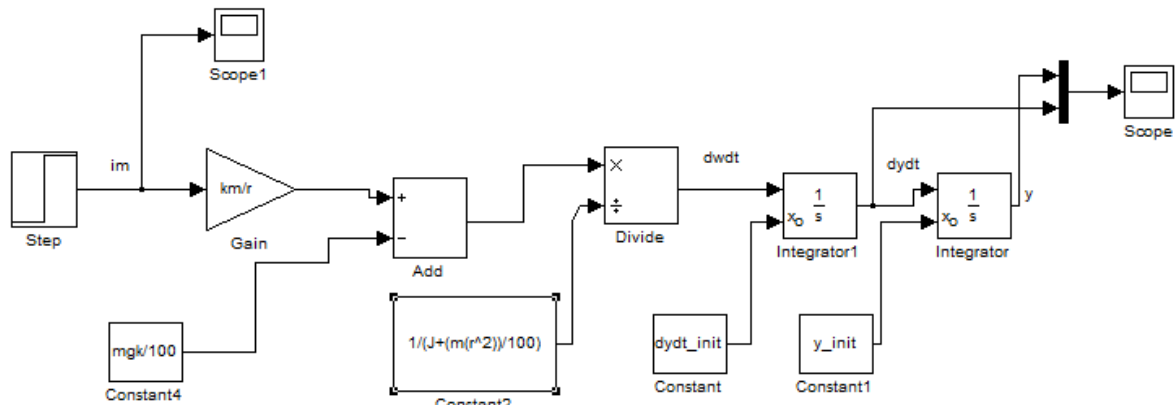
$$\ddot{y}(J/r + mr/100) = Km\dot{m} - Ff \cdot r/100 \quad (14)$$

$$\ddot{y}((100j + m(r^2))/100r) = Km\dot{m} - Ff \cdot r/100 \quad (15)$$

Her kan vi gange med  $1/r$  på begge side og vi får

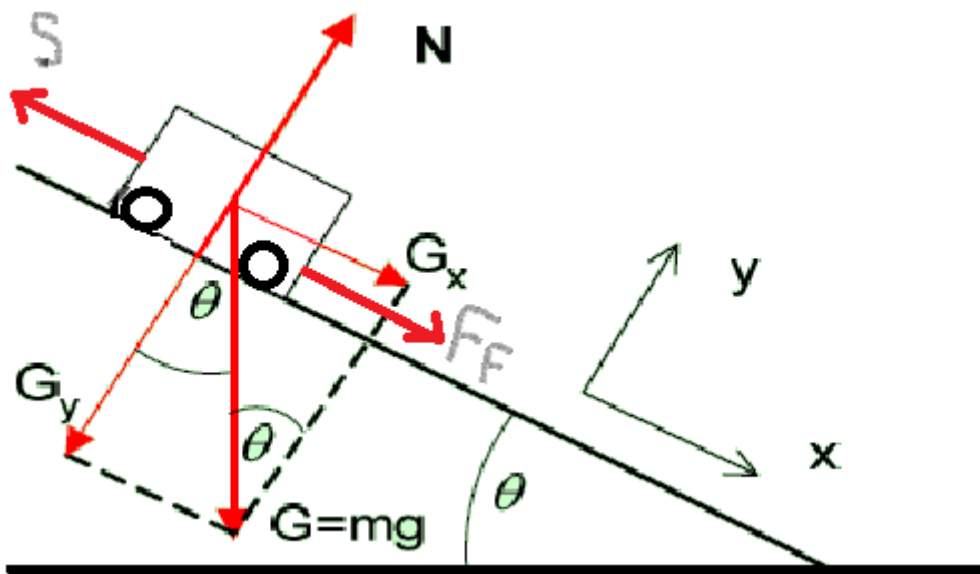
$$\ddot{y} = (100/(100J + m(r^2)))(Km\dot{m}/r - Ff/100) \quad (16)$$

Så har vi kommet fram til følgende blokkdiagram i Simulink,



Figur 2: Blokkdiagram i flatvei

Denne matematiske modellen, kan vi bruke når det er flatt vei. Men prototypen skal bruke også litt brattere vei. For eksempel en vinkel med  $15^\circ$  ( $\pi/12$  rad). Figuren nede viser de kreftene som påvirker prototypen bevegelse.



Figur 3: Newtons lover og krefter

N er normalen og den er

$$N = G_y = m \cdot g \cdot \cos\alpha \quad (17)$$

Friksjonskraften blir

$$F_f = N \cdot \mu = m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot \mu \quad (18)$$

og  $\mu$  er friksjonskonstant.

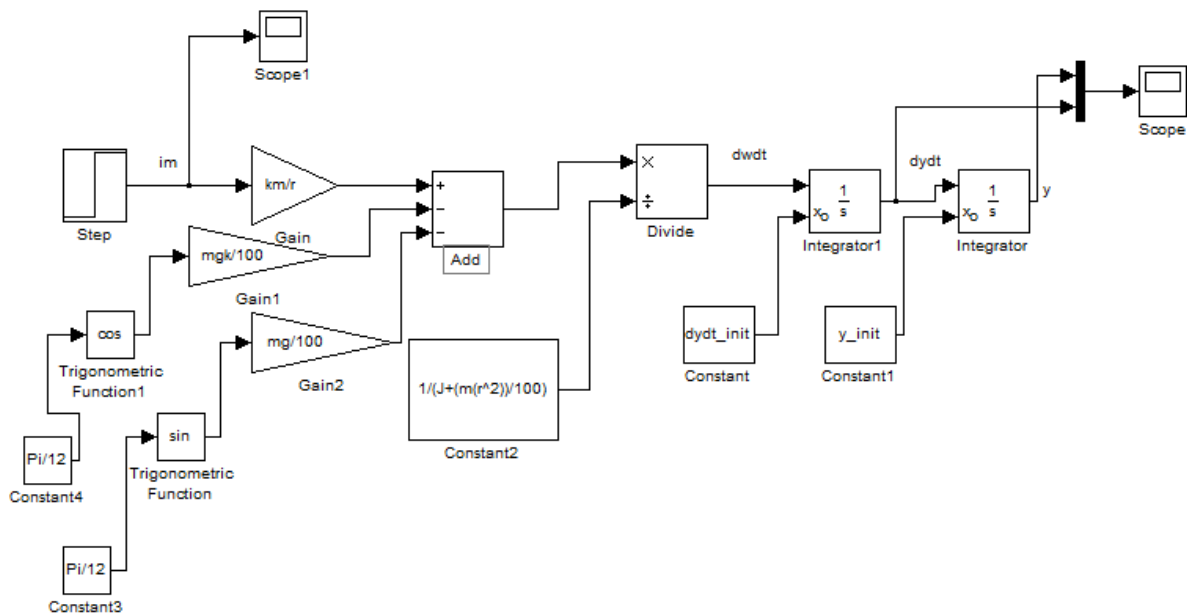
$G_x$  er kraften som påvirker mot bevegelses vei og den er

$$G_x = m \cdot g \cdot \sin \alpha \quad (19)$$

Og den nye matematiske modellen blir

$$y'' = (100 / (100J + mr^2)) (Kmim/r - mg \cdot \cos \alpha / 100 - mg \cdot \sin \alpha / 100) \quad (20)$$

Ut ifra denne matematiske modellen, utviklet vi den følgende blokkdiagram i Simulink;



Figur 4: Blokkdiagram i bratt vei

## 2. Resultater fra simulering

Vi skal nå se hva slags resultater vi får når vi kjører simulering av systemet som er vist i figur (2) og figur (4). Det er mao. Simulering av prototypen. Det ble valgt en tilfeldig motor typen og parametrene som tilhører til denne motoren. Disse parametrene og andre parametre er lagt inn i matlab-scriptet som blir brukt for å kjøre simulering. De parametrene er som følger:

Massen: 162 kg.

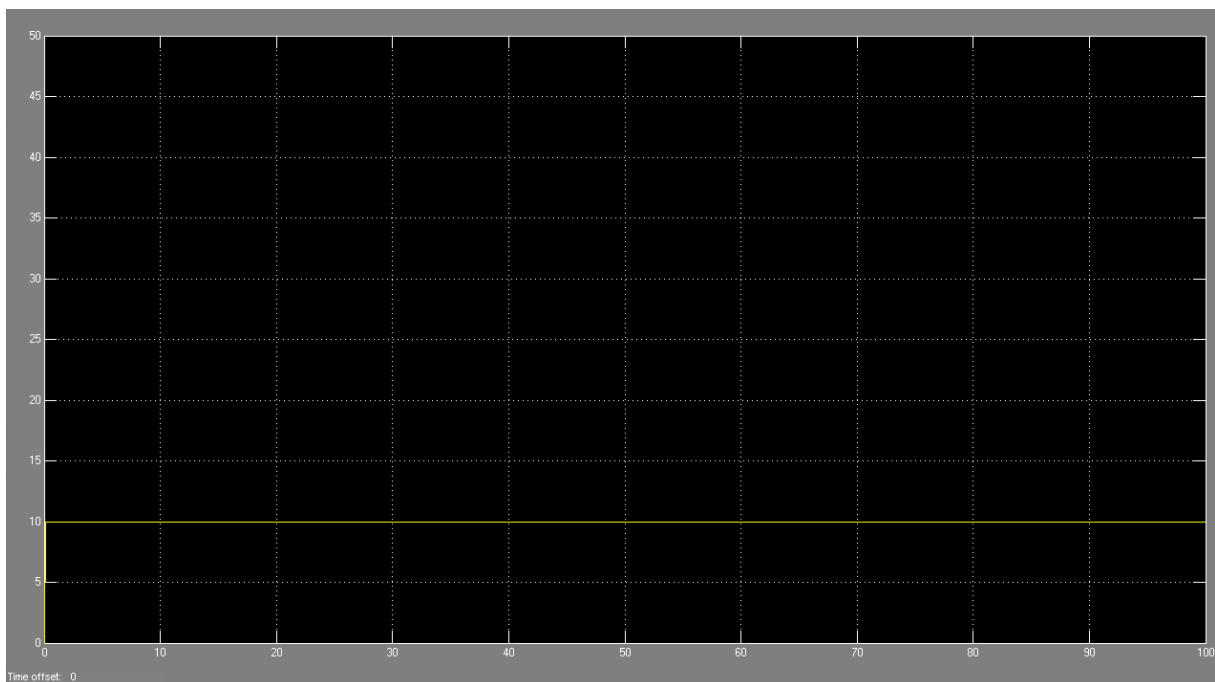
Radius:  $0,5 \cdot 10^{-1}$  m.

Trehetsmoment:  $3,04 \cdot 10^{-6}$  kgm<sup>2</sup>.

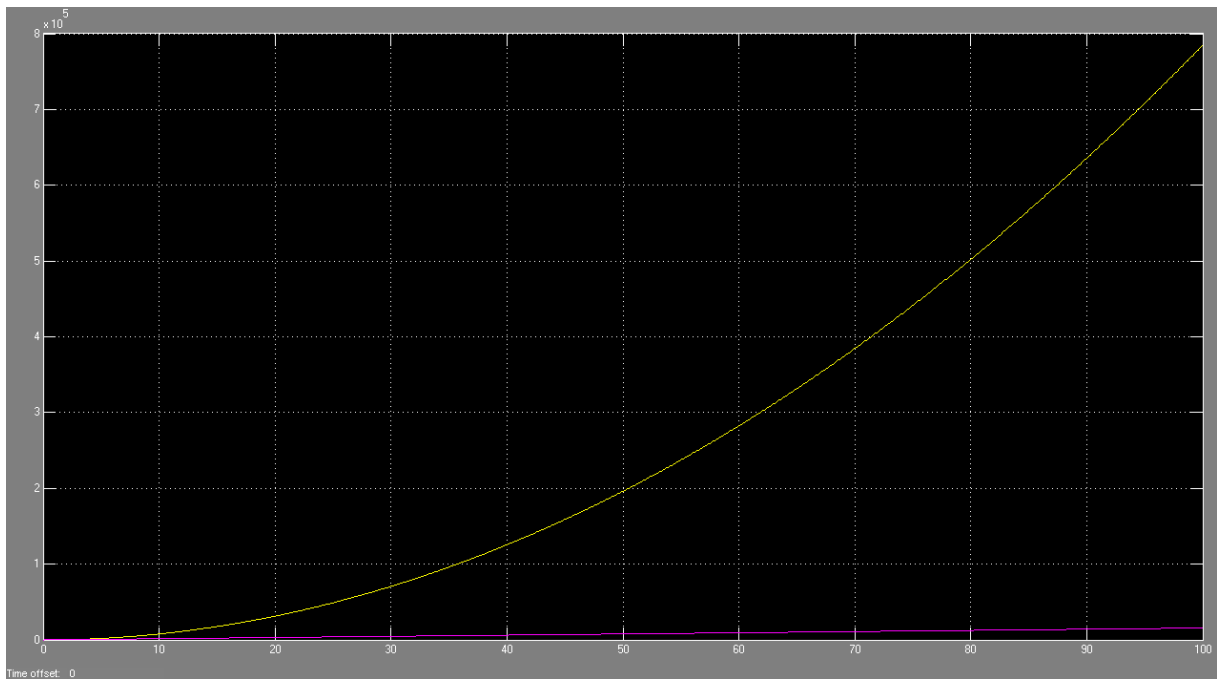
Momentkonstant: 1,2 Vs/rad

Friksjonskonstant:  $0,5 \cdot 10^{-1}$  Nms/rad

Videre er alle simulator innstillinger satt opp ”solver” og steglengde. I figur (2) ser vi at vi har to innganger inn til systemet, og to utganger. I figur (4) har vi enda en inngang til (På grunn av den bratte veien). Vi har en steg-funksjon på den strøm inngangen. Den representerer et sprang som skaper strøm, et slikt sprang kan for eksempel simulere at noen skrur på en bryter. Simuleringsbilder i flatt vei:

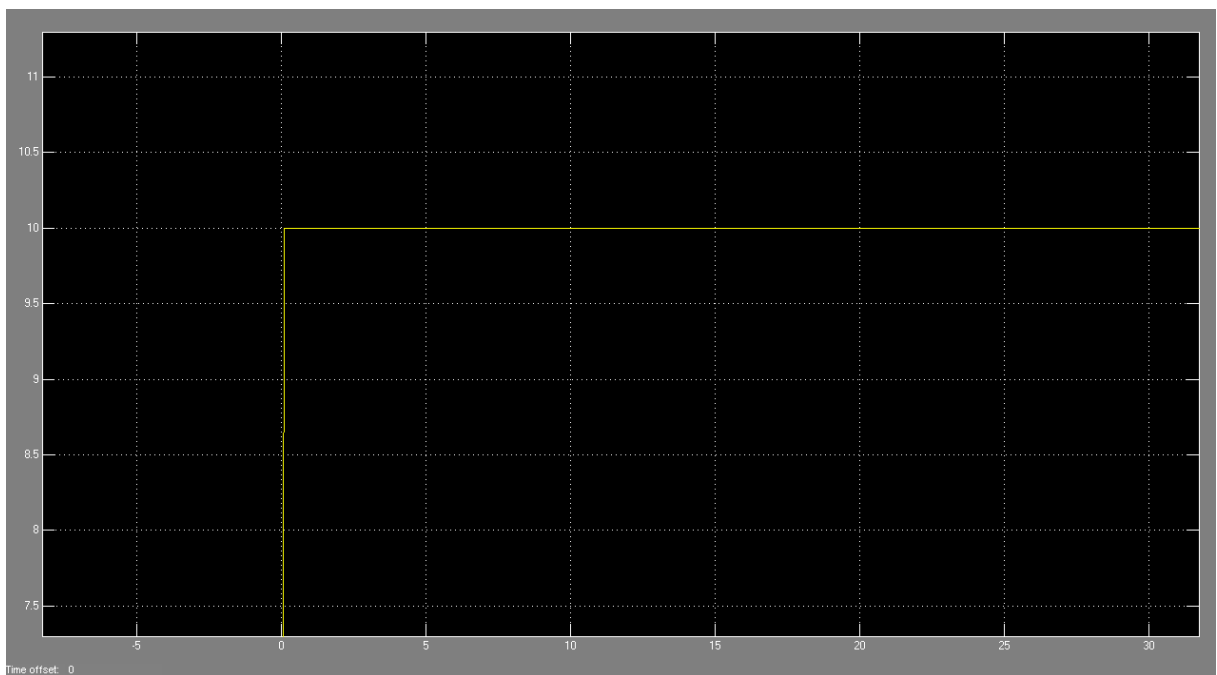


Figur 5: Simuleringsbilde i flatvei(Strøm/tid)

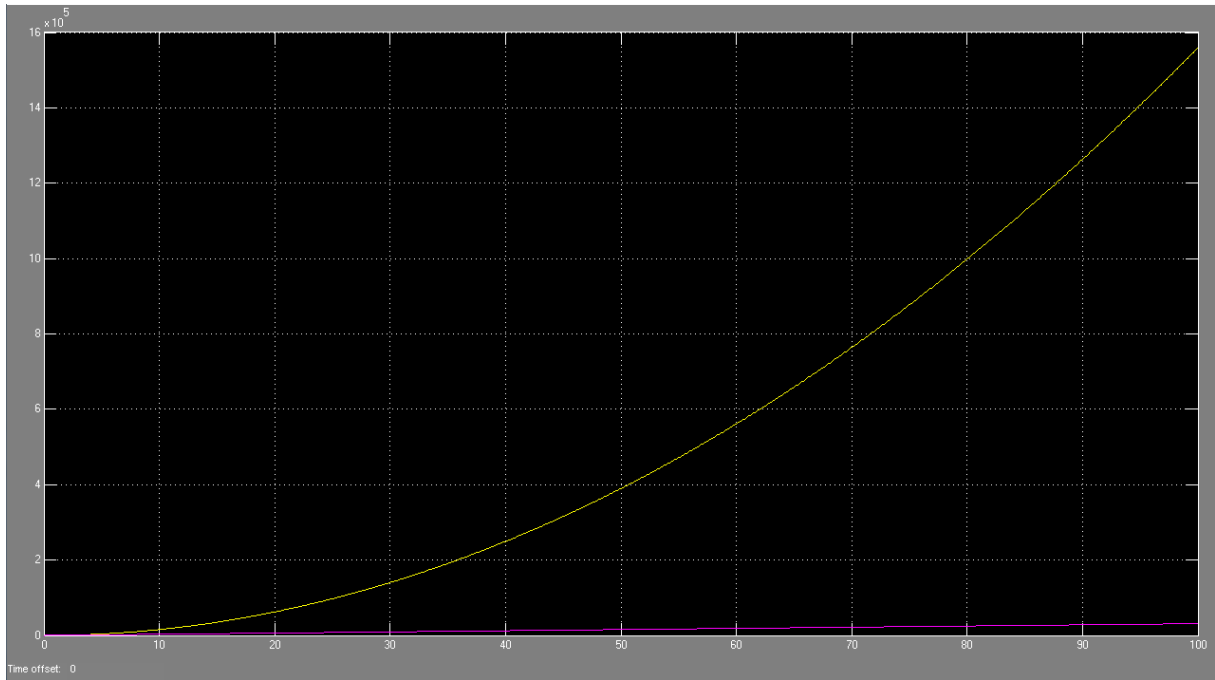


Figur 6: Simuleringsbilde i flatvei(Avstand(gul) /hastighet(lilla))

Simuleringsbilder i bratt vei:



Figur 7: Simuleringsbilde i bratt vei(Strøm/tid)



Figur 7: Simuleringsbilde i bratt vei(Avstand(gul)/Hastighet(lilla))

### 3. Konklusjon

Når vi arbeider med modeller, skal vi alltid i bakhodet at modeller aldri er perfekte eller helt nøyaktige. Det virkelige systemet vil alltid oppføre seg noe forskjellig fra det modellen kan predikere. Men til tross for slike unngåelige modellfeil, kan modeller være svært nyttige, så lenge de beskrives prosessens dominerende egenskaper.

Dette dokumentet inneholder, bygging av matematisk modell med hensyn på en motor som beveger en last (for oss en prototyp). Deretter ble det laget blokkdiagram ut i fra denne matematiske modellen. Og til slutt implementeres denne blokkdiagrammet i simulink til å kjøre(teste). De resultat av simulink bildene viser at hvordan hastigheten og avstanden beveger seg i forhold til forskjellige tilførsel strøm og forskjellige vei forhold(flatt og bratt vei). Man kan bruke de bildene til å finne ut tiden prototypen bruker til å bevege en vist avstand. Da kan man bregne strømbruk og videre kan man bestemme det hvilken av typen eller hvor stort kapasitet batteriet bør ha.



## 4. Kilder

[1] Finn Haugen, Reguleringssteknikk.

[2] John Chiasson, Modeling and high-performance control of electric machines.

# Motor parameter

---

V 1.0



# SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*

## Innholdsfortegnelse

V 0.1.....	2
Dokument historie .....	4
Forkortelser .....	5
1. Introduksjon.....	6
1.1. <i>Definisjoner</i> .....	6
2. Beregning av motor parameterne .....	7
3. Konklusjon .....	8
4. Kilder.....	9

## Dokument historie

Versjon	Dato	Endringer	Utført av
0.1	03.05.2013	Opprettet dokument	IA
0.2	24.05.13	Opprettet dokument	IA
1.0	25.05.13	Frigjort for godkjenning	IA

Tabell 1

## Forkortelser

Dokumentet inneholder noen forkortelser, forklaring på disse følger under i tabell 2.

Forkortelser	Forklaring
DC	Likestrøm
IA	Ibrahim Arpaci

Tabell 2

## 1. Introduksjon

For å kjøre simulink, må vi vite motor parameterne. Man kan finne noen motorer som har allerede beregnet de parameterne. Men dc motoren som vi bruker i modell roboten, må vi beregne, fordi de er ukjente. For å gjøre dette må vi både måle og beregne en del ting for å komme i mål.

### 1.1. Definisjoner

L: Induktans

R: Resistans

$K_b$ : Rotasjonsindusert spenningskonstant

$w(t)$ : Rotasjonshastighet(rad/s)

J: treghetsmoment

f: friksjons konstant

$K_T$ : momentkonstant

V: tilførselsspenning

$\tau_L$ : Lastmoment

$\theta(t)$ : Rotorens vinkelposisjon

## 2. Beregning av motor parameterne

Parametrene som skal finnes, er de samme som inngår i modellen for en vanlig likestrømsmotor med permanentmagnet i stator, gitt nedenfor.

$$L_a \frac{di_a(t)}{dt} = U_s(t) - R_a i_a(t) - K_b W_R(t) \quad (1)$$

$$J \frac{dW_R(t)}{dt} = K_T i_a(t) - f W_R(t) - \tau_L(t) \quad (2)$$

$$\frac{d\theta(t)}{dt} = W_R(t) \quad (3)$$

Ettersom denne motoren har permanentmagnet i stator, vil parameteren for rotasjonsindusert  $K_b$  og parameteren for moment  $K_T$  være like.

Alle målinger skal gjøres i stasjonær drift. Dette betyr at derivatleddene i (1) og (2), blir null, og derfor kommer vi ikke til å forsøke å bestemme disse parametrene ( $L_a$  og  $J$  kan i alle tilfelle regnes som null.)

Første parameter som skal finnes er  $R_a$ , denne kan finnes ved å låse rotor og sette spenning på motoren, og måle sammenhengende verdier for strøm og spenningen. Til slutt deles den gjennomsnittlige verdien av spenningen til den gjennomsnittlige verdien av strømmen og da finner vi rotor motstanden ( $R_a$ ).

Det ble kjørt noen tester hvor hastigheten ble målt og motoren var ubelastet. Tabellen som ble lagd viser data for de resultatene.

$U_s$	$I_a$	$I_a$ (låst rotor)	Hastighet(Rad/s)
1	0,1	0,2	321
3	0,2	0,4	748
5	0,3	0,6	1108
6	0,35	0,7	1012
7	0,35	0,8	1218

Tabell1: Motortest uten last.

Når vi låser rotor og har konstant spenning  $U_s$ , vil (1) reduseres til  $0 = U_s(t) - R_a i_a(t)$ . Da blir  $R_a = U_s / i_a$ .  $R_a = 22 / 2.7 = 8.148 \Omega$ .

Den neste parameteren som skal finnes er  $K_b$ , for å finne denne, må vi ha rotorhastighet  $W_R$ . Hvis vi forutsetter stasjonær drift, vil (1) forenkles til  $0 = U_s(t) - K_b W_R(t)$ . Her må vi inkludere hastigheten som radianer per sekund. Da blir  $K_b = K_t = 22 / 4407 = 0,0049$ .

Tredje parameter som skal finnes er  $f$ . For å finne denne, kan vi bruke en frittstående motor i vanlig drift, uten belastning ( $\tau_L = 0$ ). Vi får da (stasjonær drift)  $0 = K_T i_a(t) - f W_R(t)$ . Da blir

$$f = (0,0049 \times 2,7) / 4407 = 0,00003 \text{ Nms/rad.}$$

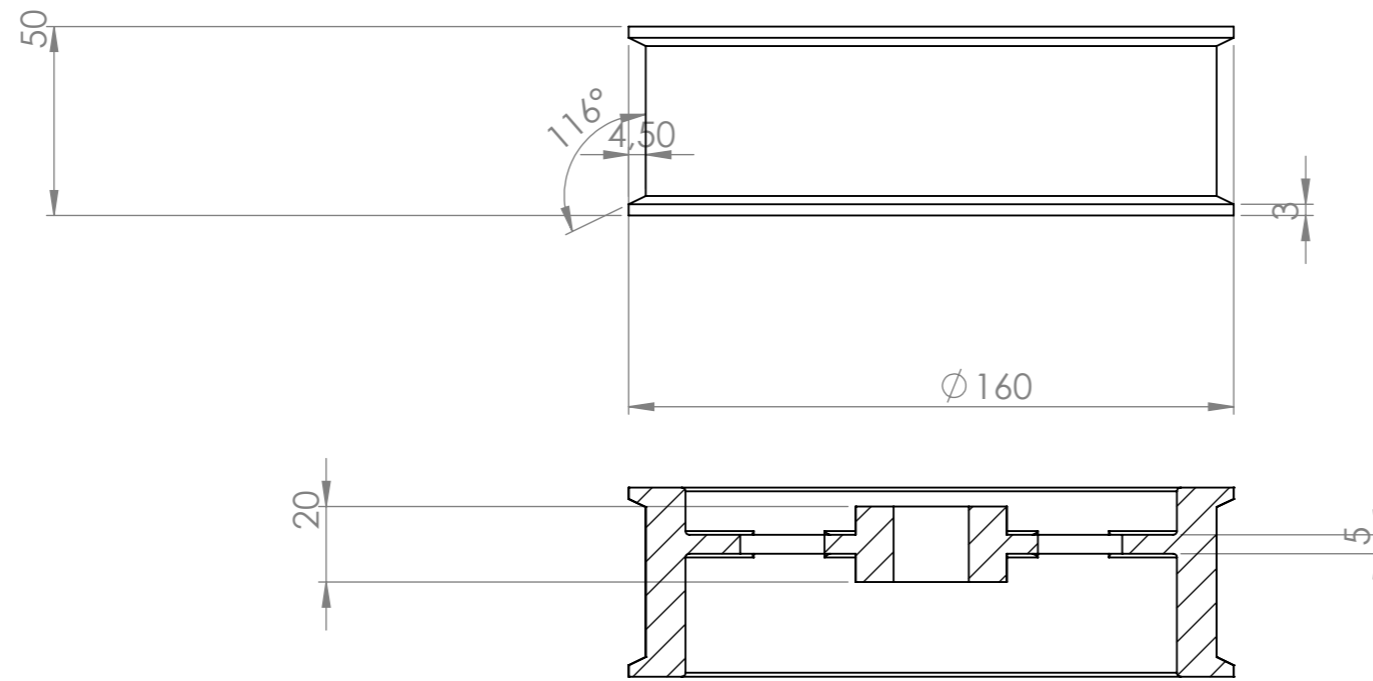
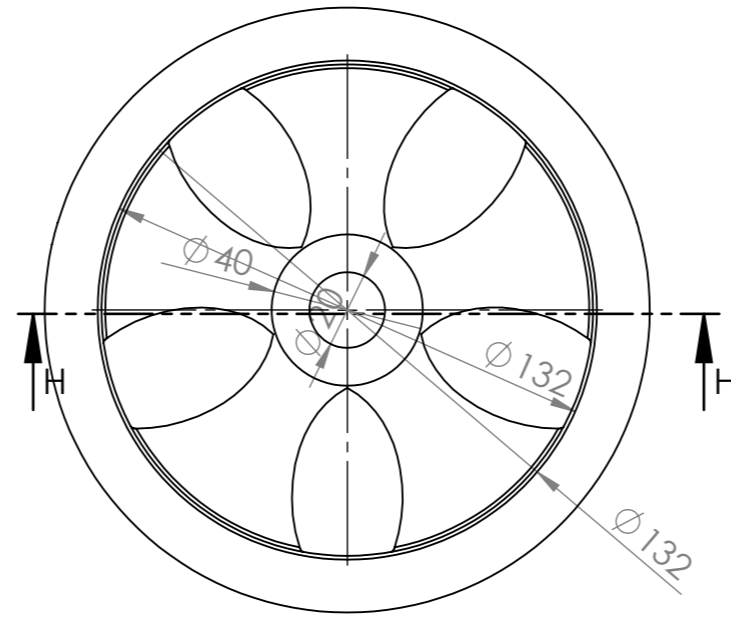
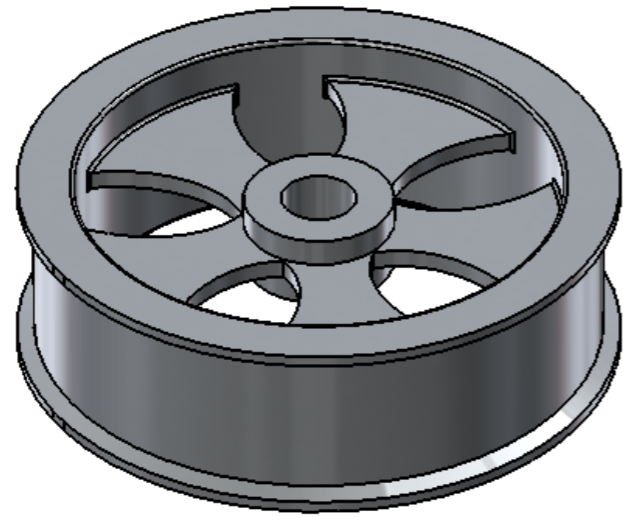
### 3. Konklusjon

Motor parameterne ble beregnet ut i fra målingen av spenning og strøm, og beregnet ut i fra spenning og moment balansene. Da kan vi sette de verdiene i matlab filene for å kjøre simulink. Ut i fra simulink, kan vi se bevegelsene mellom spenning, strøm, moment og posisjon for rotoren.



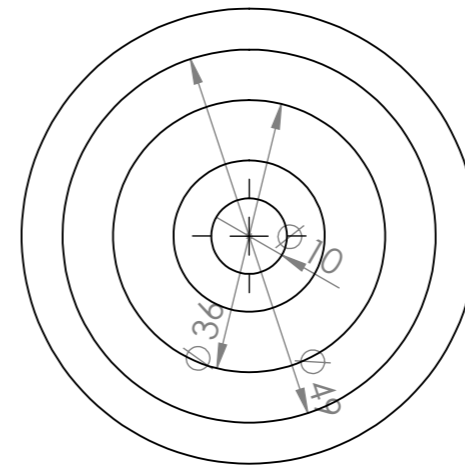
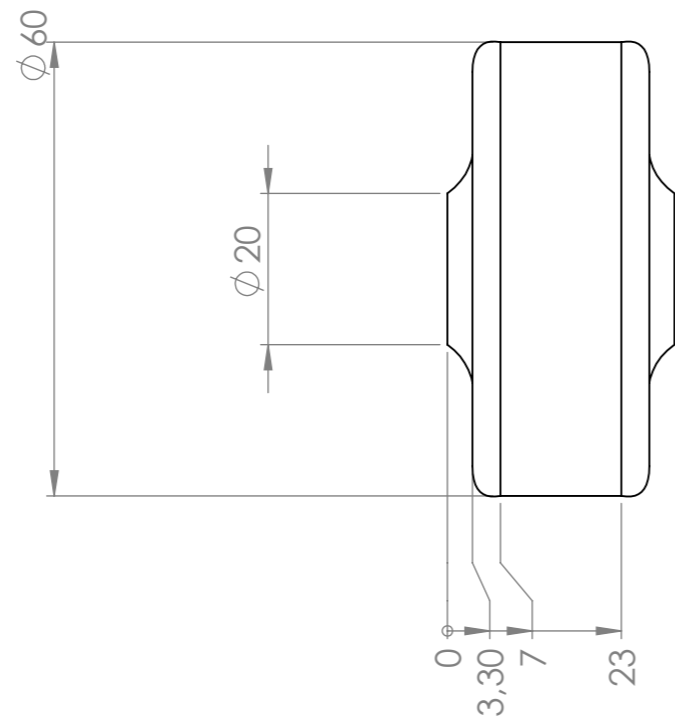
## 4. Kilder

[2] John Chiasson, Modeling and high-performance control of electric machines.

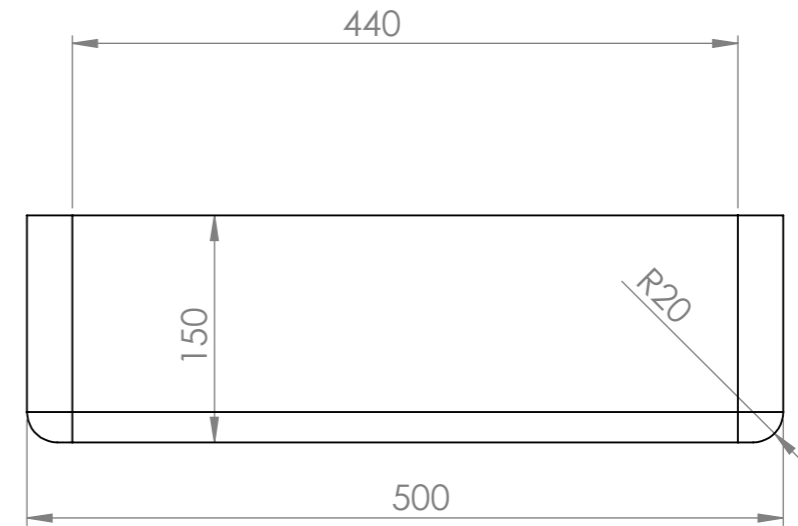
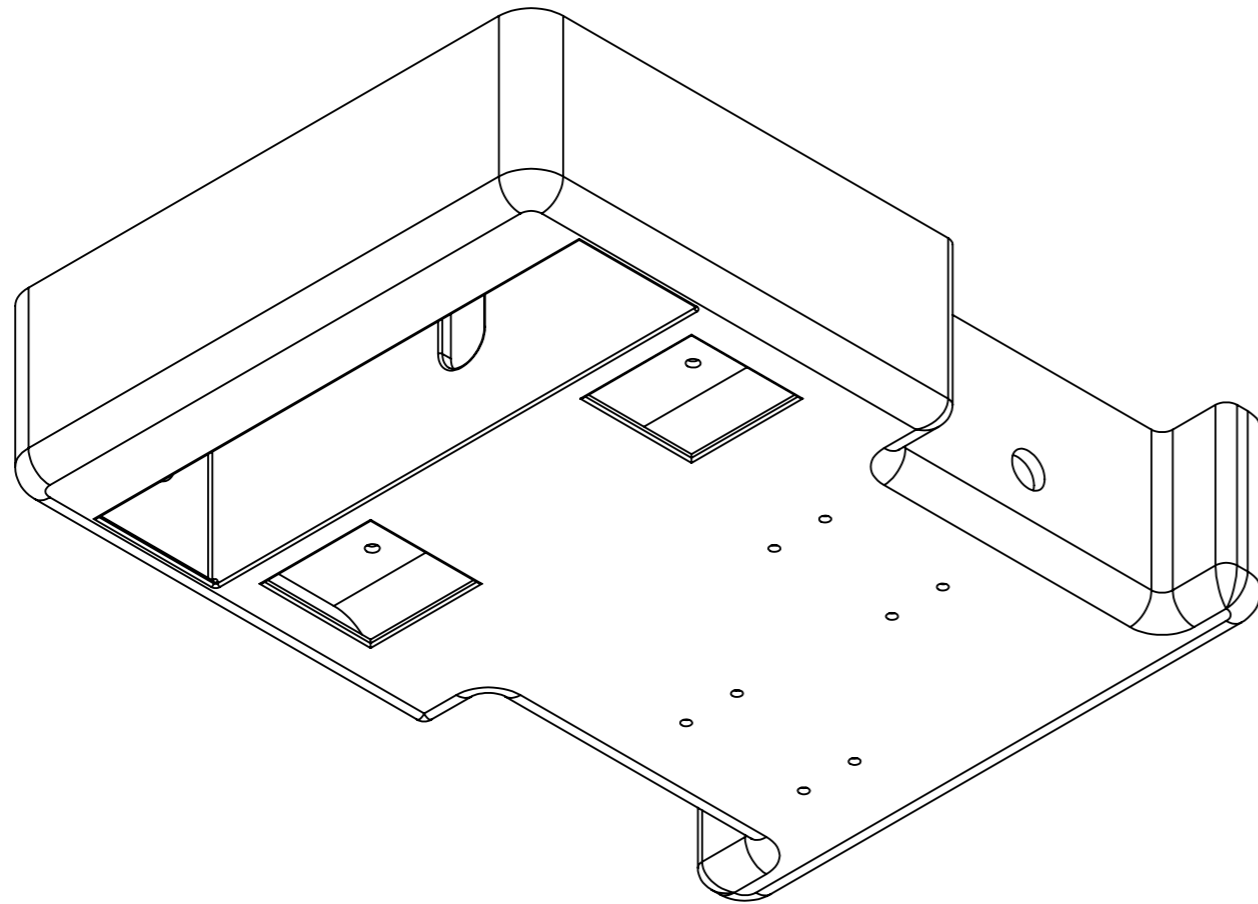
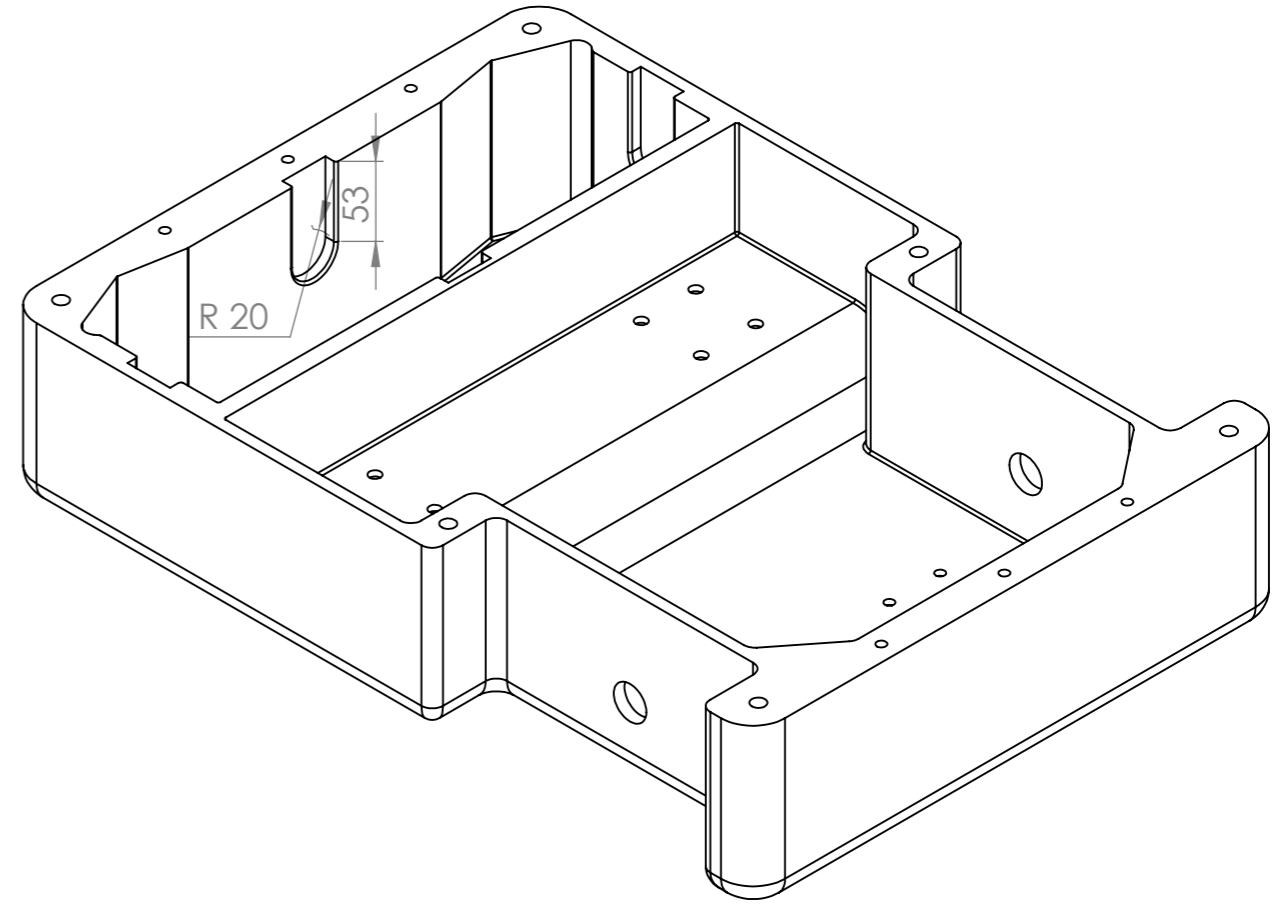
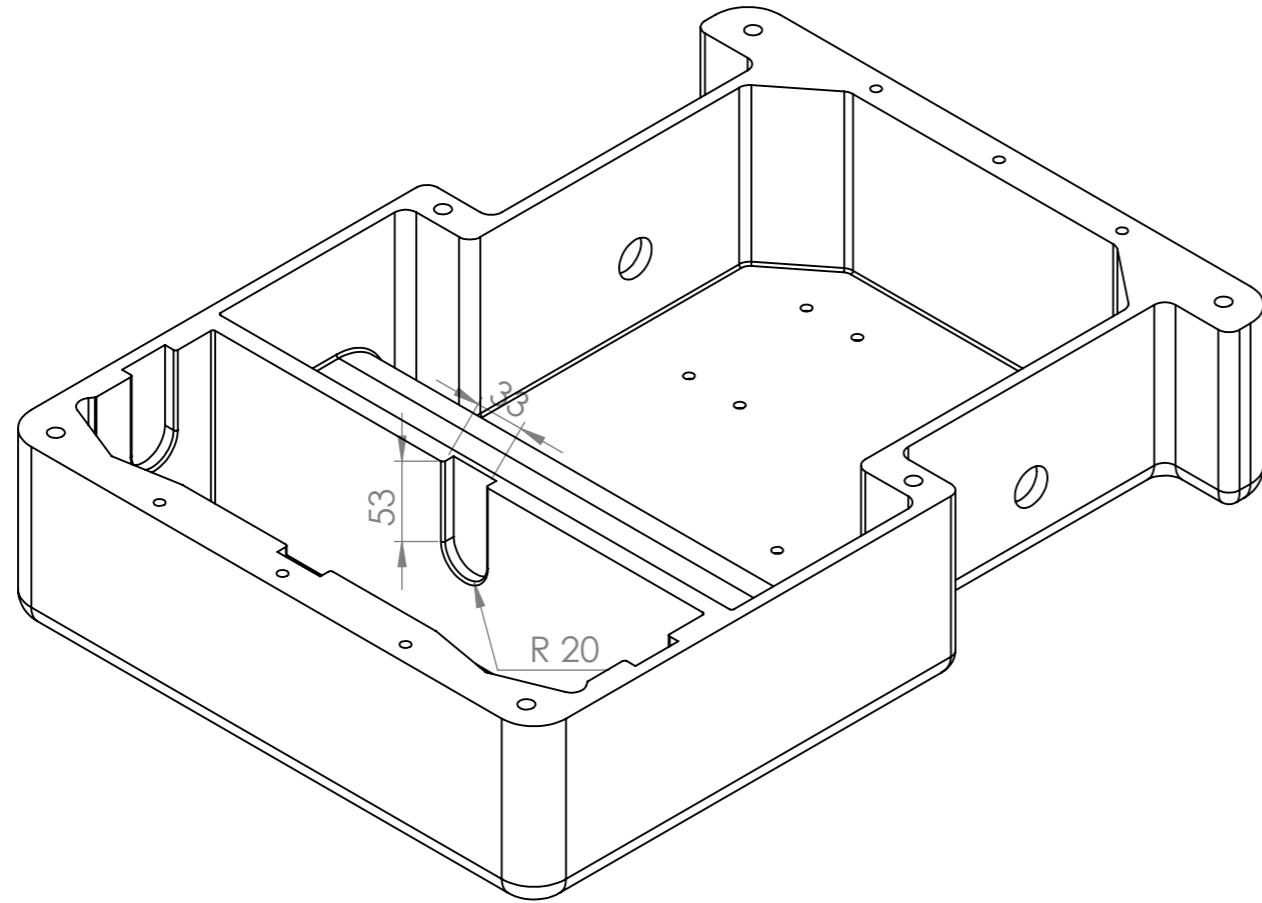


SECTION H-H

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN				NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:	
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A								MATERIAL:		DWG NO. felg-15 .2d	
								WEIGHT:		SCALE:1:2	
										SHEET 1 OF 1	
										A3	



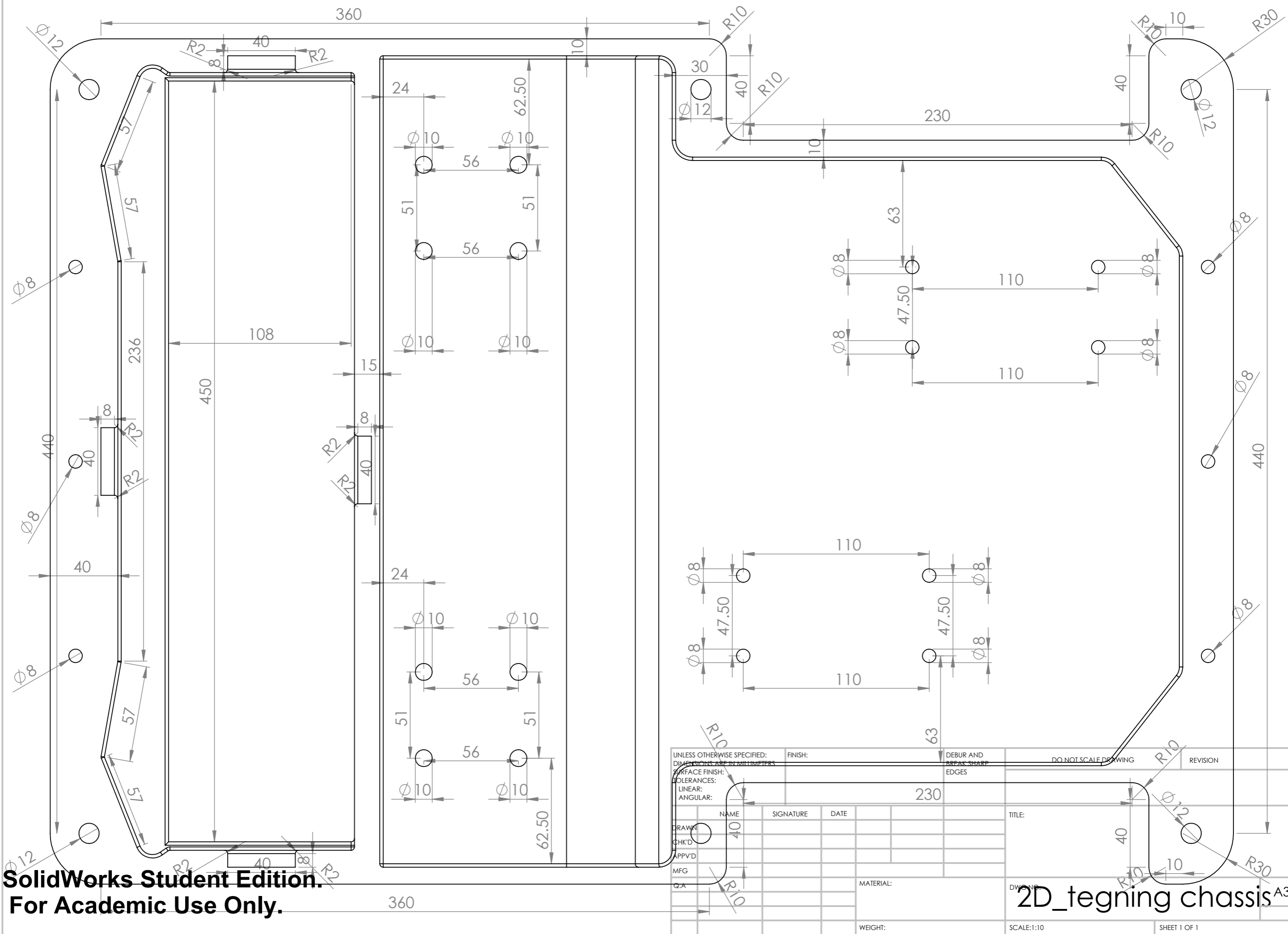
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
								TITLE:			
DRAWN				NAME		SIGNATURE		DATE			
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A								MATERIAL:		DWG NO. <b>mod-løpehjul 2d</b>	
								WEIGHT:		SCALE:1:1	
										SHEET 1 OF 1	
										A3	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN				NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:	
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A								MATERIAL:		DWG NO:	
								WEIGHT:		SCALE:1:10	
										SHEET 1 OF 1	

**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

**2D\_tegning chassis\_front**

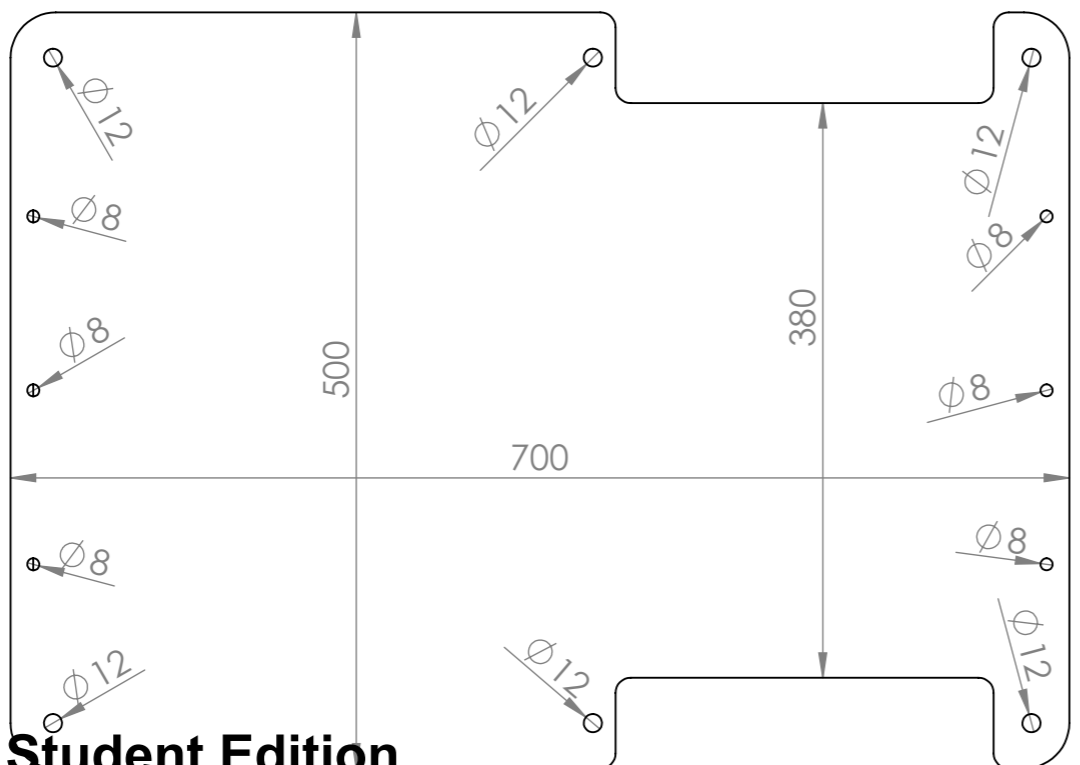
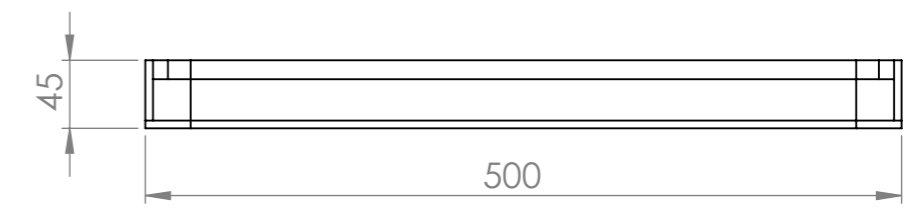
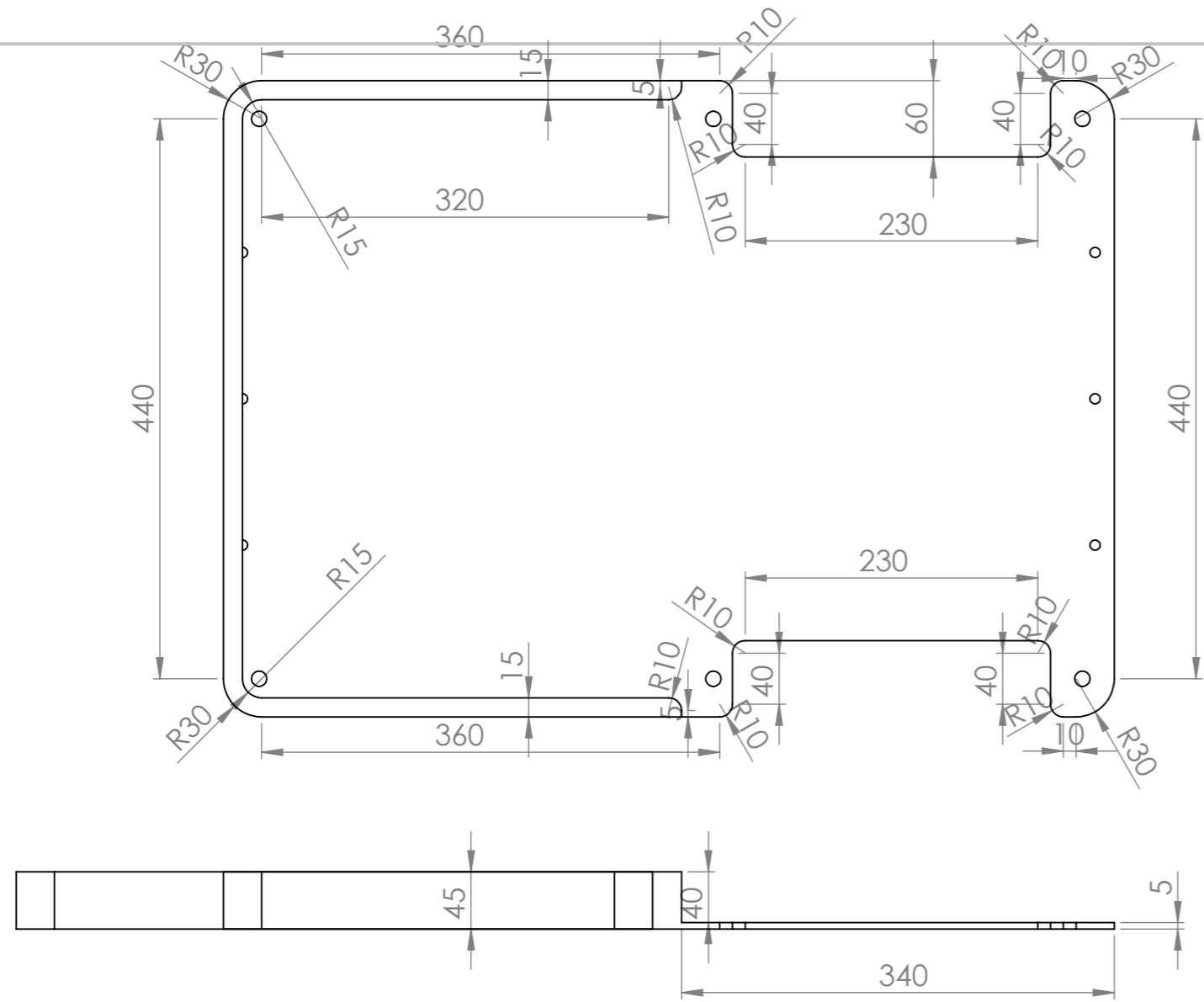


**SolidWorks Student Edition.**  
**For Academic Use Only.**

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS			FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
SURFACE FINISH:						
TOLERANCES:						
LINEAR:						
ANGULAR:						
NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:	
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						
			MATERIAL:		DWG NO:	
			WEIGHT:		SCALE:1:10	SHEET 1 OF 1

2D\_tegning chassis A3





**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN				NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:	
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A								MATERIAL:		DWG NO.	
										2D_tegning_lokk	
								WEIGHT:		SCALE:1:10	
										SHEET 1 OF 1	
										A3	

# FEM analyse felg

---

V 1.0



# SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*



## Innholdsfortegnelse

1 om dokumentet .....	4
2 Innledning.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 Design.....	5
2.2 Materiale.....	5
2.3 Låsinger .....	6
2.4 Laster .....	6
3 Analyse.....	7
3.1 Statisk belastning .....	7
3.2 Varierende belastninger .....	9
4 Konklusjon .....	11

# 1 om dokumentet

Dette dokumentet er utarbeidet i forbindelse med drøfting av FEM analysen som er utført på chassis felg.

## 1.1 Dokumenthistorie

Versjon	Dato	Endringer	Utført av
1.0	24.5.2013	Første utgivelse	JN

## 1.2 Forkortelser

Forkortelser	Forklaringer
JN FEM MPa	Jamshid Nayab Finite element Method Mega pascal

## 2 Innledning

Denne rapporten er utarbeidet for å redegjøre for FEM analysen som er gjort på Chassis felg. Hensikten med testen er å finne ut om felgen har styrke nok til å tåle spenningene som den blir utsatt for. Vi har testet felgen både mot varierende og statiske krefter som er realistisk i dette tilfellet.

## 2.1 Design



Figur 1

Felgen har en diameter på 16 cm og laget av aluminium legeringen permanent mold cast(ss)

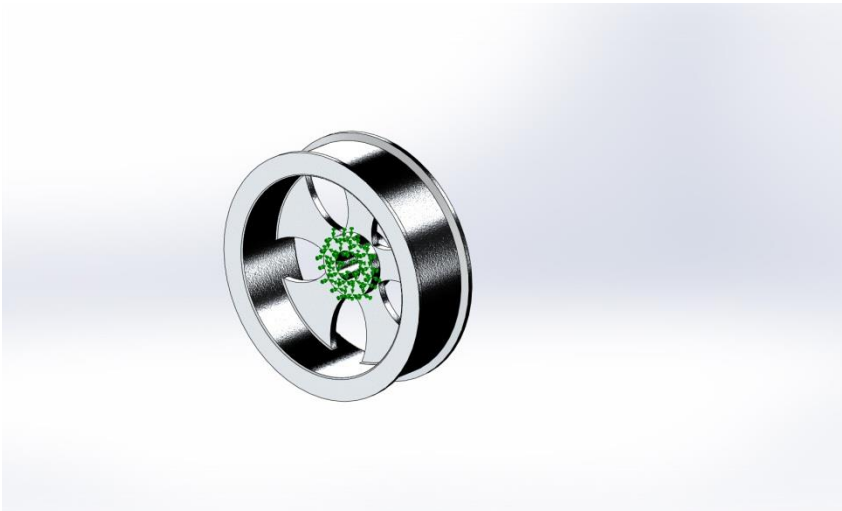
## 2.2 Materiale

Materialet som er valgt er aluminium legeringen permanent mold cast. Denne legeringen har en flytegrense på 152 MPa. Vi valgte denne legeringen fordi den har høy styrke og er samtidig ganske lett i vekt og i tillegg er den korrosjonsbestandig.

Property	Value	Units
Elastic modulus	7.24e+010	N/m <sup>2</sup>
Poisson's ratio	0.33	N/A
Shear modulus	2.72e+010	N/m <sup>2</sup>
Mass density	2680	kg/m <sup>3</sup>
Tensile strength	228000000	N/m <sup>2</sup>
Compressive strength	185000000	N/m <sup>2</sup>
Yield strength	152000000	N/m <sup>2</sup>
Thermal expansion coefficient	2.1e-005	/K
Thermal conductivity	151	W/(m·K)
Specific heat	963	J/(kg·K)

## 2.3 Låsinger

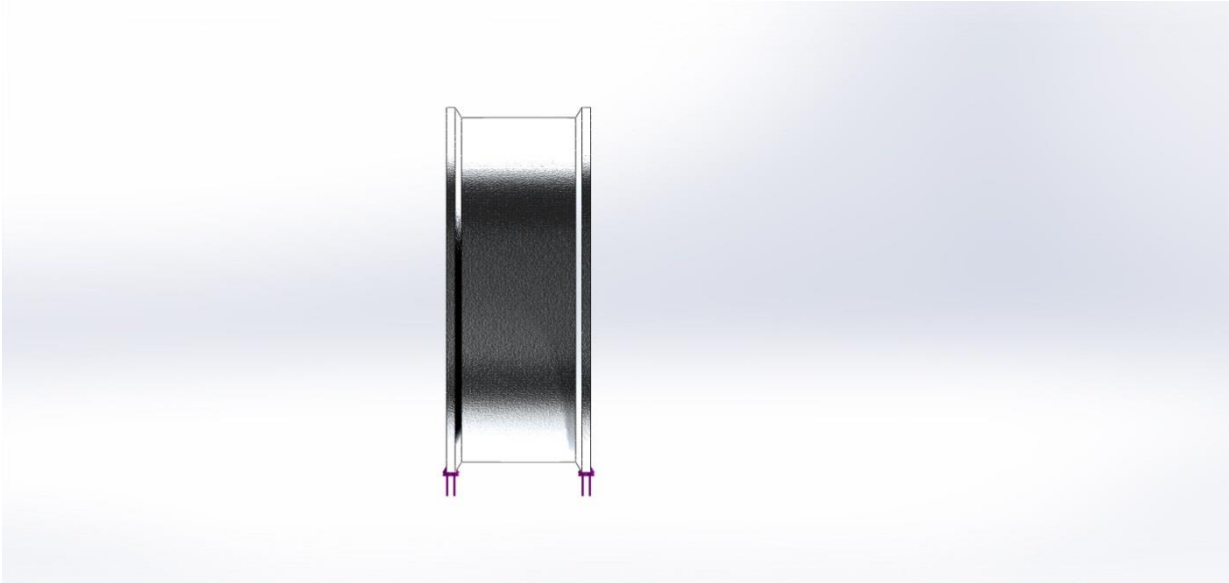
Modellen er låst ved « fixed geometry» i solidworks over flaten som er vist i bildet under.



Figur3

## 2.4 Laster

Når det gjelder laster som modellen blir utsatt for har vi gjort en del forenklinger. Vi har i grunn tatt utgangspunkt i totalvekten til hele chassis. Totalvekten av chassis er estimert til å være rundt 200 kg som er fordelt på de 4 hjulene. I så fall blir lasten på felgen  $\frac{1}{4}$  av totalvekten som tilsvarer 50 kg eller 490 N. Lasten vil virke på to kontaktpunkter mellom felgen og underlaget. Denne kraften vil bli dobbelt så stor når chassis treffer en dump.



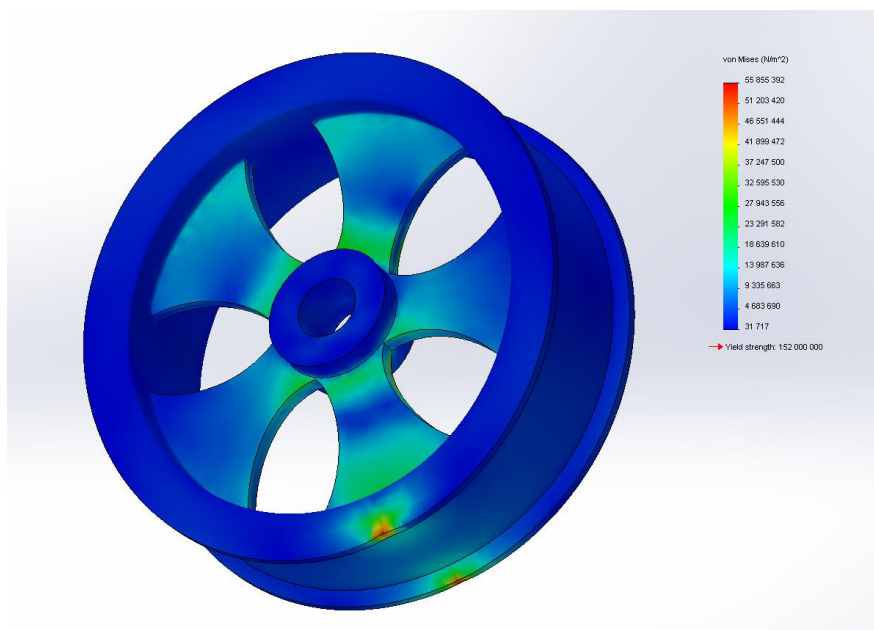
*Figur 4 viser lasten*

### 3 Analyse

- Statisk
- Utmatting

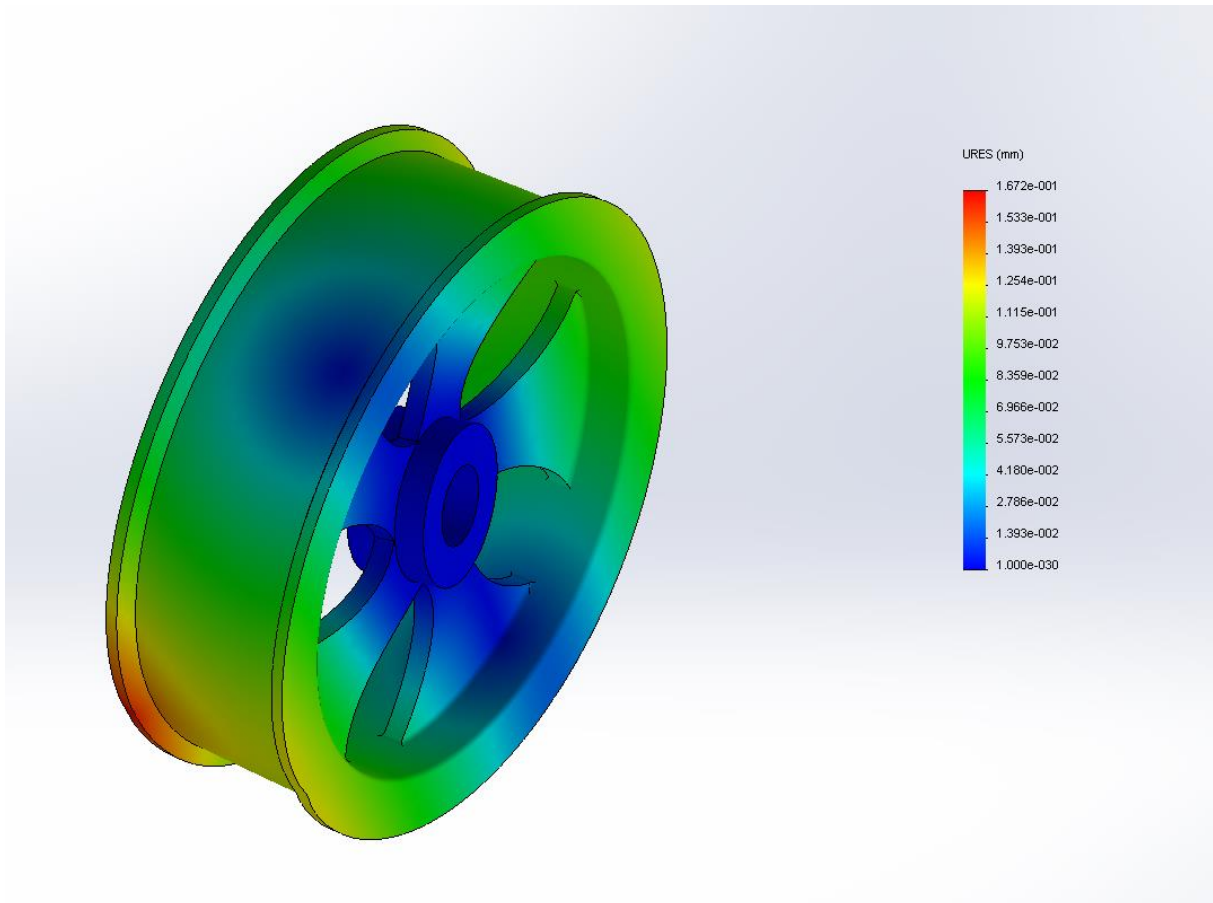
#### 3.1 Statisk belastning

Resultat av den statiske analysen viser spenninger som er mye lavere enn flytegrensen til materialet. Fra Plottet kan vi se at maks spenning oppstår ca. 56 MPa.



Figur 5

Dislokasjonensplottet ut fra den statiske analysen viser en maks deformasjon på 0.167 mmpå sidekanten der belastningene inntreffer. Ved statiske belastninger sier dette ikke no om om mulig behov for designendring.

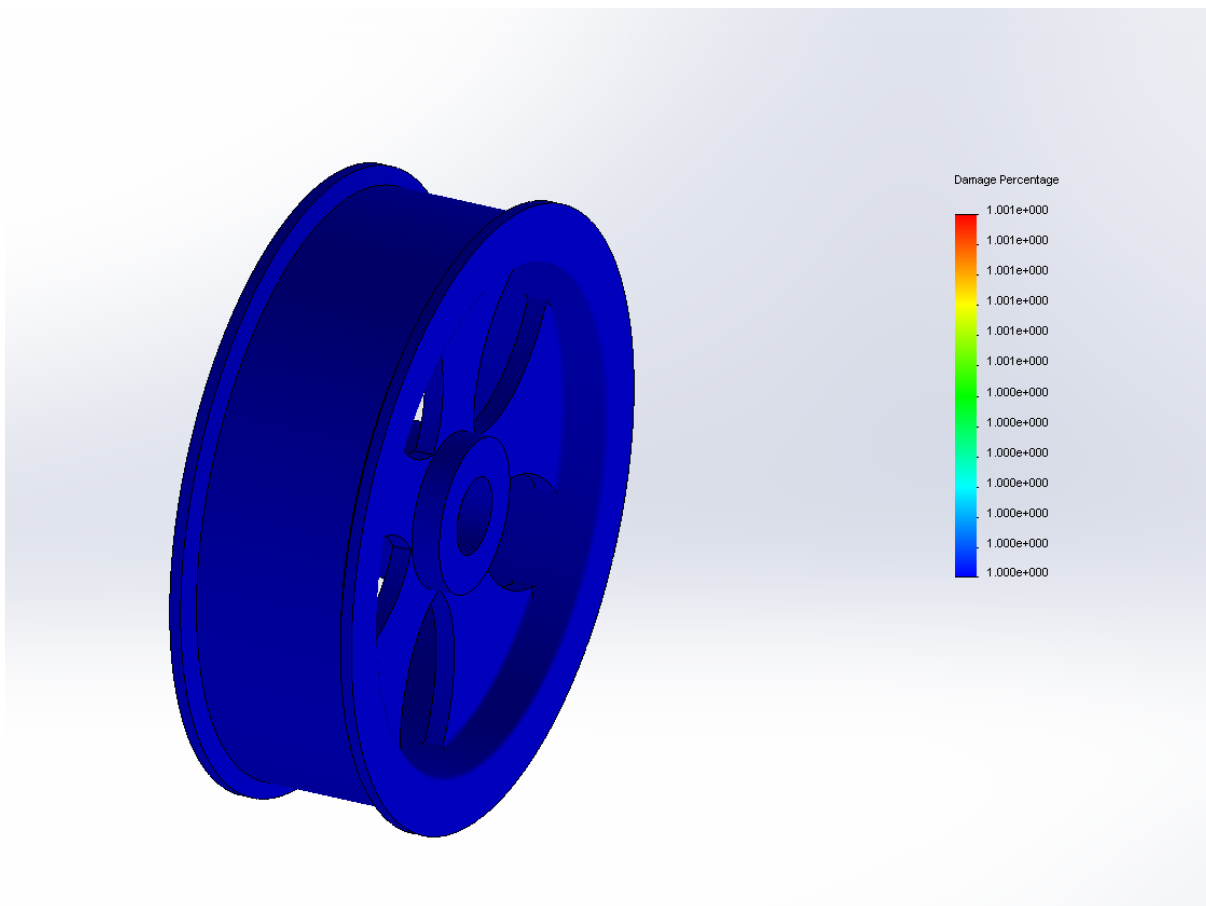


Figur 6 deformasjonsplott

### 3.2 Varierende belastninger

I utmattingsanalysen brukte resultatene fra den statiske analysen med 10000 sykkluser.

Resultatene fra denne illustrert på figur 7 viser en skadeprosent på 1%.



Figur 7

Antall sykluser før eventuelle en avgjørende skade på felgen inntreffer er på  $10^6$ . Dette innebærer felgen er i stand til å tåle  $10^6$  sykluser av vekslende krefter før en skada som kan føre til utmattingsbrudd oppstår.





# FEM analyse løpehjul

---

V 1.0



# SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*

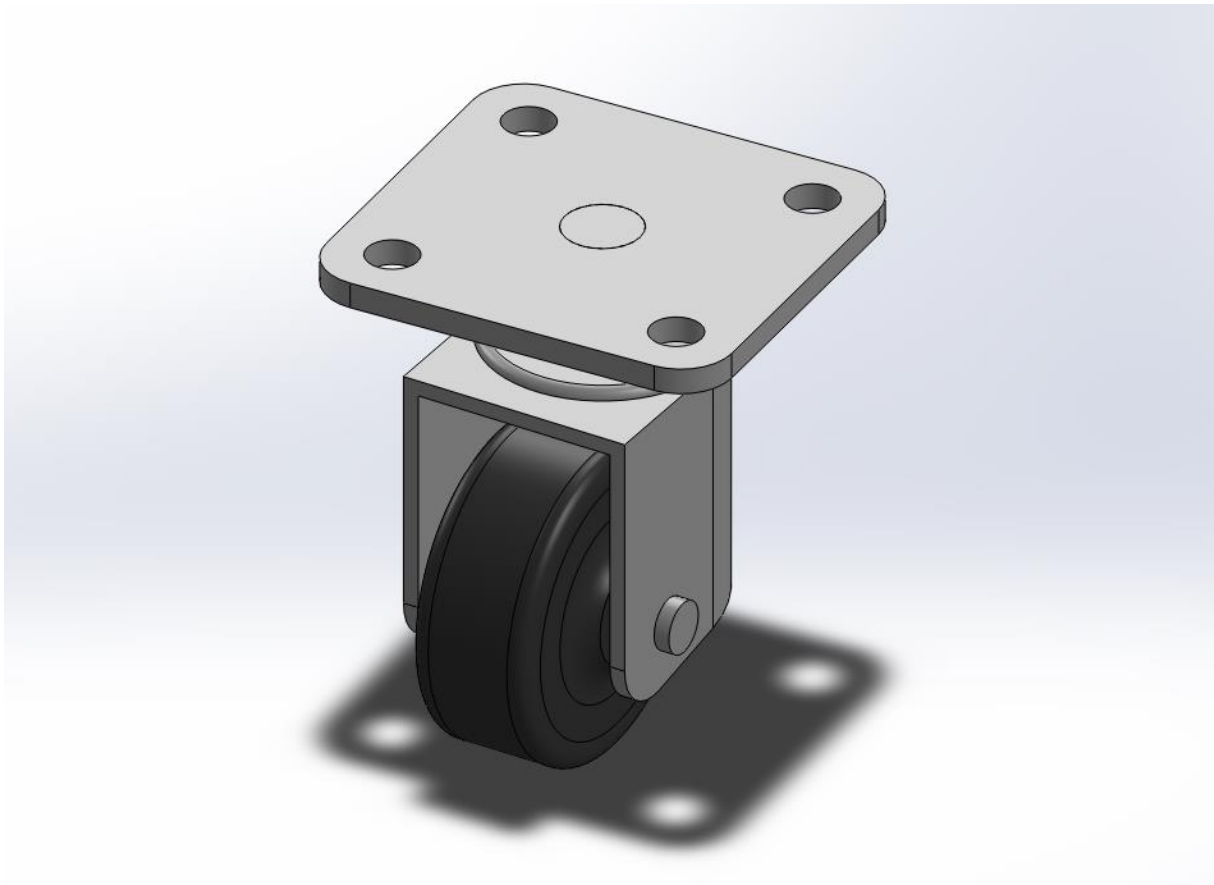
## Innholdsfortegnelse

1 Innledning.....	4
1.1 Design.....	4
1.2 Materiale.....	5
1.3 Låsinger .....	5
1.4 Laster .....	6
2 Analyse.....	6
2.1 Statiske belastninger.....	7
2.2 Varierende belastninger .....	9
2.3 Design optimalisering.....	11
3 Konklusjon .....	12

# 1 Innledning

Denne rapporten er utarbeidet i forbindelse med FEM analyse av chassis løpehjul. I denne rapporten drøftes resultatene av analysen og deretter skal det gis en konklusjon om at modellen har nok styrke til å tåle de påførte belastningene og til slutt skal det tas en vurdering om det er nødvendig for optimalisering av modellen.

## 1.1 Design



Modellen er tegnet i solidworks. Hjula har en diameter på 6 cm og høyden på løpehjulet er på 9.6 cm.

## 1.2 Materiale

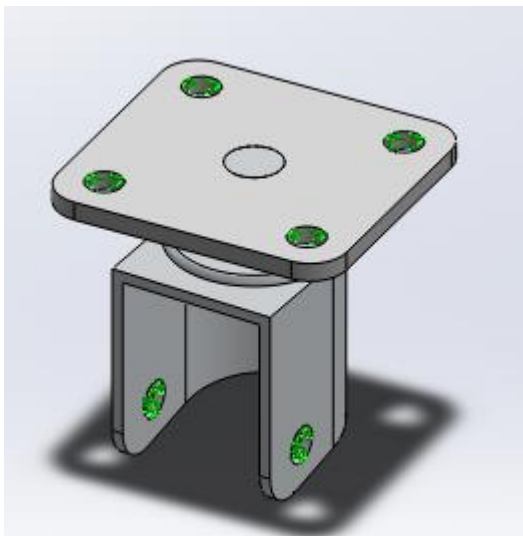
Materialet som er valgt for modellen er aluminium 1060 legering som har en flytegrense på 27.5 MPa.

Property	Value	Units
Elastic Modulus	6.9e+010	N/m <sup>2</sup>
Poissons Ratio	0.33	N/A
Shear Modulus	2.7e+010	N/m <sup>2</sup>
Density	2700	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	68935600	N/m <sup>2</sup>
Compressive Strength in X		N/m <sup>2</sup>
Yield Strength	27574200	N/m <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient	2.4e-005	/K
Thermal Conductivity	200	W/(m·K)
Specific Heat	900	J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

Figur 2

## 1.3 Låsinger

Modellen er låst med « fixed geometry» i solidworks som vist på figur.

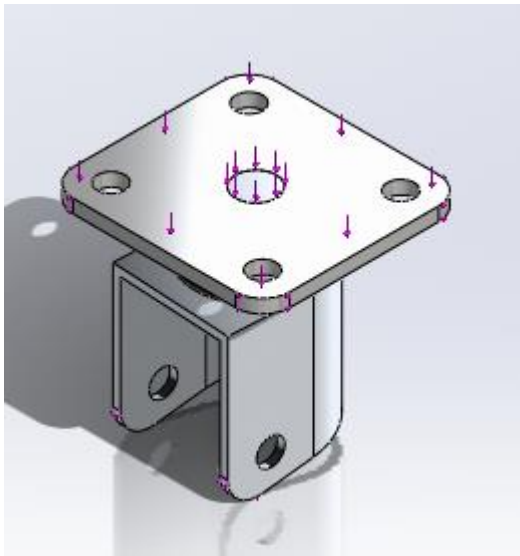


Figur 3

Modellen er låst med skruer på chassis som vist på bildet.

## 1.4 Laster

Lasten som påføres løpehjulet er  $\frac{1}{4}$  del av totalvekten av chassis. Denne lasten fordobles når løpehjulet treffer en dump og løpehjulet smeller i underlaget. Omgjort til i newton blir det om lag 980 N.



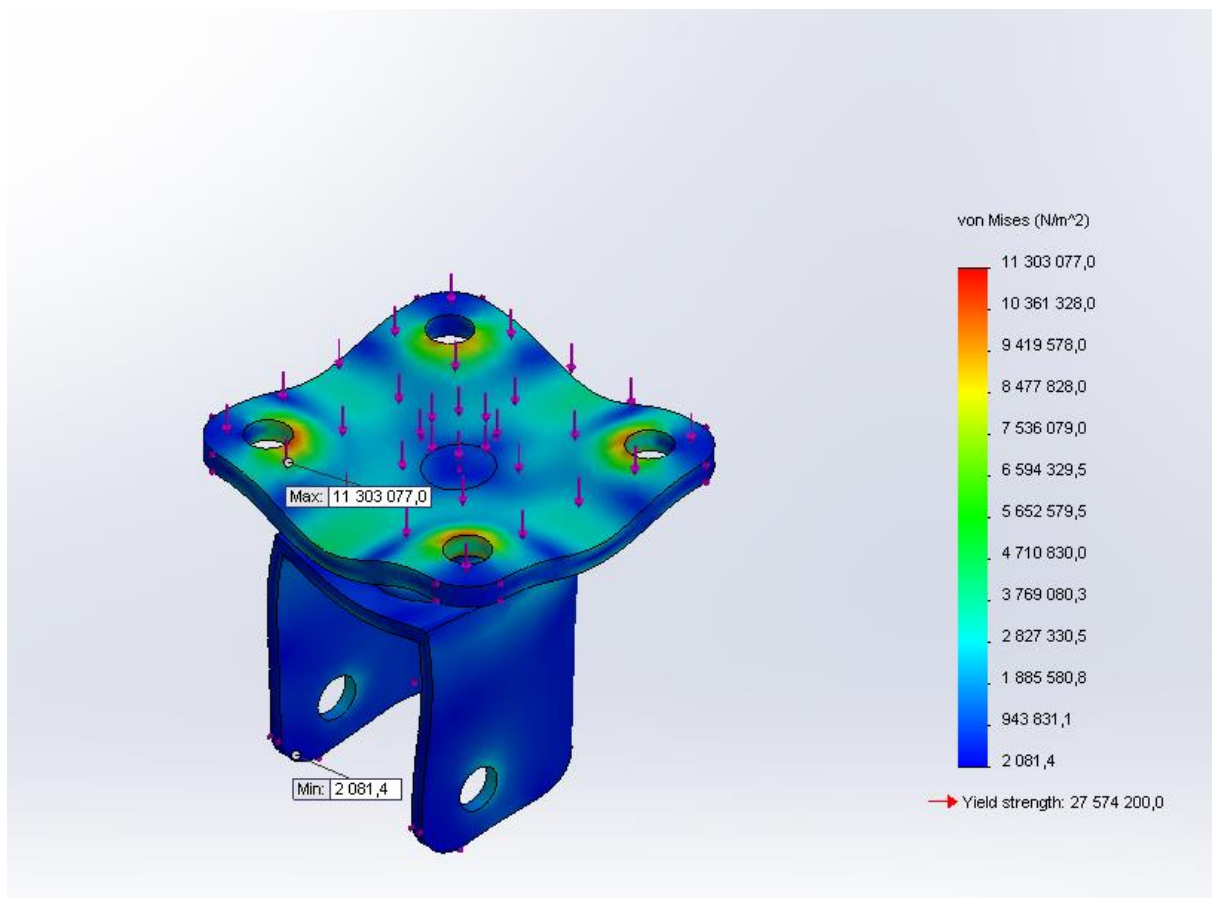
Figur 4

## 2 Analyse

- Statisk
- Utmatting

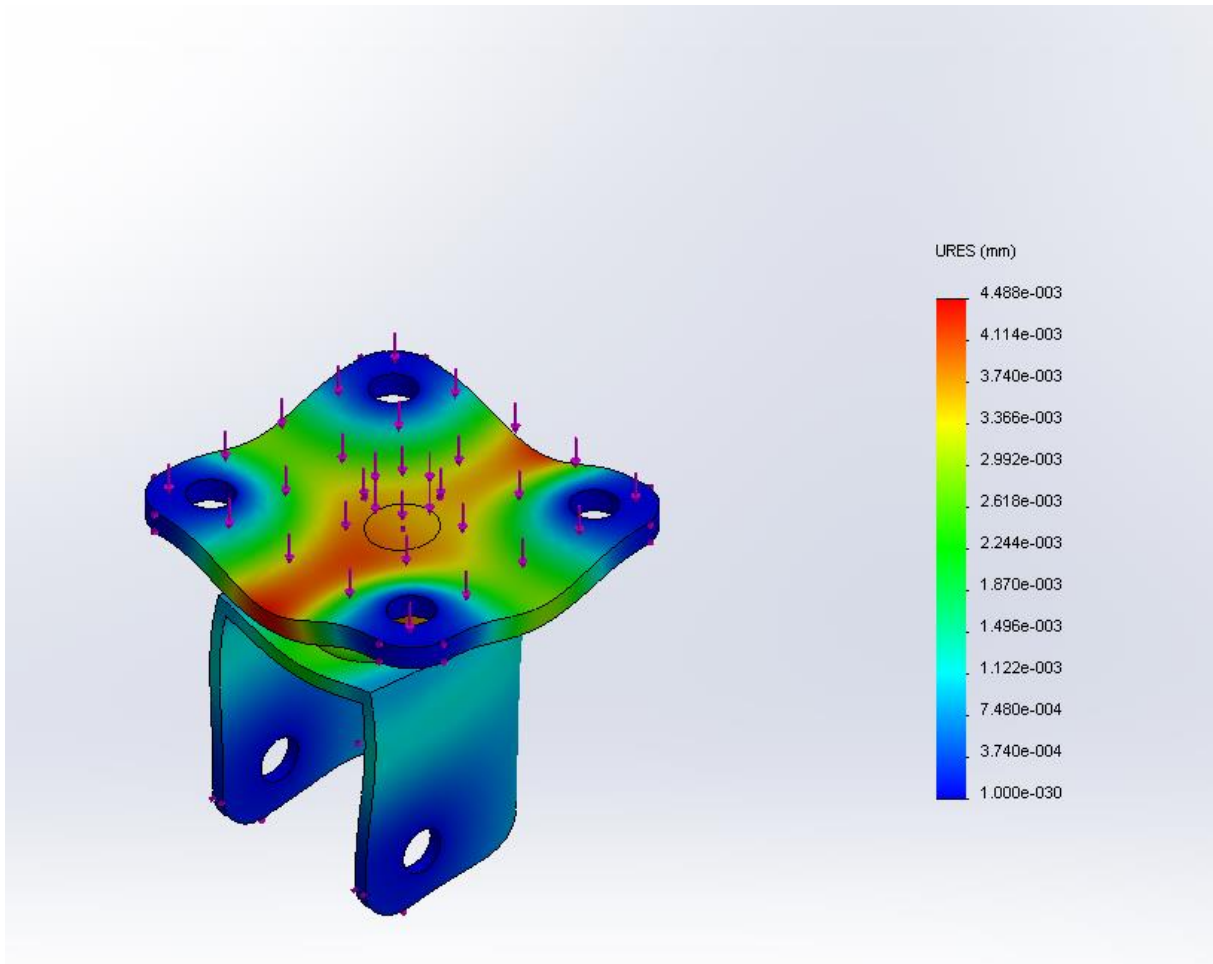
## 2.1 Statiske belastninger

Resultatene fra den statiske analysen viser at vi får en maks spenning på 11.3 MPa rund kanten på hullet lengst til venstre på figuren under. Vi kan tydelig se at spenningen er konsentrert rundt hullene der skruene festes.



Figur 5

Deformasjonsplottet viser en maks deformasjon på rundt 0.0045 mm som er veldig lite. Deformasjonen går på tvers som vises med rødt farge på figuren under.

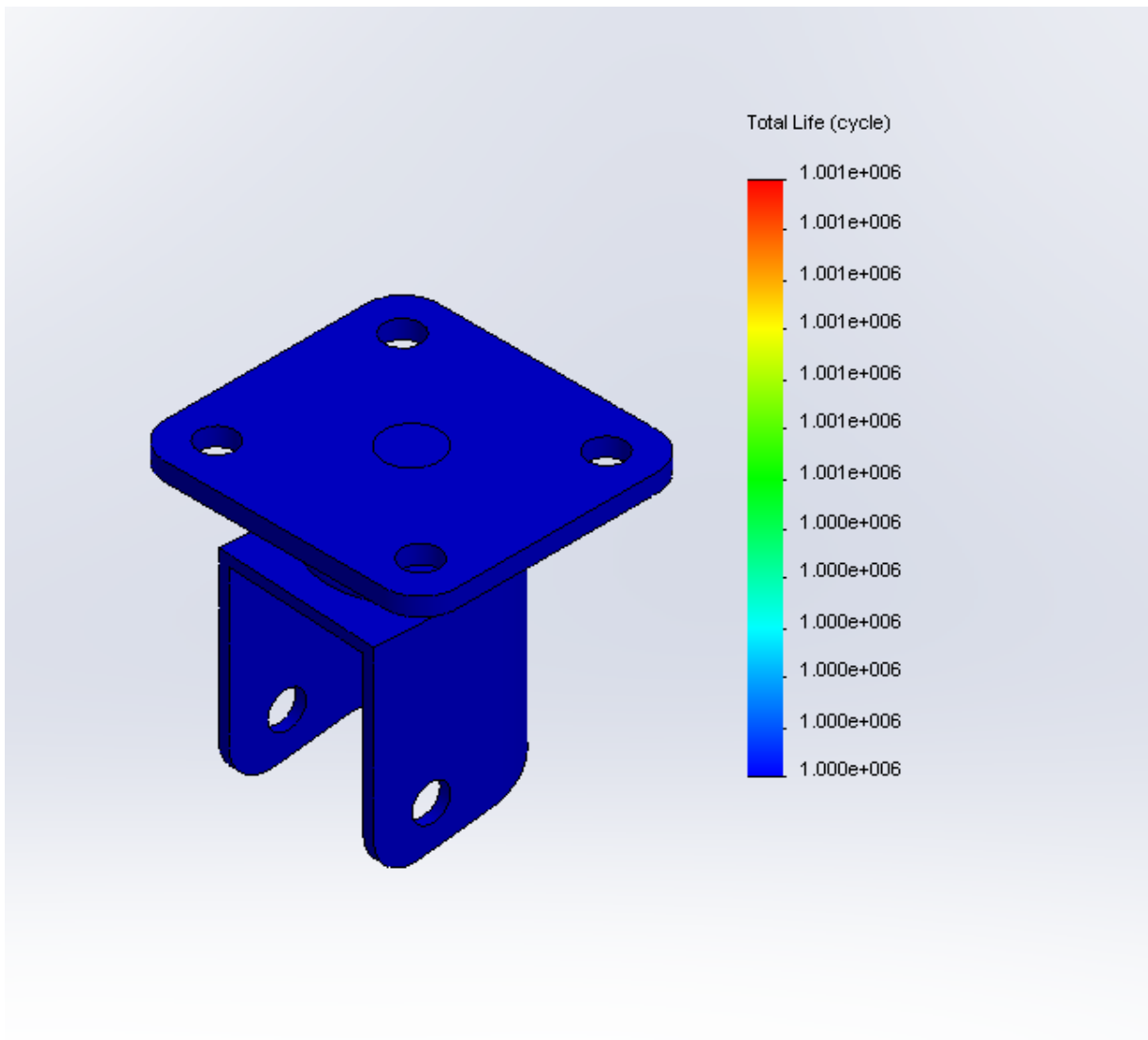


Figur 6





Figuren under viser en maks toleranser av varierende last på  $10^6$  sykluser før mulig brudd inntreffer.



Figur 8

## 2.3 Design optimalisering

Ved hjelp av design optimalisering i solidworks kan man optimalisere modellen uten at den mister sine egenskaper. Den deles som vi tenkte å endre på er tykkelse på plata på toppen som festes på chassis. Det vil si at tykkelsen øvre delen som har fire hull behandles som variabel. Begrensningen var at belastningene ikke skulle overstige 27MPa (flytegrensen til materialet)

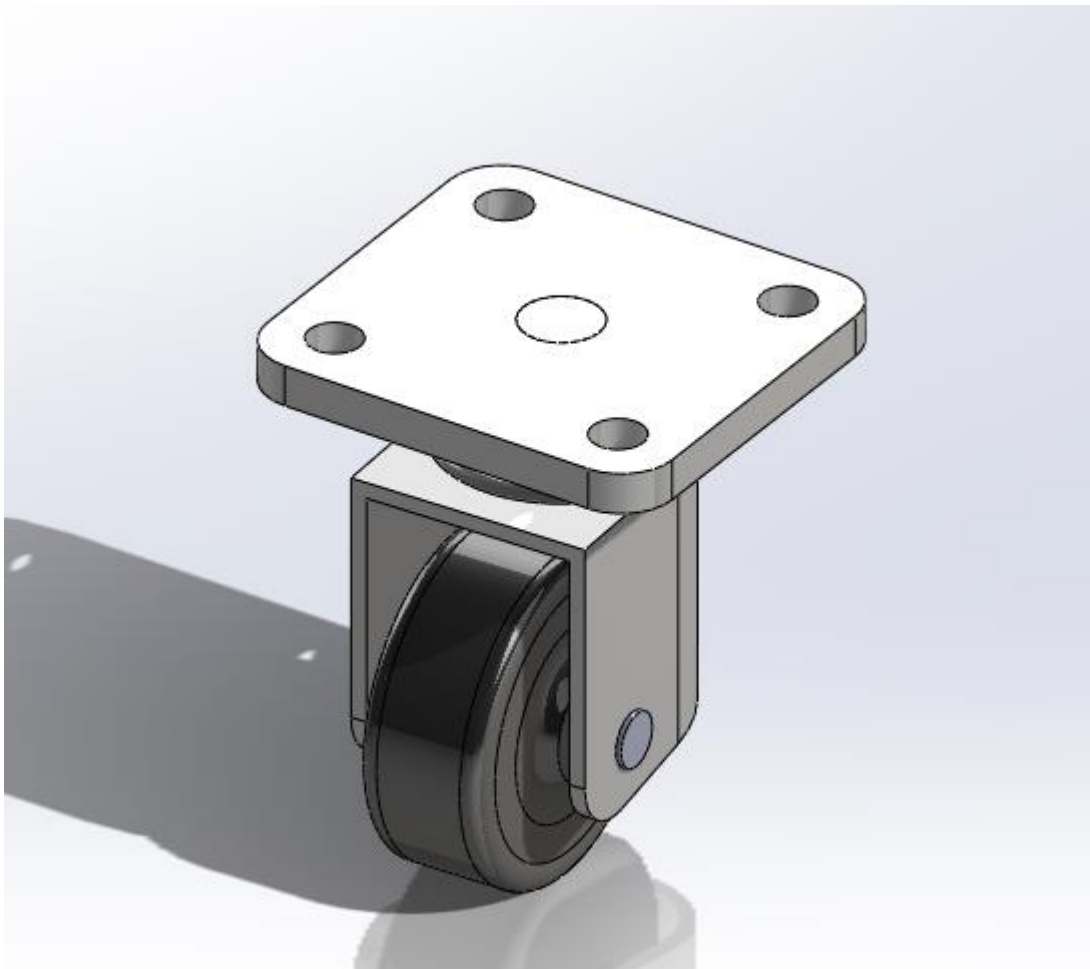
Hensikten med optimaliseringen er å redusere vekten på modellen dermed materialkost.

		Current	Initial	Optimal	Iteration 1	Iteration 2	Iteration 3
Tykkelse	<input type="text" value="8mm"/>	8mm	5mm	8mm	2.5mm	8mm	5.25mm
Stress3	> 27 N/m <sup>2</sup>	8.753e+006 N/m <sup>2</sup>	1.5283e+007 N/m <sup>2</sup>	8.753e+006 N/m <sup>2</sup>	3.5525e+007 N/m <sup>2</sup>	8.753e+006 N/m <sup>2</sup>	1.454e+007 N/m <sup>2</sup>
Stress4	Minimize	8.753e+006 N/m <sup>2</sup>	1.5283e+007 N/m <sup>2</sup>	8.753e+006 N/m <sup>2</sup>	3.5525e+007 N/m <sup>2</sup>	8.753e+006 N/m <sup>2</sup>	1.454e+007 N/m <sup>2</sup>

Figur 9

Design optimaliseringen i solidworks ga den optimale tykkelsen på 8 mm. Da blir belastningen på 8.75 MPa. Dette gir en sikkerhetsfaktor på 3 som er veldig akseptabel.

Figuren under viser modellen etter optimaliseringen.



Figur 10

### 3 Konklusjon

Selv om spenningen som påvirker løpehjulet er godt under flytegrensen . endret vi designet litt for å oppfylle kravet på sikkerhetsfaktor som er minst 3. Design optimalisering i solidworks hjalp oss med å få frem den tilfredsstillende designet som tåler de påførte spenningene uten problem

# Testrapport – FEM analyse av chassis

---

V 1.0



# SUNDVOLDEN HOTEL

*Lidenskap og omtanke i 350 år*

## Innholdsfortegnelse

V 1.0 .....	2
Dokument historie .....	4
Forkortelser .....	5
1. Innledning .....	6
2. Gjennomføring .....	7
2.1 Materiale .....	7
2.3 Låsinger.....	9
2.4 Mesh .....	10
3. Resultat .....	11
3.1 Resultat stress.....	11
3.2 Resultat nedbøyning .....	12
3.2 Resultat sikkerhetsfaktor (FOS) .....	13
4. Diskusjon .....	14
4.1 Diskusjon – stress resultat.....	14
4.2 Diskusjon – nedbøyning .....	14
4.3 Diskusjon – sikkerhetsfaktor (FOS) .....	14
5. Konklusjon.....	15

## Dokument historie

Versjon	Dato	Endringer	Utført av
0.1	22.05.2013	Opprettet dokument	AL
0.2	22.05.2013	Lagt til tekst og bilder i punkt 1	AL
0.3	23.05.2013	Lagt til tekst og bilder i punkt 2 og 3	AL
0.4	24.05.2013	Lagt til tekst i punkt 4	AL
0.5	25.05.2013	Lagt til tekst i punkt 5	AL
1.0	25.05.2013	Frigjort for godkjenning	AL

Tabell 1.

## Forkortelser

Forkortelser	Forklaring
HiBu	Høgskolen i Buskerud
ATEK	Avdeling for teknologi
SW	Solid Works (3D-modelleringsprogram)
FEM	Finite element analysis
FOS	Factor of safety
MPa	Megapascal
AL	Anders Lindheim

Tabell 2.



## 1. Innledning

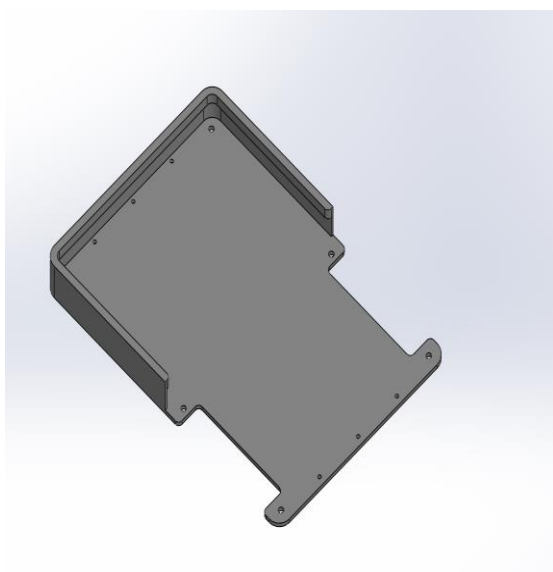
Dokumentet inneholder en gjennomgang av de resultatene vi fikk fra de ulike styrkeberegningene som ble utført på chassiset. Styrkeberegningene ble utført ved ulike FEM analyser. Disse FEM analysene ble utført ved å bruke et programtillegg i 3D-modelleringsprogrammet Solid Works.

FEM analysen skulle gi oss svar på om de ulike komponentene vi hadde tegnet i SW, var solide nok i forhold til de belastninger som ble påført i FEM analysen. I tillegg til å velge realistiske belastninger, var det også viktig å bruke materialer som oppfylte de krav som ble fremsatt i kravspesifikasjonen.

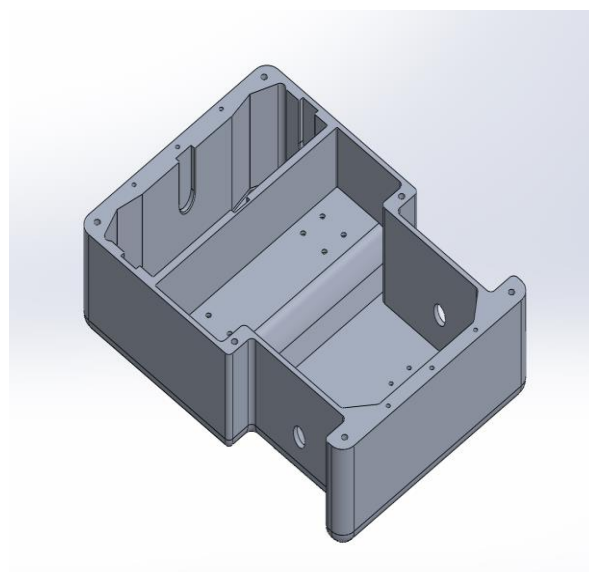
Andre parameter som vi måtte ta hensyn til, var mesh-finhet og hvordan vi låser komponentene før vi kjører en FEM analyse. Dette er avgjørende for å få et korrekt resultat.

Etter endt FEM analyse, vil factor of safety (FOS), max displacement (URES) og spenninger i materialet være avgjørende for om designet blir vurdert som godkjent.

Resultatene fra FEM analysen gir oss også mulighet til å vurdere om designet er over eller underdimensjonert, og hvor i modellen/komponenten det bør gjøres utbedringer.



Bilde 1. Øvre del av chassis



Bilde 2. Nedre del av chassis

## 2. Gjennomføring

### 2.1 Materiale

To forskjellige typer aluminium ble brukt på komponentene. Vi valgte å bruke aluminium 1000- serie på nedre del av chassis (Ref. bilde 2), og aluminium 5000- serie på øvre del av chassis (Ref. bilde 1).

1000- serien ble valgt, fordi den nedre del av chassiset er solid dimensjonert. En 5mm tykkelse av bunnen av chassis, og en vegg tykkelse som varierer fra 10mm og opp til 40mm, gjorde at vi kunne bruke et materiale med lavere yield strenght.

På den øvre delen av chassiset (Ref. bilde 1) valgte vi å bruke aluminium 5000- serie. Årsaken til dette valget gikk først å fremst på at vi ønsket å holde tykkelsen på platen så lav som mulig. 5000- serien var derfor et gunstig valg, da dette materialet har høy styrke. Dette førte til at vi kunne ha en relativt liten platetykkelse på 5mm. Dette var viktig mtp. mulig varmeutvikling fra motorer. Tykkelsen av materialet vil ha innvirkning på varmeutviklingen i chassiset. Kravet om at chassiset skulle være lukket, gjorde at varmeutvikling fra motorer var en problemstilling vi måtte ta hensyn til.

Property	Value	Units
Elastic Modulus in X	69000	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Ration in XY	0.33	N/A
Shear Modulus in XY	27000	N/mm <sup>2</sup>
Mass Density	2700	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength in X	68.94	N/mm <sup>2</sup>
Compressive Strength in X		N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	27.57	N/mm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient in X	2.4e-005	/K
Thermal Conductivity in X	200	W/(m-K)
Specific Heat	900	J/(kg-K)
Material Damping Ratio		N/A

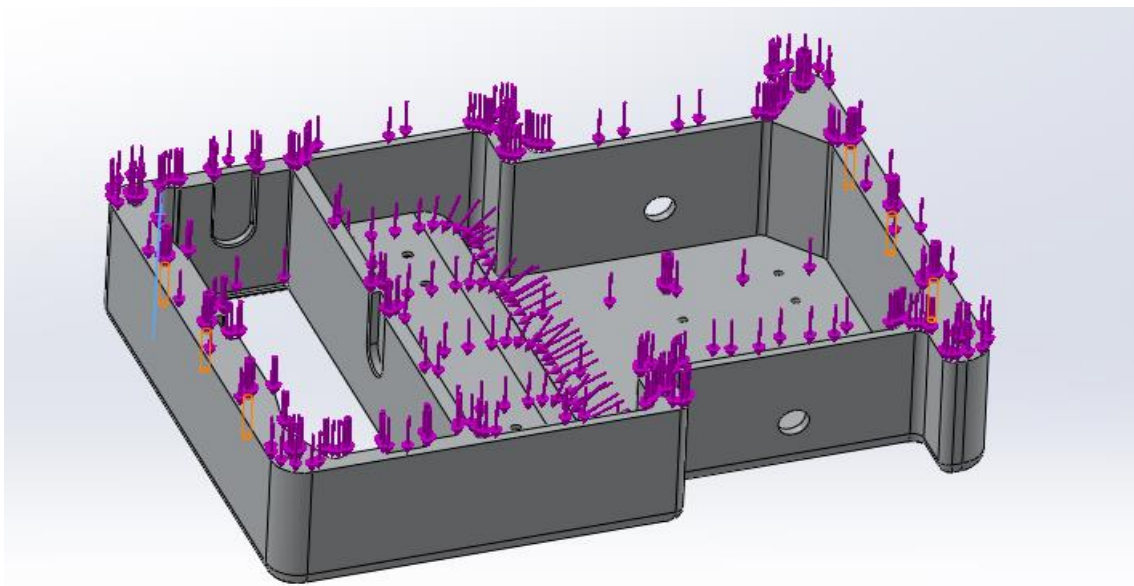
Bilde 3. Materialegenskaper for aluminium 1000 serie (1060- Alloy)

Property	Value	Units
Elastic Modulus in X	70000	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Ration in XY	0.33	N/A
Shear Modulus in XY	25900	N/mm <sup>2</sup>
Mass Density	2680	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength in X	290	N/mm <sup>2</sup>
Compressive Strength in X		N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	255	N/mm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient in X	2.38e-005	/K
Thermal Conductivity in X	137	W/(m-K)
Specific Heat	880	J/(kg-K)
Material Damping Ratio		N/A

Bilde 4. Materialegenskaper for aluminium 5000 serie (5052 – H38)

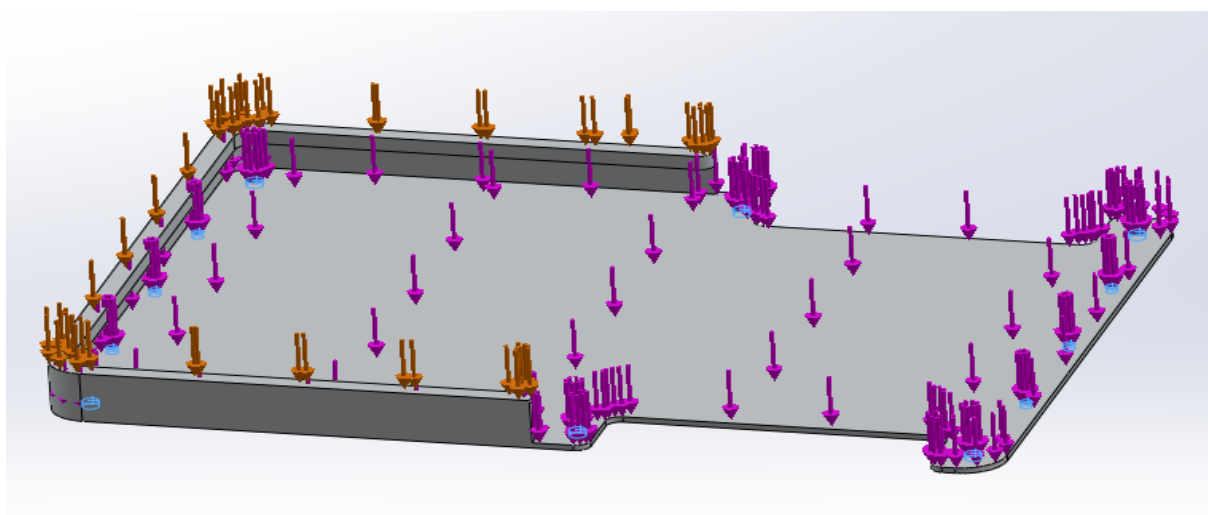
## 2.2 Belastninger

På nedre del av chassiset valgte vi en belastning på totalt 2000 N. Denne kraften ble jevnt fordelt på alle kanter og på bunnflate til chassiset (Ref. bilde 5).



Bilde 5. Belastning påført nedre del av chassis

Øvre del av chassiset ble testet med en belastning på 2000 N som virket på bunnflate, og en belastning på 500 N som virket på den fremre kanten av chassiset (Ref. bilde 6).

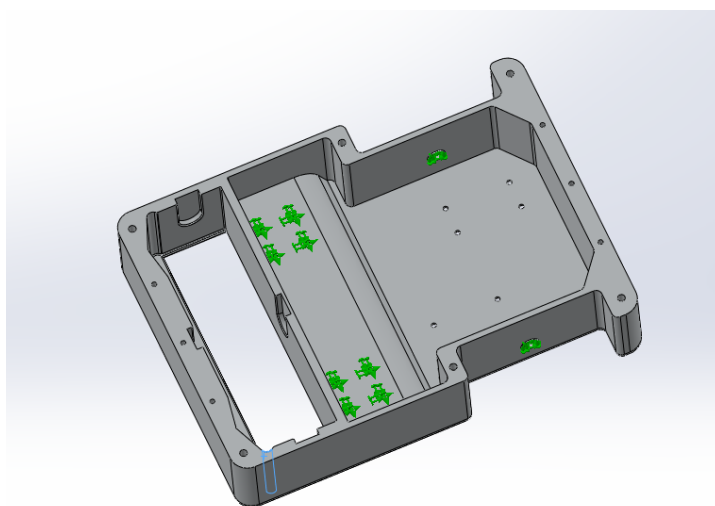


Bilde 6. Belastning påført øvre del av chassis

### 2.3 Låsinger

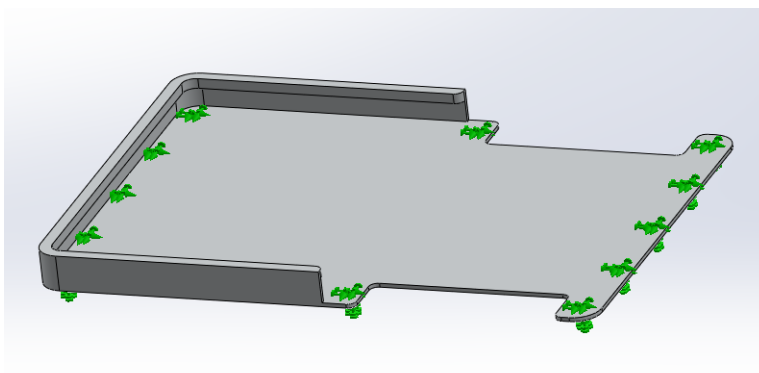
For å kunne gjennomføre en FEM analyse, er vi avhengige av at komponenten som skal testes er riktig låst.

Nedre del av chassiset ble låst i festepunktene for førerhjul, og i de to hullene for akslingene (Ref. bilde 7). Det ble brukt fixed geometry som låste modellen i x, y og z retning.



*Bilde 7. Låsning av nedre del av chassis*

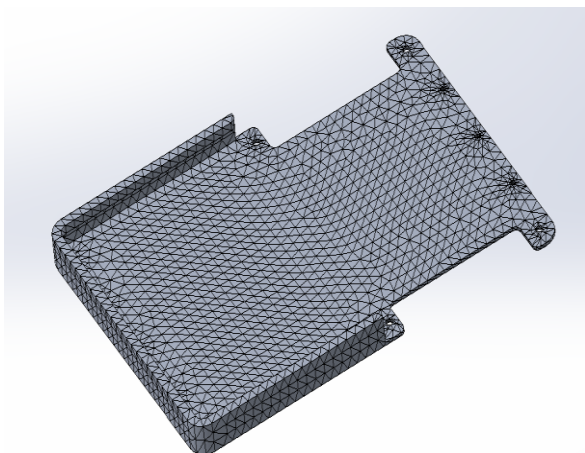
Øvre del av chassiset ble låst i alle boltehullene (Ref. bilde 8). Også her ble det brukt fixed geometry som låste modellen i x, y og z retning.



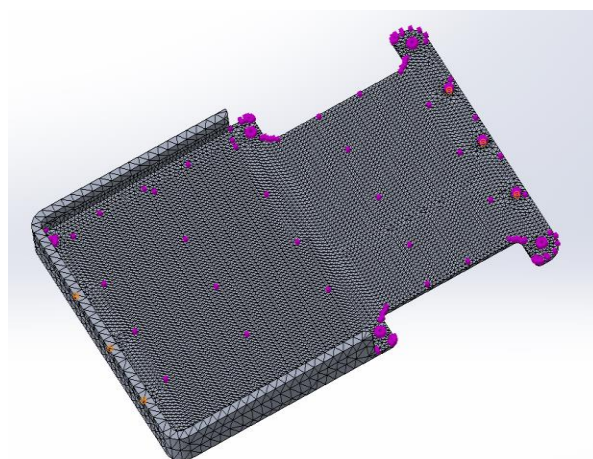
*Bilde 8. Låsning av øvre del av chassis*

## 2.4 Mesh

Ved første FEM analyse av den øvre chassis delen, ble det brukt et mesh med finhet satt til default (Ref. bilde 9). Etter at resultatene fra første gjennomkjøring var vurdert, ble det brukt mesh control på 75% i de områder med høyest påkjenninger (Ref. bilde 10). Bruk av mesh control førte til mer nøyaktige resultater, men analysene ble tyngrer å kjøre, og tok derfor lengre tid.

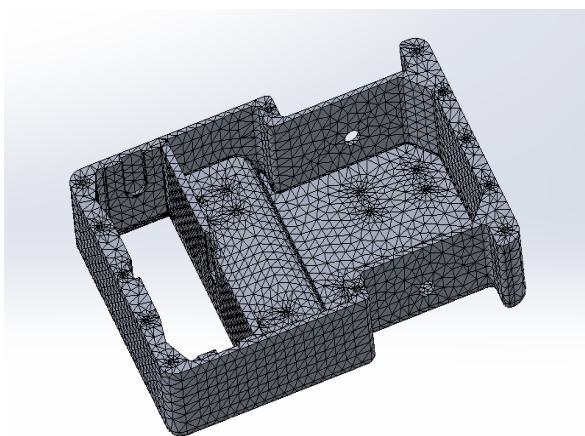


Bilde 9. Default mesh

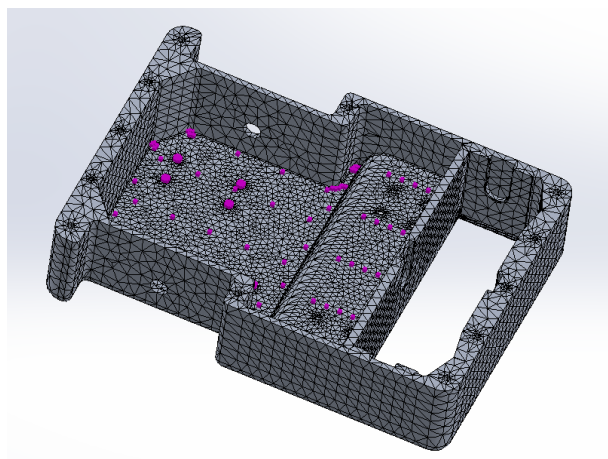


Bilde 10. Mesh control

Det ble brukt samme tilnærming ved FEM analyse av den nedre chassis delen (Ref. bilde 11 og 12).



Bilde 11. Default mesh



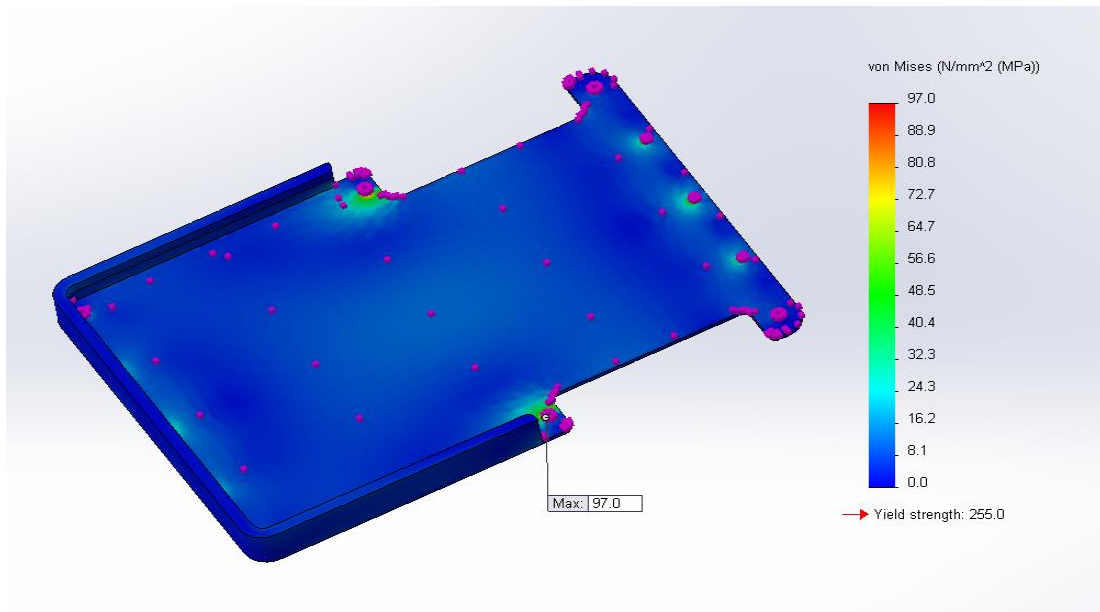
Bilde 12. Mesh control



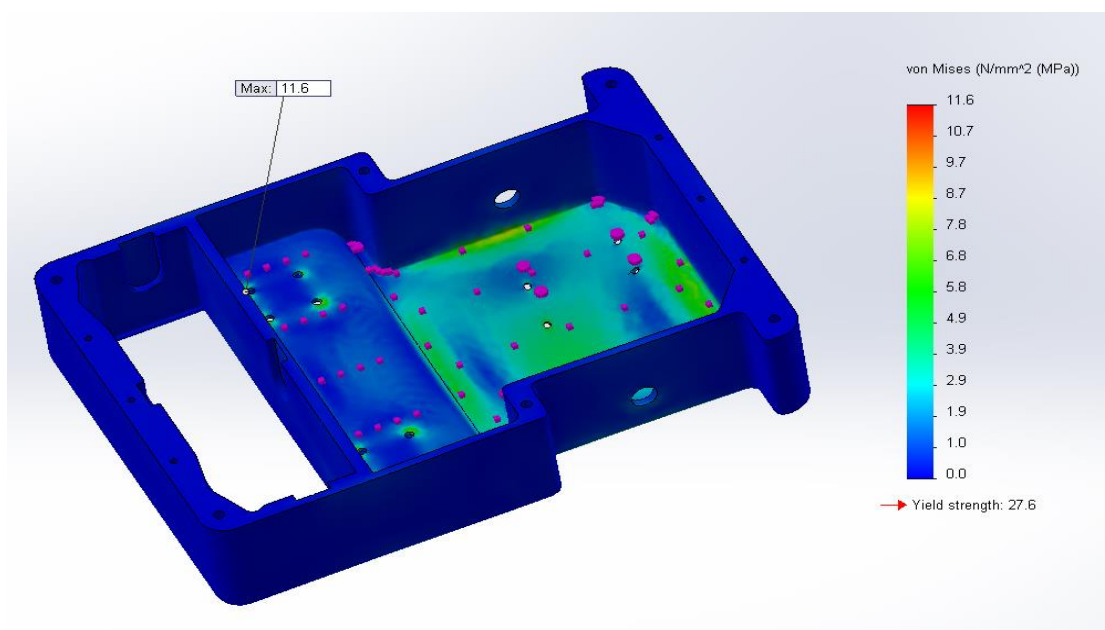
### 3. Resultat

Under følger en presentasjon av de resultatene vi fikk fra FEM analysen av chassiset ved bruk av mesh control.

#### 3.1 Resultat stress

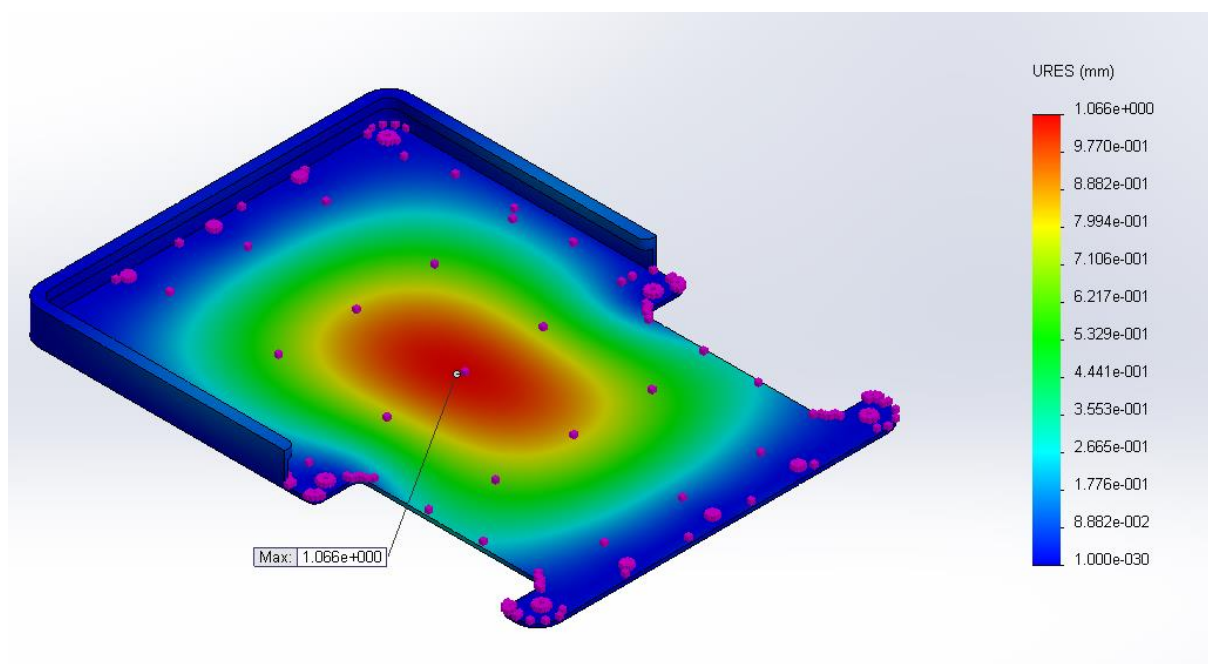


Bilde 13. Resultat: Maks spenning 97MPa, og materialet har yield strenght på 255MPa

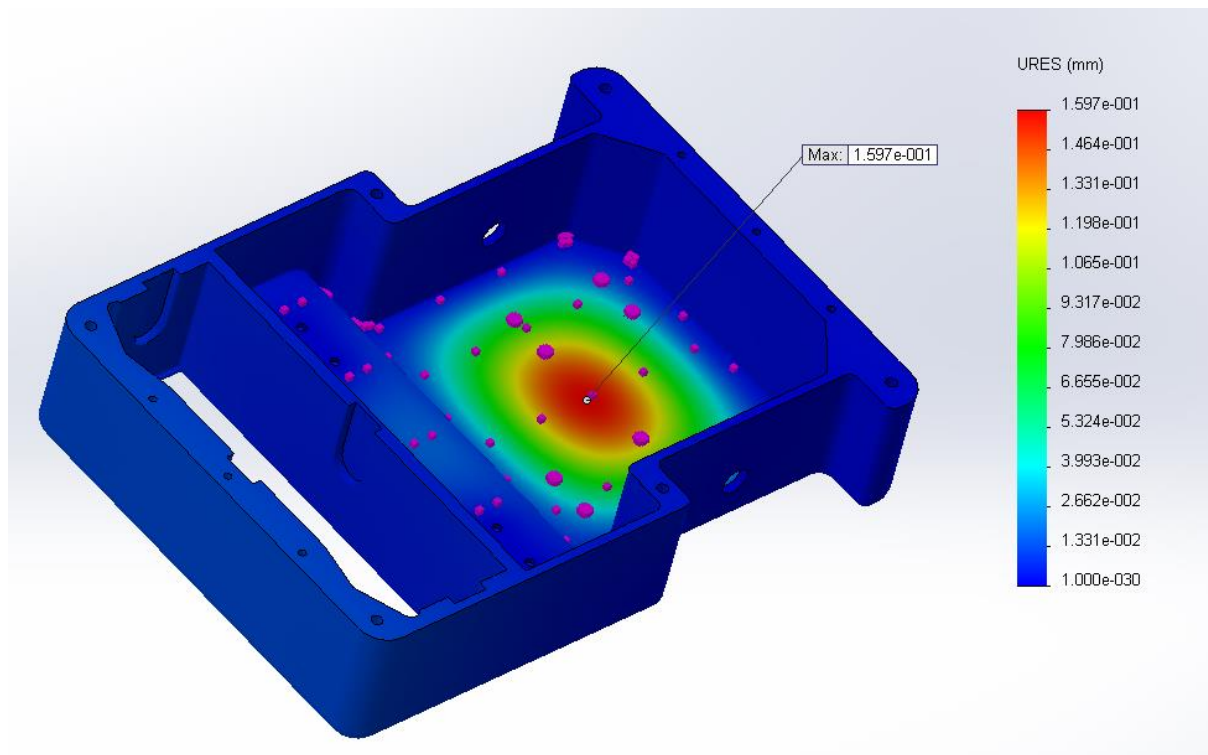


Bilde 14. Resultat: Maks spenning 11.6 MPa, og materialet har yield strenght på 27,6MPa

### 3.2 Resultat nedbøyning

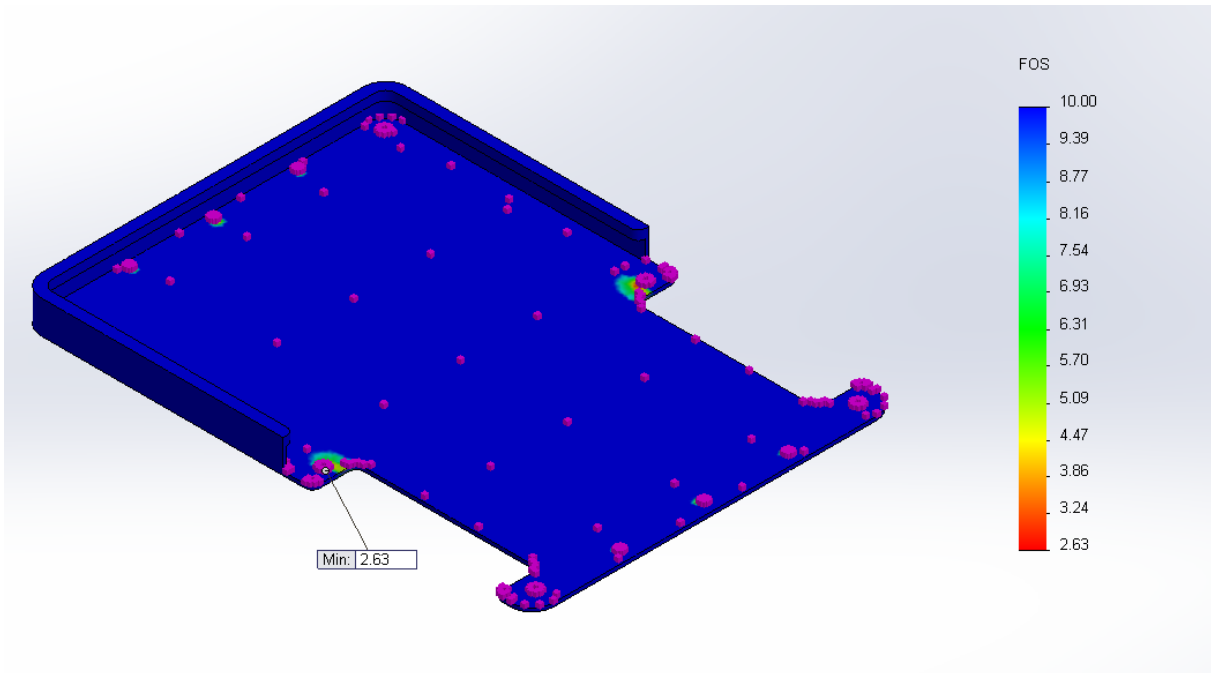


Bilde 15. Resultat: Maks nedbøyning på 1.06 mm ved en belastning på 2000 N.

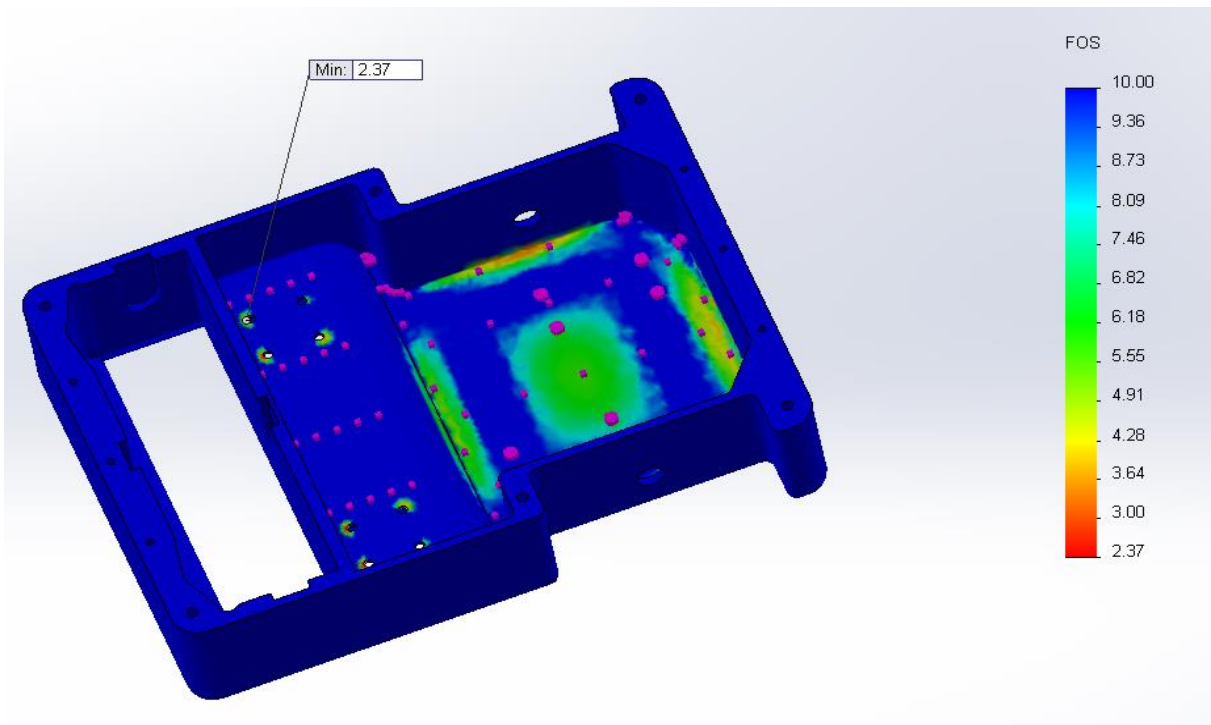


Bilde 16. Resultat: Maks nedbøyning på 0,16 mm ved en belastning på 2000 N

3.2 Resultat sikkerhetsfaktor (FOS)



Bilde 17. Resultat: Minimum sikkerhetsfaktor på 2.63 ved en belastning på 2000 N



Bilde 18. Resultat: Minimum sikkerhetsfaktor på 2.37 ved en belastning på 2000 N



## 4. Diskusjon

### 4.1 Diskusjon – stress resultat

Ser vi først på resultatene av stress analysen, så ser vi at øvre del av chassis har høyest verdi av denne type påkjenning ved området rundt boltehullene (Ref. bilde 13). Høyeste målte verdi er 97 MPa og dette er godt under yield strenght til materialet, som er på 255 MPa.

Stress resultatene av nedre del av chassis, viser også at vi får høyeste verdi av denne type påkjenning ved området rundt boltehullene der førerhjul skal monteres. Vi ser også at vi har moderate spenninger som virker langs kantene til bunnflate av chassiset (Ref. bilde 14). Allikevel så er den høyeste målte verdi lik 11,6 MPa, noe som er godt under yield strenght til materialet, som er på 27,6 MPa.

### 4.2 Diskusjon – nedbøyning

Resultat av nedbøyning/forskyvnings analysen viser at øvre del av chassis har maksimal nedbøyning/forskyvning i senter av toppflaten. Den maksimale nedbøyningen er målt til å være 1,06 mm, når den er utsatt for en jevnt fordelt belastning på 2000 N (Ref. bilde 15).

Nedbøyning/forskyvningsanalysen av den nedre delen av chassis, viser at maksimal nedbøyning/forskyvning vil være i senter av bunnflate. Den maksimale nedbøyning er målt til å være 0,16mm, når den er utsatt for en jevnt fordelt belastning på 2000 N (Ref. bilde 16).

### 4.3 Diskusjon – sikkerhetsfaktor (FOS)

Resultat av sikkerhetsfaktor viser at øvre del av chassis har lavest sikkerhetsfaktor mot brudd, i området rundt boltehullene (Ref. bilde 17). Lavest målte verdi er en sikkerhetsfaktor på 2,63 ved en jevnt fordelt belastning på 2000 N. Dette betyr at vi kan multiplisere belastningen med 2,63 før vi risikerer at brudd oppstår.

Resultat av sikkerhetsfaktor for nedre del av chassis viser at vi har lavest sikkerhetsfaktor mot brudd, i området rundt boltehullene der førerhjul skal monteres (Ref. bilde 18). Vi ser også at vi har en lav verdi av sikkerhetsfaktor i området langs kantene til bunnflate av chassiset. Lavest målte verdi er en sikkerhetsfaktor på 2,37 ved en jevnt fordelt belastning på 2000 N. Dette betyr at vi kan multiplisere belastningen med 2,37 før vi risikerer at brudd oppstår.

## 5. Konklusjon

Basert på de analysene som er utført, så er resultatet vurdert til akseptabelt med de belastninger chassiset ble påført.