

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



ELEKTRISK SCOOTER

KONSEPTUTVIKLING OG DESIGN

Av

Mohammad Usman Jahangir

Og Fady Abu Agwa



Mastergradsarbeide ved Universitetet for miljø- og biovitenskap

Institutt for matematiske realfag og teknologi

Vårsemestret 2013

FORORD

Denne mastergradsoppgaven er et arbeid som markerer slutten på en 5-årig studieprogram innenfor industriell økonomi. Dette er et studieprogram som kombinerer to viktige fagfelt, maskin- prosess og produktutvikling representert ved Institutt for matematiske og realfag (IMT) og bedriftsøkonomi som er en del av Handelshøgskolen ved UMB. Ved fullført studieprogram vil undertegnende få tittelen sivilingeniør utstedt av Universitet for miljø- og biovitenskap (UMB).

Da vi for et år siden skulle ut å finne en passende prosjektoppgave som kunne omfatte den diversifiserte studiebakgrunnen, var det viktig for oss å kunne drive med noe som både ga samfunnsnytte og kompetanseutvikling. Som sivilingeniører i dagens samfunn er vi opptatt av å øke miljøbevisstheten og utvikle bærekraftige løsninger. Med vår bakgrunn i fra industriell økonomi, og et betydelig antall timer investert i produktutvikling på fritiden, mente vi at med et kommersiell innsikt kunne vi levere et kjøretøy som kunne slå til hos forbrukerne. I denne prosjektoppgaven ønsker vi med en grundig analyse og avveining av nasjonal statistikk, levere et elektrisk kjøretøy som kan distribueres til et modent forbrukermarked. Med dette prosjektet trer vi inn i en sivilingeniørs verden, og leverer et fremkomstmiddel som vil bringe fremtiden til Ås.

Ettersom utvikling av et helt kjøretøykonsept er en kompleks prosess, har det vært utfordrende. Derfor vil vi rette en takk til vår veileder, førsteamanuensis, Jan-Kåre Bøe, energinestor og førsteamanuensis, Petter Heyerdahl, senioringeniør Tom Ringstad samt sivilingeniør Aamund Føyn, for god veiledning og verdifulle innspill. Til slutt vil vi takke våre nærmeste og bekjente for støtte opp igjennom hele studietiden, fra vi begynte i første klasse til vi nå har kommet til et stadie der vi avslutter vår høyere utdanning. Mohammad Usman vil spesielt takke sine foreldre og besteforeldre, mens Fady er takknemlig for støtten fra sine nærmeste familie. Uten dere hadde ikke denne prosessen vært mulig, takk for alt!

Ås, 15. mai 2013

Mohammad Usman Jahangir

Fady Abu Agwa

SAMMENDRAG

Tallene fra Statistisk Sentralbyrå (SSB) og andre anerkjente trafikkinstusjoner her i Norge viser at det beste alternativet for utvikling av en to-hjuling vil være en moped. Den har både miljømessige fordeler som lave vedlikeholdskostnader og lang levetid, samt stor markedspotensial i Norge. Moped er et kjøretøy som også går under betegnelsen scooter, og ble først utviklet i Italia av produsenten Piaggio. Den har etterhvert fått et mer solid grep, og blitt et viktig fremkomstmiddel i Asia og Europa. Etter en kortfattet analyse av konkurrerende løsninger på markedet idag, har vi satt opp Peugeot's e-Vivacity som referansemodell. Videre har vi også Team Roskva ved UMB som utviklet en lignende to-hjuling, basert på bærekraftige prinsipper. Roskva var et motorsykkelprosjekt, og ble presentert våren 2012.

Denne utviklingsprosessen har som mål å resultere i et praktisk fremkomstmiddel som har høy ytelse og en miljøvennlig fokus, samtidig som man beholder komforten og kostnadene på nivå med dagens alternativer. Det startes med å drøfte hovedkomponentene energilager og motor. Med utgangspunkt i disse kan man få utviklet rammen og komme frem til en optimal løsning for drivlinjen. Når man har innmaten klar vil man ha et utgangspunkt for størrelsen på mopeden, og dermed kunne totaldesignet kjøretøyet. Når man designer de forskjellige komponentene er det også viktig å kunne kontrollere styrken på dem, noe som skal gjøres ved hjelp av CAD- og analyseprogrammet SolidWorks. I et omfattende prosjekt med mange målsettinger er det viktig å organisere arbeidet, og det velges derfor å ta i bruk rammeverket for integrert produktutvikling.

Gjennom en grundig utvelgelsesprosess ble det vist at det elektriske motorkonseptet er definert som det mest ideelle med tanke på effektivitet, økonomi og ytelse. Videre med tanke på de lovfestede betingelsene der det er satt grense for hastighet, motorytelse og effekt vil en drivlinje plassert direkte på hjul, også omtalt som navmotor gi de beste resultatene. Derfor velges det å gå videre med en 13-tommers navmotor produsert av Hoangshan, og en tilhørende controller. Denne har en regenerativ drift som sørger for energisparing ved brems. Etersom energilageret er en vital del av mopedkonstruksjonene, og utgjør en stor andel av totalvekten, ble den grundig oppveid mot flere andre energikilder. Valget falt på en LiFePO₄-batteripakke med en ytelse på 40Ah, som kan gi drift i opptil en time. Med utgangspunkt i dette ble spesifikasjonene satt til maksimal hastighet på 45 km/t, 2 kW kontinuerlig effekt og drift på opptil 55 km ved maks hastighet.

Etter en analyse av rammealternativene ble en åpen rammeløsning valgt, og ulike skissedesign ble produsert. Etter en kortfattet seleksjonsprosess ble et totaldesign lagt frem. Denne presentasjonen bygget på ergonomiske, antropometriske og modulariseringsforhold. For å sikre at designet var god nok ble det foretatt grunnlagsberegninger, som både ble gjort manuelt og ved simulasjon. Beregningene kontrollerte blant annet konstruksjonen ved hjelp av en forenklet modell og ulike belastningssituasjoner som maksimal akselerasjon og maksimal retardasjon. Parallelt med designprosessen ble det også utredet for at aluminiumstypen 7075 -T6 skal brukes for rammen basert på drift og miljø. For kapselen ble det valgt en tiltrekkende utseende med bruk av karbonfiber. Med basis i materialene ble det lagt frem en kort henvisning til fremstilling og ønsket økonomisk profil. Totalvekten endte på 115 kg uten fører, med et prismål på NOK 15000,-.

ABSTRACT

Figures from Statistics Norway (SSB) and other recognized institutions of traffic in Norway, shows that the best option for the development of a two-wheeler will be a moped. It has both environmental benefits such as low maintenance and long life, together with great market potential in Norway. Moped is a vehicle that also goes by the term scooter and was first developed in Italy by the company Piaggio. It has gained a solid grip and become an important transport method in Asia and Europe. After a brief analysis of competing solutions on the market today, we have set up Peugeot e-Vivacity as a reference model. Previously project Roskva at UMB, developed a similar two-wheeler based on sustainable principles. Roskva was a motorcycle-project, and was presented in spring 2012.

This project aims to result in a practical vehicle that has high performance and environmental friendly focus, while maintaining comfort and costs at the level of the current options. Firstly, we discuss the major components energy storage and engine. Based on these two, one can develop the frame and arrive at an optimal solution for the drivetrain. When these two are defined, we have a starting point for the dimensions of the moped, and thus are able to completely design the vehicle. When designing the various components, it is also important to test the strength of them, which will be done using the CAD and analysis software SolidWorks. In a complex project, with many objectives it is important to organize the work, and thus it is chosen to use the framework of integrated product development.

With a thorough selection process, it was shown that the electric engine concept is defined as the most ideal in terms of efficiency, economy and performance. Furthermore, given the statutory conditions in which it is set limit on speed, engine power and performance, a powertrain placed directly on the wheel has the best results. Therefore it has been chosen to go ahead with a 13-inch hub-motor produced by Hoangshan, and an associated controller. This has a regenerative operation that provides energy during the braking-process. Since energy storage is a vital part of the structure, and constitute a large proportion of the total weight, several energy sources was weighted against each other. The choice became a LiFePO₄ battery-pack with a capacity of 40Ah, which can provide service for approx. one hour. Given this, the specifications was set to maximum speed of 45 km/h, 2 kW continuous power and operation distance of up to 55 km.

After an analysis of frame options an open-frame solution was chosen and various sketch designs produced. After a brief selection process, a total design was presented. This presentation is based on ergonomic, anthropometric and modulation aspects. To ensure that the design was adequate it is performed basic calculations, which were made manually and simulated. Calculations verified the structure, using a simplified model and different load situations like maximum acceleration and deceleration. In parallel with the design process it was also discussed that the aluminum 7075-T6 should be used for the frame based on the operating conditions and the environment. For the capsule it was selected an attractive appearance with the use of carbon fiber. On the basis of the materials it is presented a brief reference to the preparation process and the desired economic profile. The total weight is 115 kg without driver, with a price target of NOK 15000,-.

INNHOOLD

	Side
FORORD	I
SAMMENDRAG	II
ABSTRACT	III
1 INNLEDNING	10
1.1 Bakgrunn	10
1.2 Utviklingstrender og krav	12
1.2.1 Miljøutfordringer	12
1.2.2 Marked og økonomi.....	13
1.2.3 Trender	15
1.2.4 Regelkrav	16
1.2.5 Foreløpige vurderinger	16
1.3 Problemstillinger	18
2 PROSJEKTPLANLEGGING	20
2.1 Målsetninger	20
2.1.1 Hovedmål	20
2.1.2 Delmål og prosesstrinn.....	20
2.1.3 Arbeidsplan.....	21
2.2 Begrensninger	21
2.3 Drøfting av prosesstrinn	22
3 METODEBRUK	24
3.1 IPD	24
3.2 Pughs metode	26
3.3 Prosjektstyring	27
3.4 Nettsøk og litteraturstudier	27
3.5 Håndberegninger	27
3.6 3D- løsningsverktøy og strukturanalyse	27
3.7 Rapportering	27

	Side
4 TERMINOLOGI.....	28
4.1 Begreper	28
4.2 Symboler	28
4.3 Formler	31
5 KRAVSPESIFIKASJONER	33
5.1 Markedsbaserte grovspesifikasjoner	33
5.2 Metriske grovspesifikasjoner for miljøegenskaper.....	34
5.3 Metriske grovspesifikasjoner for globalkonsept.....	35
5.4 Metriske grovspesifikasjoner for motor.....	35
6 BAKGRUNN	37
6.1 Moped/Scooter	37
6.1.1 Historie	37
6.1.2 Designutvikling.....	38
6.1.3 Dagens marked	40
6.1.4 Moderne Designløsninger	40
6.2 Konkurrerende løsninger	40
6.2.1 Moped/Scooter.....	41
6.2.2 Lett motorsykkel.....	42
6.2.3 Tung motorsykkel.....	44
6.2.4 Referansemodell.....	46
7 KONSEPTUTREDNING	47
7.1 Energilager	47
7.1.1 Alternativer for energilagring.....	47
7.1.2 Vekting av energilagringalternativer	53
7.1.3 Valg av energilager.....	54
7.1.4 Batterityper	55
7.1.5 Oversikt over de ulike batteritypene	59
7.1.6 Vekting av batterityper.....	59
7.1.7 Valg av batteritype.....	60
7.1.8 Valg av batteri	61
7.1.9 Batteri-plasseringsalternativer	63
7.1.10 Vekting av batteriplasseringsalternativer	65

ELEKTRISK SCOOTER

	Side
7.1.11 Valg av batteriplassering.....	65
7.2 Drivlinje.....	66
7.2.1 Alternativer for drivlinje.....	66
7.2.2 Vekting av drivlinjealternativer	73
7.2.3 Valg av drivlinje	73
7.2.4 Alternativer for plassering av drivlinje.....	75
7.2.5 Vekting av plasseringsalternativer for drivlinje	78
7.2.6 Valg av plassering av drivlinje	78
7.3 Motor.....	79
7.3.1 Motortyper	80
7.3.2 Vekting av motoralternativer	85
7.3.3 Valg av motoralternativ.....	85
7.3.4 Elektriske motortyper.....	87
7.3.5 Oversikt over de elektriske motortypene.....	91
7.3.6 Vekting av de elektriske motortypene.....	92
7.3.7 Valg av motortype	92
7.3.8 Valg av motor	93
7.4 Andre komponenter	94
7.4.1 Bremseser	95
7.4.2 Hjuloppheng - foran	96
7.4.3 Hjuloppheng - bak	97
7.4.4 Dekk	98
8 GRUNNLAGSBEREGNINGER	99
8.1 Forutsetninger.....	99
8.1.1 Dimensjoner	99
8.1.2 Hjulgeometri.....	100
8.1.3 Hjulbelastning.....	101
8.1.4 Effektberegning	101
8.1.5 Batteri	101
8.2 Tyngdepunktplassering	102
8.3 Hjulgeometri.....	103
8.4 Hjulbelastning	104
8.4.1 Statisk.....	104
8.4.2 Dynamisk.....	106
8.5 Hjuloppheng - foran.....	111

	Side
8.6 Hjuloppheng - bak.....	112
8.7 Worst-case scenario.....	114
8.8 Effektberegning:	115
8.9 Batterikapasitet	117
8.10 Resultatoppsummering.....	118
9 Rammedesign.....	119
9.1 Tidlig rammekonsept.....	120
9.1.1 Vekting av rammealternativer	124
9.1.2 Valg av ramme	124
9.1.3 Rammedesign	125
9.2 Svingarm	129
9.3 Styrebros	132
10 ERGONOMI OG EKSTERIØRDESIGN.....	133
10.1 Ergonomiske og designmessige vurderinger	133
10.2 Designskisser	137
10.2.1 Skissekriterier	137
10.2.2 Vekting av skissealternativer	140
10.2.3 Valg av skisse	140
10.2.4 Totaldesign	141
11 MATERIALER.....	148
11.1 Rammemateriale	149
11.1.1 Aluminium	150
11.1.2 Alternative løsninger	152
11.1.3 Sammenligning.....	154
11.1.4 Aluminiumlegeringsstyper	155
11.1.5 Valg av aluminiumstype	156
11.2 Dekselsmaterialet	156
12 STRUKTUROPTIMERING VED FEM.....	158
12.1 Forenklet modell	158
12.2 Mesh.....	162

	Side
12.3 Definerings av lasttilfellene	163
12.3.1 Lastscenario 1	164
12.3.2 Lastscenario 2	166
12.3.3 Lastscenario 3	168
12.3.4 Lastscenario 4	170
12.4 Sikkerhetssimulasjon	172
12.5 Konklusjon	174
13 MARKEDSPRESENTASJON.....	175
14 ØKONOMI OG FREMSTILLING	181
14.1 Arbeidskalkyle - egeninnsats	181
14.2 Produksjonsanvisning - prototype.....	182
14.3 Arbeidskalkyle - produksjon.....	184
14.4 Sluttalkyle.....	184
15 PROSESSDISKUSJON.....	187
15.1 Bakgrunnsanalyse og kravspesifikasjoner	187
15.2 Konseptgenerering.....	187
15.3 Designutvikling	188
15.4 Materialvalg og analyse.....	188
16 KONKLUSJON	189
16.1 Resultater og anbefalinger.....	189
16.2 Videre arbeid	189
17 REFERANSER	191
VEDLEGG.....	199

ELEKTRISK SCOOTER

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

I løpet av de siste 20 årene har fokuset på miljø og bærekraftig utvikling vært stor. Klimagassutslippene ansees å være en god del høyere enn det forskerne anbefaler, og det forhandles stadig om en ny avtale som binder de store landene til viktige spilleregler. Tidligere i år la regjeringen ut Perspektivmeldingen der de vektlegger at det er en god del arbeid før man kan starte reisen mot de ambisiøse målene som vitenskapsmenn har satt for å motarbeide de menneskeskapte klimautfordringene [28]. Det nevnes i meldingen at en stor del av utslippene kommer i fra helse- og miljøfarlige gasser, og eneste vei er å begrense produksjon av disse. Kjøretøy har lenge vært diskutert som en vital del av utslippskilden sammen med industrien, med fabrikker og maskinsentre i spissen. Klimautslippene for transportsektoren er hovedsaklig CO₂-utslipp og har vokst 32% fra 1990 til 2010, og bare i 2010 var veksten på 5 %. Etter dette har man opplevd moderat nedgang i CO₂-utslippene [37].

Tabell 1-1: CO₂-utslipp til luft (1000 tonn CO₂-ekvivalenter) [38].

	2007	2008	2009	2010	2011
Kjøretøy					
Personbiler - bensin	3950	3693	3457	3248	2952
Personbiler - diesel	1665	1847	2047	2374	2571
Motorsykler	64	65	69	72	73
Mopeder	29	30	31	32	31

Med tanke på klimautslippene har kjøretøy-bransjen hatt stor forskningsvirksomhet, og spesielt bilindustrien har gjort enorme fremskritt og produsert elektriske biler på løpende bånd. Dette har ført til mange eksperimentelle prosjekter, men i løpet av de siste årene har vi sett en økende grad av kommersielle suksesser. Vi kan nevne Nissan Leaf som har gjort enorm suksess i Norge, og basert på tall fra Opplysningsrådet for Veitrafikken den mest solgte elektriske bilen, og den 13. mest solgte bilen totalt sett i 2012 [39]. I tillegg til den mer allmenne forbrukersuksessen har vi også superbilkonseptet Tesla som stadig utvikler seg til å bli en fullverdi alternativ til sportsbilentusiastene og luksusmarkedet [40]. Denne utviklingen stemmer med reduksjonen i utslippstallene som tabell 1-1 viser.

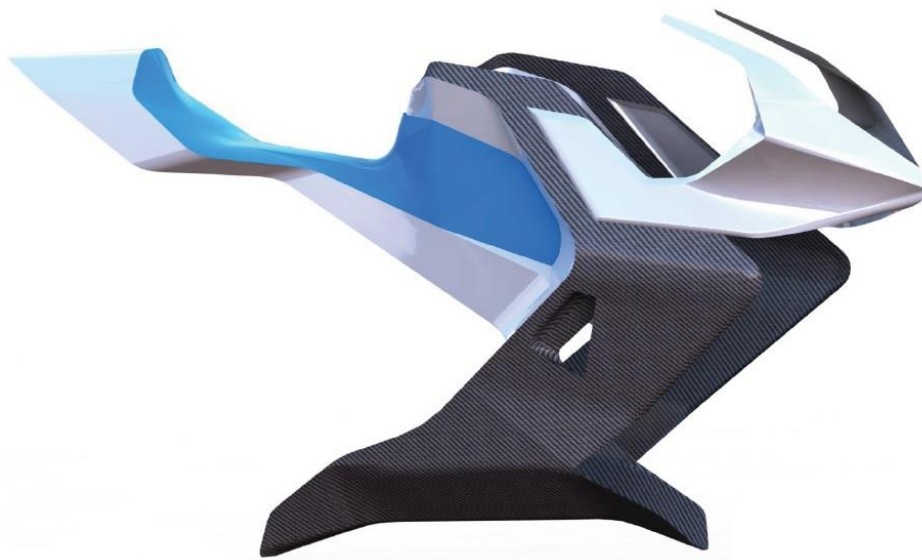
To-hjul segmentene representert i tabellen gjennom motorsykler og mopeder, på den andre siden viser at man ikke har jobbet nok med å komme med forbedrede løsninger. Når vi startet opp denne oppgaven var den i hovedsak inspirert av en gruppe på universitetet som tidligere hadde jobbet med en elektrisk motorsykkel. De hadde tatt tak i denne dårlige trenden, lagt frem en miljømessig og bærekraftig løsning. Før vi satt i gang med vår jobb både i henhold til litteratur og annet analysearbeid undersøkte vi først hvor Roskva-gruppen kom fra, og hva slags arbeid de hadde lagt ned.

Ut ifra erfaring vet vi at markedet for to-hjulinger ofte følger bilindustrien, men hittil ligger de fleste to-hjulskonseptene på en forskningsstadiet, og vi har få modeller som har gjort noe umiddelbar suksess. Det har kommet elektriske konsept for både for motorsykler og moped, men de fleste har ikke greid å konkurrere med andre to-hjulinger og mislyktes i å etablere seg som en fullverdig alternativ til eksisterende løsninger.

Tidligere arbeid:

Våren 2010 ble noen teknologistudenter ved Universitet for miljø- og biovitenskap engasjert i et prosjekt for å utvikle en elektrisk motorsykkel. Dette var ikke noe nytt konsept da slike prosjekter allerede hadde vært utført, men mestparten utenfor Norge. De ønsket å kombinere et design med lav vekt og høy ytelse. Gruppen bestod av 5 medlemmer. Allerede to år før de skrev masteroppgavene sine i 2012, begynte de sin studie av motorsykkelen. Da dette var en relativ uprøvd kategori, ble det blant annet tatt frie emner for å kunne verifisere gjennomførbareheten. Dette ble senere videreført i både markedsføringsemne AOS120, varmeoverføring og aerodynamikk ble testet i emnet TMP251 og delkonsepter ble utredet i produktutviklingsfagene TIP200 og TIP300 ved IMT i 2010 og 2011.

Under masteroppgaven fokuserte hver av studentene på sine ansvarsområder, og man startet med utviklingen av drivlinjen. Denne prosjektoppgaven tok for seg motor, motorstyring, energilagring og girkassen på motorsykkelen Roskva. Målet har vært å utvikle en moderne drivlinje som passer med det mest gunstige konseptet, slik at den har et minimalt tap og som egner seg til bruk i et miljøvennlig kjøretøy. Videre gikk arbeidet på totaldesignet. Her har forhold til designet blitt drøftet, og spesielt løsningsforslag til karosseriet som var av typen kåpe/trekk. Et appellerende design var hovedfokuset, men også ergonomiske forhold er drøftet som for eksempel lav luftmotstand og samtidig skaffe nok kjøling for de komponentene som trenger det. I tillegg til dette er også plasseringen av de forskjellige komponentene til resten av rammen vært en vital utviklingsdel slik at den passet med resten av designet.



Figur 1.1: *Det valgte kåpedesignet for motorsykkelen Roskva [16].*

Man fortsatte med materialegenskapene som ble grundig vurdert. I den oppgaven ble det foretatt analyser av fiberkonstruksjonene som brukes i motorsykkel. En av grunnene til dette var begrenset mengde data av karbonfiber i forskjellige strukturer. Deretter ble datamaterialet verifisert til bruk i FEM-analysen, og brukt i de fleste deler av oppgaven. For å få optimaliserte løsninger ble svingarm og dempesystemet for motorsykkelen drøftet spesielt. Dette arbeidet gikk ut på design og konstruksjon av en ensidet svingarm med et dempersystem basert på pro-link systemet. Løsningsforslaget for

svingarmen produseres i karbonfiber med en kjerne av Divinycell. Svingarmen er også tilpasset slik at girkassen med drivaksel passer innvendig i spor som er freset og blir en del av svingarmen. Roskva-arbeidet ble avsluttet med utredningen av fremre del av motorsykkelchassiset. Fokuset ble i denne delen satt på utvikling og konstruksjon av den fremre delen på Roskva-sykkelen. En del av arbeidet gikk ut på innfestning av gaffelen, og muligheten til å bruke komposittmaterialer til dette [15, 16, 17, 18, 19].



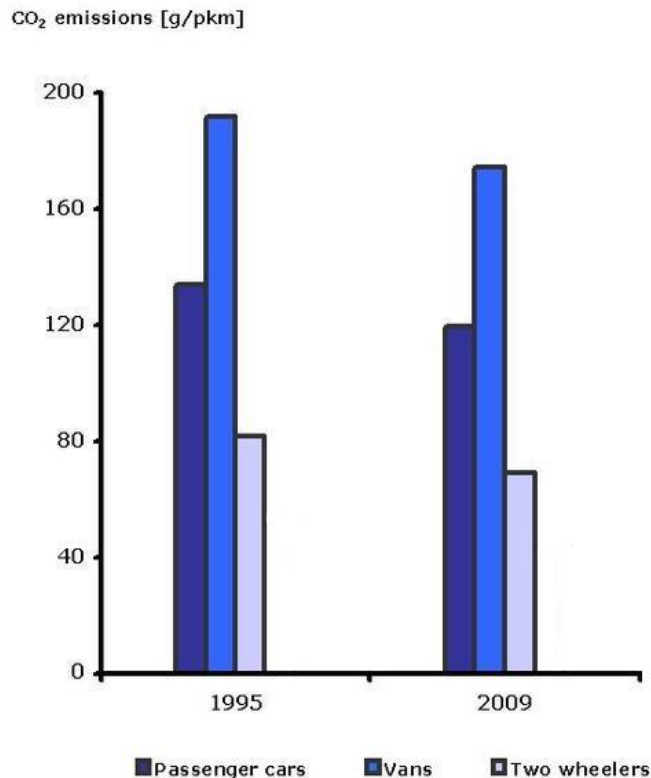
Figur 1.2: *Illustrasjon av fremre del av Roskva, med blant annet styrebremse [19].*

1.2 Utviklingstrender og krav

1.2.1 Miljøutfordringer

De fleste tohjulingene på markedet idag drives ved hjelp av bensin eller dieselmotorer. Spesielt blant de største forbrukerlandene er dette et stort problem. Med slike drivsystemer har man store problemer med CO₂-utslipp og forurensning av luft. Spesielt to-takts motorene gir store utfordringer, og selv med sterke lovrestriksjoner finner man de fleste mopeder og scootere basert på disse løsningene. Ikke bare er disse løsningene forurensende for luften, men de skaper også store ubehagligheter med tanke på støynivået og egner seg ikke i bruk i tettbebygde strøk.

Dette problemet ansees som svært alvorlig her i Europa, og EU lanserte i 2008 et direktiv som satte press på produsentene for å redusere støynivået. Likevel foretrekkes ikke støyfrie løsninger, ettersom de er mer kostbare og komplekse å utvikle [29].



Figur 1.3: CO₂-utslipp fra 1995-2009 for personbiler, varebiler og to-hjulinger [41].

1.2.2 Marked og økonomi

a) Forbrukermarkedet

I følge tall fra Statistisk Sentralbyrå (SSB) sin årbok for 2012 viser det seg at mopeder er, etter biler og tilhengere, det motorkjøretøyet som er førstegangsregistrert flest ganger i løpet av året 2011. Dette har vært en stabil tendens over de siste 10 årene, og selv med en nedgang i antallet registreringer på grunn av finanskrisen i 2008 er dette tallet i følge årboken like under 10 000. I motsetning har vi antallet motorsykler samlet opp i en kategori til å være litt i overkant av 6 500 registreringer [42].

Totalt sett var det i 2011 ca. 171 846 registrerte moped og scootere, mens det var 19 775 registrerte lette motorsykler og 131 875 registrerte tunge motorsykler. Ser man på utviklingen etter finanskrisen har tallet på antall mopeder økt med 10 000 enheter. Samme periode hadde en større økning for tunge motorsykler, men dette kan mest sannsynlig komme av at tunge motorsykler opplevde en brattere nedgang under finanskrisen. For lett motorsykkel var det en positiv endring på rundt 2000 enheter, men kategorien hadde den samme økningen prosentvis som tunge motorsykler, med en økning på rundt 10 %. Vi ser dermed at kvantumsmessig og sett bort i fra finanskrisen vil man ha en god økning i markedet for tohjulinger, og spesielt for mopeder og scootere som til tross for økonomiske svingninger ikke vil oppleve drastiske fluktureringer i antall enheter registrert.

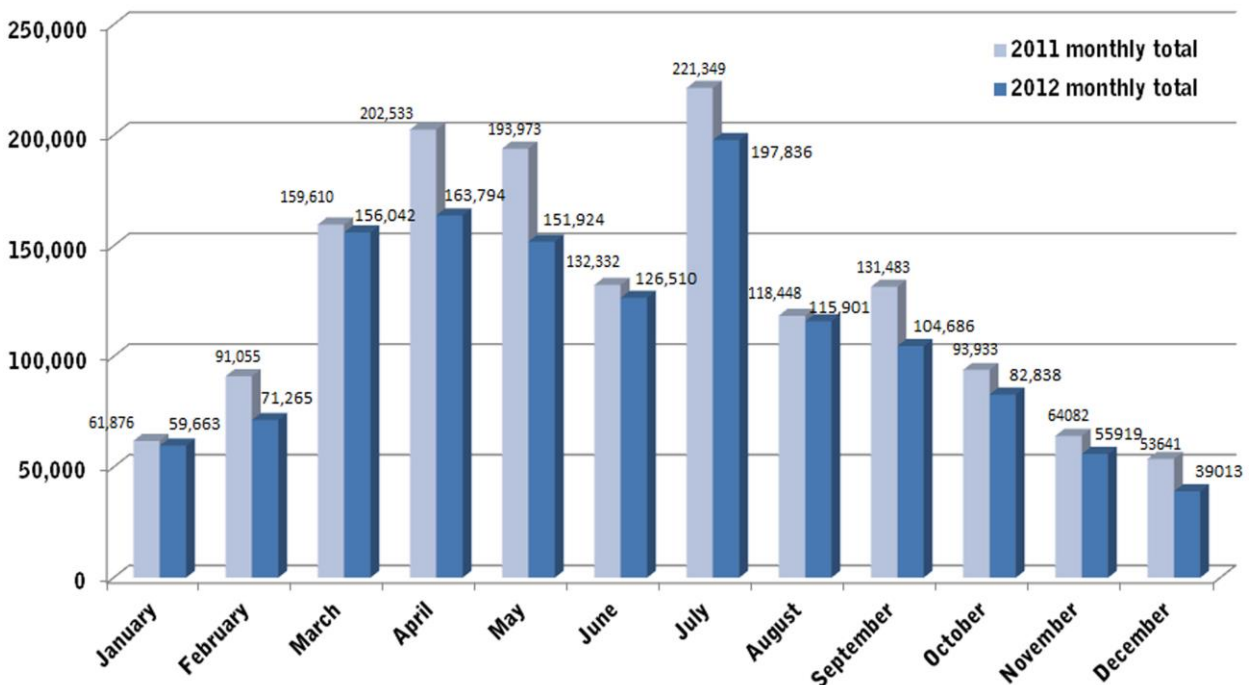
For å kartlegge litt av etterspørselen kan man se i samme årsrapport fra SSB at det er registrert 22 050 eierskifter for moped i 2011, mot 22 730 eierskifter for alle type tohjulede motorsykler. Dette er en knapp forskjell, og viser at etterspørselen for moped er langt høyere enn noen av de andre kategoriene hver for seg, og at de andre klassene totalt sett såvidt greier å konkurrere med moped-klassen. Samtidig

ELEKTRISK SCOOTER

viser tallene i et større perspektiv at tendensen har vært slik at man etter en knekk i eierskifter rundt år 2008 begynner å igjen få moderate økninger i tallene. Før finanskrisen var antall eierskifter for mopeder større enn for motorsykler og en jevn økning de neste par årene vil mest sannsynlig igjen gi moped og scooter-klassen et overtak.

Sammen med eierskifter kan man også se på noen fakta SSB har lagt frem angående konsumet av tohjulinger til transport og som fremkomstmiddel. Vi har hittil sett at etterspørselen for mopeder er sterkest blant klassen for tohjulinger, men hvordan har forbruket utviklet seg i forhold til andre motorkjøretøy som for eksempel biler? SSBs tall for 2011 viser at antall turer med motorkjøretøy utgjør like over 5 milliarder i 2011, mens det i 2000 utgjorde like over 4 milliarder og tilbake i 1995 utgjorde like under 4 milliarder. Tallene viser at motorkjøretøy har blitt mer vanlig som transportmiddel på 2000-tallet enn det var på slutten av 1990-tallet. Med konkret fokus på tohjulinger sier tallene at det har vært en økning på rundt 45 % i bruk av motorsykel som fremkomstmiddel fra 1995 til idag. I samme periode var økningen for transport med bil på 26 %, selv om det totale antallet passasjerer er fler i bil-kategorien. Den positive utviklingen for tohjulinger illustreres tydeligere ved statistikken for antall passasjerkilometer som viser hvor mange kilometer totalt som kjøretøyene tilbakelegger. Her er økninger for tohjulinger nærmere 50 %, mens for biler utgjør den i underkant av 25 %.

På verdensbasis økte omsetningen for to-hjulinger med rundt 5 % i 2012, og en vekst på 21 % i løpet av de siste 4 årene. India er det største markedet med 13,8 millioner solgte enheter og er tett fulgt av Kina med 12,6 millioner solgte enheter i 2012 [43]. I Europa har vi en negativ vekst, og moderate salgstall der man operer med 1,5 millioner solgte enheter, med størstparten i sør-Europa. Av disse salgstallene for Europa utgjør 46 % scootere, mens 31 % utgjør lette motorsykler og 23 % tyngre motorsykler [30].



Figur 1.4: Salgstall for to-hjulinger innenfor EU i 2011-2012, registreringer og leveringer [15].

b) Økonomi

Slik vi har sett ovenfor er antallet moped og scooter i flertall på det norske forbrukermarkedet. Mest sannsynlig er årsaken den prismessige fordelingen mopeden har ovenfor andre tohjulsclasser vi har vurdert. Tohjulingene vil ofte utgjøre et alternativ til andre fremkomstmiddel på mindre strekninger, og da er ofte økonomi et avgjørende faktor. Moped er ofte en kompakt løsning som både er enkel og økonomisk billig.

Sammen med en nett pris er vedlikeholdsarbeidet for tohjulinger enkelt, og den krever lite tid til dette. Tunge motorsykler er ofte dyr i drift med tanke på høye akselerasjoner og kan på lang sikt bli en økonomisk byrde spesielt ved aktivt bruk. Vedlikeholdet kan også bli et problem på grunn av størrelsen, og man må ofte konsultere med et verksted som igjen gir ytterligere kostnader. Videre vil lette motorsykler trenge mest oppmerksomhet, ettersom de ofte også brukes i sportsrelaterte aktiviteter som for eksempel motorcross. Når det kommer til moped har ofte dette kjøretøyet den enkleste utformingen, og ved de fleste reparasjoner kan dette enkelt gjøres på egenhånd. Vedlikeholdsarbeidet for de større tohjulingene fører også til at forsikringspremien er dyrere for tunge motorsykler enn for moped og scootere.

Et annet viktig punkt i denne diskusjonen er utgiftene for å skaffe seg et førerkort for den valgte tohjulingen. Ved å se på moped, er dette både den enkleste opplæringen og koster også minst av alle klassene. Dette er et førerkort som inkluderes sammen med klasse B, som er for vanlige personbiler. Skal førerkortet derimot taes ved fylte 16 år, må man betale for teoretisk og praktisk undervisning som i gjennomsnitt ligger på 5000 kr. Opplæringen til lett motorsykkel er lagt opp til å være mer grundig, og medfører også økte kostnader. Her det obligatorisk med både praktisk og teoretisk avleggelse av eksamen. Prisen kommer ofte opp i det dobbelte av moped, rundt 10 000 kr. Deretter ha vi klassen for tung motorsykkel. Ettersom det har kommet noen lovreguleringer angående mellomtung motorsykkel har prisen på denne klassen opplevd fluktasjoner. Prisen per idag ligger vel rundt 15 000 kr [44].

1.2.3 Trender

Slik jeg nevnte tidligere har den økonomiske nedgangen ført til at markedet for tohjulinger har opplevd en kraftig nedgang. Dette har resultat i at den gode fremgangen i salgshallene fra 2005 og utover fikk en knekk. Den nå avdøde superjournalisten innen MC, Kevin Ash, skrev i slutten av 2012 en statusrapport for den britiske avisen The Telegraph for utviklingen i tohjulsmarkedet. Han nevnte at selv med finanskrisen i 2008, har markedet for små og kompakte motorsykler tatt seg opp betraktelig. Man opplever at det etterspørres design som gjør at man glir inn i bybildet. Små turer og korte distanser kan enklere gjennomføres med et enkelt fremkomstmiddel som er liten og økonomisk gunstig. Dette gjør blant annet parkering og andre lignende ting enklere. Ash nevner også at den økte sikkerheten for tohjulinger også er en viktig faktor, og at man i nyere tester ofte sammenligner sikkerheten opp mot biler. Ash fremhever denne markedsøkningen ved å legge til at tohjulingsmarkedet har fra juni 2011 til juni 2012 har vokst med over 20 % [44].

Samme oppfatning deles av den italienske designeren Pierangelo Andreani, som har over 40 års erfaring i bransjen, om at tohjulsmarkedet vil eksplodere i løpet av de neste årene. Han påpeker spesielt at moped og scootere vil revolusjoneres. Hans oppfatning er at både de store scootere og de mindre vil

ELEKTRISK SCOOTER

utvikles betraktelig. Han mener at den vanskelige finansielle situasjonen i blant annet Hellas, Spania og Italia gjør at flere husholdninger i disse landene velger en scooter fremfor biler [45]. Både lave kostpriser, driftsutgifter og forsikringspremier lokker folk til scooter-klassen, som igjen vil gi oss flere og mer tilpassede modeller for disse landene. Andreani vektlegger også at etter hans mening burde industrien fokusere på at en økende andel av MC-entusiastene snart når en alder der de ønsker å parkere de svære motorsyklene, og retter blikket mot de mer kompakte løsningene som scootere og mopeder.

1.2.4 Regelkrav

Når det kommer til aktuelle regelkrav for ulike segmenter av fremkomstmidler på to-hjul kan vi dele disse inn i tre hovedkategorier. Vi starter med mopedklassen, som også enkelte ganger klassifiseres som scooter i det internasjonale markedet. Dette er den letteste klassen, og benyttes ofte til kjøring i byene og tettstedene. Neste nivå i fra denne kategorien fører oss til lett motorsykkel, som er en motorsykkel som brukes både til motorcross og har i løpet av de siste par årene kommet mer inn i det vanlige forbrukermarkedet. Til slutt har vi tung motorsykkel som er av den mer avanserte og brukes ofte av det mer modne forbrukermarkedet med tanke på kostnader og ytelse. Her skal det også nevnes at det fra 19. januar 2013 ifølge EUs 3. førerdirektiv er introdusert nye regler for en kategori ved navn mellomtung motorsykkel. Denne er ikke viet mye plass i denne oppgaven da dette er en klasse som ofte settes i samme bås som tung motorsykkel, og førerkort for tung motorsykkel kan også taes som en påbygning av førerkortet til den nye klassen. Nedenfor er det laget en tabell som synliggjør forskjellene mellom disse tre hovedklassene innen to-hjulinger [46].

Tabell 1-2: Oversikt over begrensninger for tohjulede kjøretøy [46].

	Moped/Scooter	Lett motorsykkel	Mellomtung motorsykkel	Tung motorsykkel
Maks hastighet	45 km/t	Ingen begrensning	Ingen begrensning	Ingen begrensning
Maks motorytelse	Opptil 50 ccm	Opptil 125 ccm	Opptil 100 ccm	Ingen begrensning
Maks effekt	Opptil 4 kW	Opptil 11 kW	Opptil 35 kW	Ingen begrensning
Aldersgrense	16 år og oppover	16 år og oppover	18 år og oppover	24 år og oppover

1.2.5 Foreløpige vurderinger

Etter å ha sett på de mange fakta relatert til denne typen av motorkjøretøy viser det seg at tohjulinger er en interessant gruppe innen transport og fremkomstmiddel. Med tanke på forbrukermarkedet, økonomi og trender er det helt klart at er det noe å satse på innenfor tohjulinger må det enten være tung motorsykkel eller moped. De har et stort utviklingspotensialet og markedet vil vokse betraktelig de neste årene. Med tanke på SSBs tall for nyregistreringer og eierskifter er likevel moped og scootere det beste alternativet spesielt hvis man skal fokusere på nysalg og innovasjon. Videre når vi nettopp har

ELEKTRISK SCOOTER

kommet ut av en økonomisk grop, og går i møte med en ganske usikker finansiell fremtid vil økonomien vise seg å være et akilleshæl for forbrukerne, og med de moderate kostnadene både for kjøp, drift og vedlikehold er moped det beste valget.

a) Målgruppe

Etter å ha satt inn fokuset på moped og scooter-klassen er det viktig å kunne spesifisere hvilken målgruppe vi ønsker å lage produktet vårt til. Dette vil hjelpe oss med å fokusere på viktige utviklingsstadier når det gjelder design, ytelse og funksjonalitet. Med tanke på at moped ofte er populært blant unge som er under 18 år, ønsker vi å ha deres ønsker i fokus. Vi ønsker å utvikle et motorkjøretøy for både gutter og jenter, og tenker derfor å ha et unisex-fokus slik at det blir et bredere appell for produktet. I tillegg til dette ønsker vi å ha et fremtidig perspektiv for våre løsninger. Vi tenker at slik blant annet Andreani nevnte vil den eldre garde snart også bli tiltrukket mot denne type kjøretøy. Vi har dermed en målgruppe som varierer fra unge jenter og gutter som vil benytte mopeden på korte distanser med venner, til foreldre som må ta en kjapp tur ned til kjøpesenteret.

b) Bensindreven eller elektrisk moped

Hva slags løsningskonsept man velger kommer ned til mange forskjellige forhold. Ofte kan de variere fra person til person, men også i forhold til miljø og geografiske tilsetninger. Likevel er det noen generelle punkter som klargjør forskjellen mellom hovedpunkter i debatten innenfor hva slags motordrift man velger. I dagens kjøretøyindustri koker denne debatten seg ofte ned til spørsmålet om bensindreven eller elektrisk moped. Selv om vi senere vil komme tilbake til en teknisk redegjørelse for valg av motorkonsept kan det være gunstig å se på noen generelle hovedlinjer i denne diskusjonen.

Kostnader:

Kostnadene relatert til slike kjøretøy kan deles inn i to kategorier. Det ene er kjøpeutgiften og det andre er driftsutgiftene. Kjøpeutgiften er ofte høyere for bensindrevne moped, mest sannsynlig på grunn av konstruksjonen og komponentene. Selv om elektriske moped har høy totalvekt har komponentene som benyttes i bensindrevne moped ofte høy kompleksitet og krever et robust materiale som har høy ytelse.

Videre når det gjelder driftsutgiftene kan vurderingen være av en mer kompleks art. For det første vil drivstoffet utgjøre en mye større andel av vedlikeholdsutgiftene for bensindrevne mopeder, mens for elektriske mopeder vil den være en minimal del av de totale driftsutgiftene. Videre er det få maskin-tekniske problemer i en elektrisk moped, og det som mest sannsynlig vil være utskiftningen av batterier som må gjøres etter rundt 2 år, men dette avhenger av forbruket til hver enkelt kunde. Reparasjonskostnadene gjør også at forsikringen på bensindrevne mopeder er dyrere, mens i enkelte land kan man komme unna med å betale ingenting i verken forsikring eller veiavgift som et intensivt for å promotere elektriske kjøretøy. Det samme gjelder parkering og kjøring i kollektivfelt som ofte er gratis, og kan være en fordel ved kjøring i byer og tettsteder.

På litt lengre sikt må det nevnes til fordel for bensindrevne mopeder at de holder sin verdi over en lengre periode. De har litt lavere avskrivninger pr. år på grunn av den mer stabile utviklingen innenfor bensindrevne kjøretøy. For elektriske kjøretøy gjøres det et enormt forskningsarbeid, og vi er vitne til

en formidabel fremvekst av ny teknologi både når det gjelder batterier, motorer og andre elektriske enheter relatert til disse kjøretøyene noe som gjør utdateringen raskere.

Bruk:

Generelt til bruk vil både bensindrevne og elektriske mopeder ha hver sine fordeler og ulemper. For eksempel vil elektriske mopeder ikke klare å levere like høy hastighet som bensindrevne mopeder over en lengre periode. I Norge har heller ikke mopeder og scootere lov til å kjøre på motorveier, noe som gjør at reise over en lengre distanse kan utgjøre et problem. I denne sammenhengen skal det likevel sies at bensindrevne mopeder har vanligvis en lengre rekkevidde enn elektriske mopeder, selv om det stadig utvikles nyere batteriteknologi som vil levere bedre levetid.

Når det gjelder frakt av passasjerer og annet vekt på en moped vil den elektriske være totalt sett tyngre på grunn av batteripakken, dermed kan den bensindrevne mopeden kunne bære en tyngre vekt i forhold til lik ytelse. Den bensindrevne mopeden vil også være bedre under kjøring i oppover bakker i en lengre driftsperiode.

Miljø:

Miljømessig er nok den elektriske mopeden en klar vinner. Dette kommer av spesielt to forhold. For det første er karbonutslippet lik null for elektriske moped siden de operer med batterier, istedenfor bensin eller diesel. Siden det er null utslipp for elektriske mopeder, unngår man også andre helsefarlige utslipp. I tillegg til null utslipp gir heller ikke de elektriske mopedene noen form for støy. Dette er spesielt viktig i moped-kategorien som vanligvis har en høyere støynivå enn vanlige biler, og denne lyden kan ofte bli sjenerende i byer og tettsteder.

1.3 Problemstillinger

For å kunne følge opp oppgavens beskrivelse om å komme frem til et kjøretøy på to hjul som er fremtidsrettet, kan vi legge frem en kompleks problemstilling som kan defineres i flere aspekter. Disse utfordringene er både av teoretisk og praktisk karakter. Det teoretiske går ut på å definere riktig målgruppe, og utvikle et kjøretøy som er realistisk i forhold til dagens lovverk. På den andre siden har vi en begrensning i hvor langt vi kan komme i utviklingsarbeidet med tanke på tilgjengelige ressurser og tid. Ved å klargjøre disse begrensningene kan vi stadfeste hva slags variabler som vi må regne med og planlegge prosjektet slik at vi får en optimal progresjon i utviklingsarbeidet.

a) Konsept

Hvordan utvikle et kjøretøy som har den beste kombinasjonen av drivlinje, bestående av motor og energilager, og utseende slik at den ikke bare kan konkurrere med dagens løsninger men også føles fremtidsrettet innenfor funksjonsområdene ytelse, design og pris.

b) Funksjon

Kjøretøyet skal utvikles slik at vi får en optimal ytelse, men samtidig øke kjøreopplevelsen i forhold til det etablerte markedet. En sømløs integrasjon av komponentene skal sørge for optimal bruk av

ressursene slik at vi har en bærekraftig og fremtidsrettet løsning. Innkapslingen av denne integrasjonen skal gi et ergonomisk ytre design slik at føreren har en optimal plassering på kjøretøyet.

c) Konstruksjon

Kjøretøyet skal bestå av en drivlinje som sørger for best mulig energioverføring. Utviklingen må være i tråd med prinsippet om enkel vedlikehold og rask tilgang til vitale komponenter. Det skal også vektlegges at det tas gode sikkerhetsmarginer slik at kjøretøyet føles trygg og utstråler godt konstruksjonsarbeid.

d) Økonomi

For å måle suksessen ved et slikt prosjekt rettes blikket ofte mot det konkurrerende markedet. Derfor er det viktig å legge seg på en bølge med konkurrentene, hvis ikke et stykke under. Dette krever at vi må ha komponenter som både kan levere ønsket spesifisering, men også er prisdyktige. Når det gjelder design vil ofte den virke som et speil for hva slags prisklasse man legger seg inn i, og vil være en vital del av økonomiprofilen til kjøretøyet.

2 PROSJEKTPLANLEGGING

Slik det ble nevnt tidligere i oppgaven er problemstillingene utfordrende og kompliserte. Dette krever at arbeidet blir organisert og strukturert slik at en innen bestemte tidsrammer kan nå ulike mål for at sluttproduktet blir tilfredsstillende og får ønsket resultat. Siden dette prosjektet er fordelt på to blir organiseringen en essensiell del av arbeidet, og det defineres tydelige rammer det skal jobbes ut ifra.

2.1 Målsetninger

Problemstillingene som et slikt prosjekt fører med seg har vi fokusert på ut ifra vår bakgrunn og motivasjon. Til dette arbeidet har vi videreført dette inn i et hovedmål, som igjen er porsjonert i ulike delmål. Dette gir en analytisk tilnærming og oppnåelige resultatmål.

2.1.1 Hovedmål

For dette mastergradsarbeidet er det satt opp følgende problemstilling:

”Det skal utvikles et konsept for et elektrisk kjøretøy på to hjul i nedre del av effektsegmentet, og som har en optimal kombinasjon av drivlinje og design. Ergonomiske, økonomiske og miljøvennlige forhold vektlegges likt, og løsningen skal være fremtidsrettet og nytenkende.”

2.1.2 Delmål og prosesstrinn

Hovedmålet er videre definert til følgende delmål, som igjen er kombinert med relevante prosesstrinn:

Tabell 2-1: Oversikt over delmålsettinger og prosesstrinn i arbeidet med gjennomføringen av prosjektet.

Målnr.	Delmålsettinger	Prosesstrinn
1	Tilegne bakgrunnskunnskap	<ul style="list-style-type: none"> ⤴ Utrede ulike segmenter ⤴ Konkurransen ⤴ Markedsønsker ⤴ Tidligere arbeid
2	Konseptgenerering	<ul style="list-style-type: none"> ⤴ Utvikle konsept for energilager ⤴ Utvikle konsept for drivlinje ⤴ Utvikle konsept for motor ⤴ Utvelgelse av komponenter
3	Design og ergonomi	<ul style="list-style-type: none"> ⤴ Utvikle designkonsept i forhold til ergonomiske forhold ⤴ Plassering av komponenter

ELEKTRISK SCOOTER

Tabell 2-1: Forts.

Målnr.	Delmålsettinger	Prosesstrinn
4	Konstruksjonsberegninger	<ul style="list-style-type: none"> ⤴ Foreta grunnleggende håndberegninger ⤴ Fastsette variable til FEM-analysen ⤴ Kontrollere håndberegningene
5	Materialvalg	<ul style="list-style-type: none"> ⤴ Utrede materialvalg
6	Økonomi	<ul style="list-style-type: none"> ⤴ Utrede den økonomiske lønnsomheten til prosjektet både ved innkalkulering av komponentkostnadene og eget arbeid.
7	Rapportering	<ul style="list-style-type: none"> ⤴ Utarbeidelse av skriftlig rapport.

2.1.3 Arbeidsplan

Nedenfor følger arbeidsplanen som er satt opp for prosjektet, basert på et Gant-diagram.

Tabell 2-2: Gant-diagram med milepæler og beregnet tidsforbruk.

#	Delmål	Milepæl/ Prosesstrinn	2013				
			Jan	Feb	Mar	Apr	May
1	Tilegne bakgrunnskunnskap	Ulike segmenter Statistikk Tidligere arbeid					
2	Konseptgenerering	Drivlinje Motor Energilager					
3	Design og ergonomi	Designkriterier Designkonsepter Tegning					
4	Konstruksjonsberegninger	Håndberegning Simulering Sammenligning					
5	Materialvalg	Vurdere materialer					
6	Økonomi	Produksjonsmetoder Økonomisk profil					
7	Rapportering	Skrive rapporten					

2.2 Begrensninger

Å utvikle et kjøretøy på to hjul, er et avansert og utfordrende oppgave som krever god tilgang på kompetanse og ressurser. Vanligvis vil en kjøretøyprodusent sette sammen en tverrfaglig gruppe som har kompetanse innenfor maskinfag, design og økonomi. Med vår bakgrunn fra industriell økonomi har vi en unik profil som dekker alle disse tre fagkompetansene. Likevel vil fremstillingen av et slikt

ELEKTRISK SCOOTER

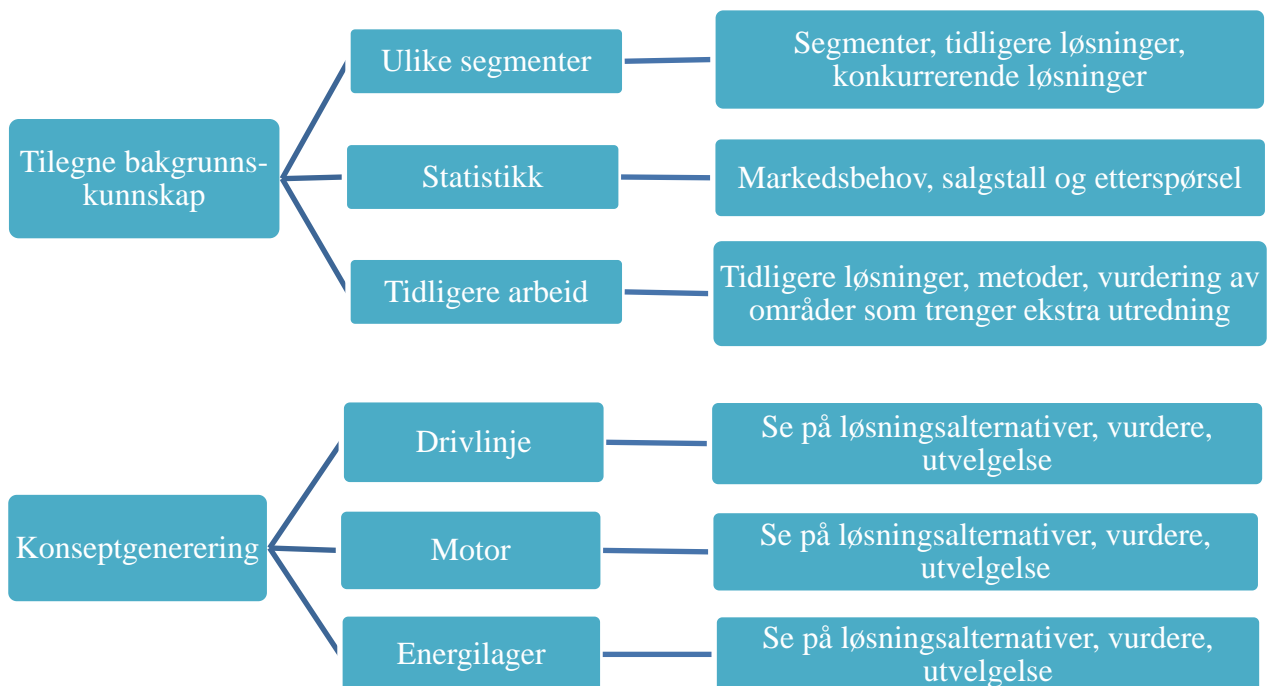
kompleks produkt kreve mer arbeid enn de oppsatte 1800 timene, som for to studenter utgjør til sammen 60 studiepoeng. Dette vil i arbeidslivet gi oss et årsverk, noe som kan komme til kort for å få en full konseptutredning. Med basis i dette vil vi sette opp noen begrensninger som blir fordelt utover de forskjellige prosjektfasene, slik at vi får fremstilt mest mulig av våre ideer.

Av tidshensyn er det dermed gjort følgende begrensninger i arbeidsomfanget for mastergradsarbeidet.

- a) Konseptgenerering; leverandøranalyse blir ikke gjennomført, likeledes med seleksjonsprosess for komponenter, kontrollberegninger på komponenter og utredningen av det elektriske kablingsnett.
- b) Design og ergonomi; designet utreder ikke konseptutredning, detaljanalyse av lys, festeinngrep for komponenter, omfattende materialanalyse, dermed blir ikke tekniske tegninger målsatt for produksjon men kun for enkel CAD-simulering, og det vil kun bli gjort grunnleggende kalkulasjonsarbeid slik at det utelates beregningsarbeid for svingningsanalyse, styregeometri, umatting, omfattende analyse av aerodynamiske forhold.
- c) Økonomi; det utredes ikke for markedsføringsmetoder, kostnader relatert til salg, markedsføring, logistikk og produksjon, søknad for godkjenning av kjøretøy og andre produksjonsrelaterte forhold.

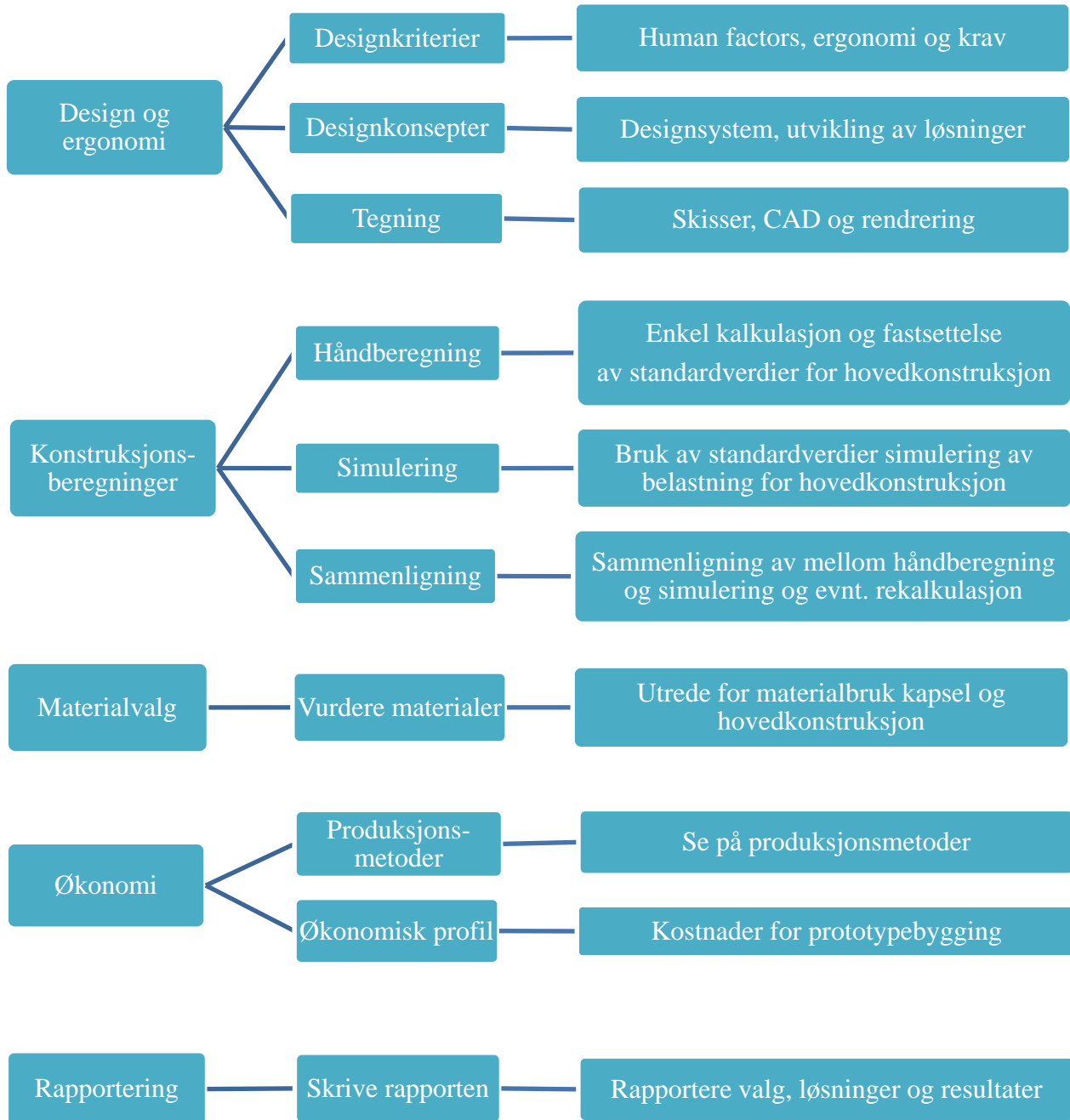
2.3 Drøfting av prosesstrinn

Nedenfor er delmålene, prosesstrinn og milepæl drøftet ytterligere.



Figur 2.1a: Oversikt over milepælene og deres betydning.

ELEKTRISK SCOOTER



Figur 2.1b: Oversikt over milepælene og deres betydning.

3 METODEBRUK

3.1 IPD

Slik det er nevnt tidligere er organiseringen og struktureringen i dette prosjektet vital og en grunnpilar for å få et vellykket resultat. I den forbindelse er det viktig å legge opp til en prosess som både er effektiv og gir et bredt perspektiv. Dermed blir alle prosjektfasene riktig behandlet, og fokuseringsdybden er av en respektabel mengde både iforhold til tidsbruket og ressursutnyttelsen. Til dette arbeidet har vi valgt å følge en filosofi som går under navnet Integrated Product Development (IPD) [21].

IPD er en metode som ble utviklet i USA, men har fått global betydning etterhvert. Den globale anerkjennelsen går ut på at den er utviklet gjennom en lang prosess og et resultat av mangeårig produktutvikling. Ofte nevnes økt grad av effektivitet og raskere progresjon som noen av hovedfortjenestene ved IPD. Likevel skiller den seg mest ut av andre utviklingsmetoder ved at den fokuserer på læringskurven relatert til utviklingsprosessene. Kunnskap på tvers av fagfelt regnes som en av de elementære prinsippene og at man skal ha et psykologisk fremtidsrettet perspektiv.

Man tar ofte fatt på metodikken ved å følge en etappevis prosess, og denne faseutviklingen kan i korte trekk beskrives slik:

- ♣ Kartlegging og analyse
 - ♣ Kartlegge behov og marked.
- ♣ Planlegging
 - ♣ Legge konkrete planer og definere klar strategi for prosjektet. Organiseringen skiller vi ofte mellom funksjonsorganisasjon og prosjektorganisasjon.
- ♣ Tverrfaglig disputas
 - ♣ Siden det er ofte samarbeid på tvers av disipliner er det viktig å kunne drøfte problemstillinger i et tverrfaglig medium allerede på et tidlig stadie.
- ♣ Produksjonsdesign
 - ♣ Sette opp et design som gir et effektivt som mulig produksjonsmuligheter. Her fokuseres det ofte på modularisering, vedlikehold og kapasitet
- ♣ Kostnadsstyring
 - ♣ Kostnadene spiller ofte en viktig rolle for et produkts etterspørsel og dermed i et prosjekts suksess. Organiseringen av kostnadene i forhold til livssyklusen er viktig.
- ♣ Ekstern kollaborasjon
 - ♣ Ofte i komplekse prosjekter har man eksterne aktører som leverer komponenter og annen kunnskap.
- ♣ Teknisk innovasjon
 - ♣ I design og løsningsfasen er det viktig å ikke bare bruke den tekniske kompetansen i prosjektgruppen, men også tar i bruk erfaringer fra lignende prosjekter tidligere.
- ♣ Teknisk design

ELEKTRISK SCOOTER

- ▲ Med utviklingen innenfor verktøy og avanserte hjelpemidler er det ofte viktig å integrere disse tidlig i prosessen.
- ▲ Simulasjon
 - ▲ En av fordelene med teknisk design er at man dermed kan ta i bruk virkemidler som simulasjon. Ofte kan dette være gode veivisere i forhold til belastninger og påkjenninger, i tillegg til produksjonsanalyse.
- ▲ Organisering og forbedring
 - ▲ Med riktig organisering har man et større samarbeidspotensiale og kan øke progresjonstide



Figur 3.1: En enkel oppsummering av IPDs viktigste komponenter.

I henhold til IPD operer man ofte med en signifikant skille i prosjektarbeidet. Den første delen tar for seg konseptutredningen der man går inn å ser på viktige holdepunkter for produktet. Her fokuseres det å få kartlagt arbeidsprosessen og utrede mulige løsningsalternativer. Likevel er det viktig allerede under konseptutredningen at man kommer frem til et forslag på hva man ønsker å komme frem til som resultat på prosjektet. I siste del fokuserer man ytterligere på flaskehalsene ved produktet eller områder som krever ytterligere ekspertise. Etter dette følger fysisk presentasjon av løsningen, og man planlegger

eventuell produksjon. I denne oppgaven skal vi fokusere på første del av IPDs rammeverk, og siden dette er et prosjekt som har en del begrensninger jfr kap. 2.2 vil vi kunne komme inn delvis på de forskjellige fasene IPD legger opp til. Når det kommer til tverrfaglig disputas, kostnadsstyring og ekstern kollaborasjon er dette faser som ikke lar seg gjennomføre for oss, på grunn av oppgavens karakter, tidsforbruk og tilgjengelige ressurser. Nedenfor er noen av våre arbeidsmetoder relatert til prosjektet beskrevet.

3.2 Pughs metode

Konseptutviklingsdelen i et prosjekt tar for seg mange alternativer som vurderes opp mot hverandre. Derfor er det viktig å ha et godt redskap til å kunne se på forskjellige løsningsmetoder og kunne evaluere dem på like prinsipper. Stuart Pugh presenterte et slikt seleksjonsverktøy som tok for seg hvordan man under utvikling av nye produkter kunne enkelt og forholdsvis grundig kunne utlede sine valg. Han definerte hele prosessen fra hvordan man skulle ta tak i et utviklingsprosjekt til man nådde produksjonsdelen, og beviste gjennom praktisk testing at hans utviklingscyklus kunne sette rammer for produktutvikling. Likevel er det hans metode for konseptvalg som har stått igjen som det mest signifikante av hans totale verk. Denne arbeidsmekanismen har i faglitteraturen blitt betegnet som Pughs metode og er tilgjengelig i ulike variasjoner. Denne fleksibiliteten har gjort den en suksess blant ingeniører og teknologer.

Pughs metode deles ofte i to hovedkategorier der man har en tilnæringsversjon, der man vurderer løsningene med hensyn på et referansenivå som definerer eksisterende løsning. På den andre siden har man et vurderingssystem som prioriterer ulike kriterier med et vektall, som igjen gis rangering med tanke på de ulike alternativer. Vurderingene i disse to kategoriene gjennomføres i et matrisystem, der kriteriene er presentert nedover i det vertikale planet og løsningsalternativene settes opp i et horisontalt plan i matrisen.

Ettersom vårt arbeid skal presenteres så kompakt som mulig, og løsningene også blir presentert med begrenset detalj, velger vi å modifisere seleksjonsverktøyet slik at den passer vårt prosjekt. I stedet for å prioritere og vekte de forskjellige kriteriene vi tar vi utgangspunkt i, velger man å gi dem et terningskast fra 1 – 3, med tanke på deres preferanse ovenfor de ulike alternativene. Disse terningskastene er representert ved antall ☺. Til slutt samler man opp antall smilefjes, og setter opp en rangering.

Ved å velge en slik restriksjon på Pughs metode vil man kunne opprettholde defineringen i problemstillingen om at ergonomiske, miljøvennlige og økonomiske forhold skal bli vektet likt. Utvelgelsen vil på den andre siden bli av en generaliserende karakter, og poengforsterkningen som kan favorisere alternativer som står sterkere på enkelte områder vil bli svekket. Med bakgrunn i at det har vært begrensninger i tidsbruken og at vektingen eventuelt ville skjedd på bakgrunn av skjønsmessige vurderinger, gjør at modifisering er nødvendig. For å kompensere for dette og tilpasse valgene til våre ønsker, velger vi å vurdere rangeringen kort før endelig valg foretas. Denne kortfattede vurderingen vil fremstilles under samme inndeling som valget av komponenten.

3.3 Prosjektstyring

Dette prosjektarbeidet er fordelt på to gruppemedlemmer. For å få en flyt i prosjektarbeidet er det dermed viktig å få lagt frem tidlige tidsfrister for hovedmålene, som igjen er blitt brutt ned til delmål. For å få til klar kommunikasjonslinje for utførelse av arbeidet er det viktig å ha et arbeidsdiagram. Vi har valgt løsningsmetoden Gant-diagram, som er utarbeidet i kombinasjon med Microsoft Excel av versjonen utgitt i Microsoft Office 2010. Det har også vært gjort redigeringer i OpenOffice.org Calc, som er et regnearkprodukt av Oracle.

3.4 Nettsøk og litteraturstudier

Mye av det teoretiske grunnlaget kommer fra litteratur som er blitt gjort kjent til oss gjennom studiet. Likevel har det vært en del tillegglitteratur som har vært mer direkte fokusert på utviklingen av et kjøretøy. Dette har vi blitt gjort oppmerksom av våre veiledere og andre fagekspertter ved Institutt for matematiske realfag og teknologi (IMT) på UMB. Videre er også nettsøk vært en viktig redskap, spesielt i forberedelsesarbeidet og som oppslag for definisjoner og utsagn, samt for å sikre oppdaterte tall.

3.5 Håndberegninger

Mye av våre beregninger er basert på de enkeltemnene som har tatt for seg maskin og konstruksjon for vårt 5-årige masterprogram. Løsningene er gjort på bakgrunn av vår akademiske bakgrunn, og under utarbeidelsen har vi rådført oss med ansatte ved UMB.

3.6 3D- løsningsverktøy og strukturanalyse

For design, simulering og FEM-analyse er det blitt brukt i hovedsak SolidWorks versjon for 2013, der simuleringsdelen har vært en viktig hjelpemiddel sammen med renderingsfunksjonen.

3.7 Rapportering

Det har blitt gjort en løpende rapporteringsarbeid i prosjektet, og vi har i hovedsak brukt Microsoft Word versjon utgitt i Microsoft Office 2010 samt skriveprogrammet OpenOffice.org Writer som er utgitt av softwaresekskapet Oracle. For presentasjon av tabeller, figurer og skisser har vi også tatt i bruk Adobe Photoshop og Paint.

4 TERMINOLOGI

Nedenfor er det listet opp viktige begreper, definisjoner, symboler og formler for å gi leseren enklere å forholde seg til terminologien i oppgaven. Likevel forutsettes det at man har kjennskap til maskintekniske prinsipper og uttrykk, samt innblikk i vokabular innen konstruksjonsteknikk og kjøretøy.

4.1 Begreper

Tabell 4-1: Oversikt over begreper og definisjoner.

Uttrykk	Beskrivelse
Retardasjon	Negativ akselerasjon
Trail	Den horisontale avstanden mellom skjæringspunktet til styreaksen og bakken (til et punkt der det fremre hjulet treffer bakken).
Støtdempertakt	Avstanden som fjæret beveger seg når den utsettes for strekk/trykk kraft.

4.2 Symboler

Tabell 4-2: Oversikt over symboler.

Symbol	Beskrivelse	Målenhet
a	Akselerasjon	m/s^2
a_b	Retardasjon	m/s^2
A	Areal	mm^2
Ah	Batterikapasitet	Ah
c_1	Konstant 1	-
c_2	Konstant 2	-
c_w	Luftmotstandskoeffisient	-
D	Ytre diameter	mm
D_o	Indre diameter	mm
E	Elastisitetsmodul	N/mm^2
E_k	Kinetisk energi	J
E_T	Total energi	J
E_w	Arbeidsenergi	J
f	Rullekoeffisient	-
F_a	Belastning på forhjul i statisk tilstand	N
F_{aa}	Forhjul minimal dynamisk belastning (akselerasjon)	N
F_{ab}	Forhjul maks dynamisk belastning (bremsing)	N
F_b	Belastning på bakhjul i statisk tilstand	N
F_{ba}	Bakhjul maks dynamisk belastning (akselerasjon)	N

ELEKTRISK SCOOTER

Tabell 4-2: Forts.

Symbol	Bekrivelse	Målenhet
F_{bb}	Bakhjul minimal dynamisk belastning (bremsing)	N
F_k	Minimum nødvendig kraft	N
F_L	Aerodynamisk motstand	N
F_R	Reaksjonskraft	N
F_{ro}	Rullemotstand	N
F_{st}	Stigningsmotstand	N
F_w	Totalmotstand	N
F_y	Krefter i y-retning	N
g	Tyngdeakselerasjon	m/s^2
GO	Gaffelforskyvning	mm
C	Castervinkel	grader
h	Kanthøyde	mm
H	Hodevinkel	grader
HP	Hestekraft	hk
I	Annet arealmoment	mm^4
I_s	Strøm	A
I_{sk}	Kontinuerlig strøm	A
L	Hjul til hjul avstand	mm
M	Moment	Nm
m_a	Moment i punkt a	Nm
m_b	Masse til batteri	kg
m_{bh}	Masse til bakhjul	kg
m_f	Masse til fører	kg
m_{fg}	Masse til forgaffel	kg
m_{fh}	Masse til forhjul	kg
m_r	Masse til ramme	kg
m_{sa}	Masse til svingarm	kg
m_{tot}	Total masse	kg
$m_{u/f}$	Total masse u/fører	kg
n	Antall hydrauliske støtdempere	-
n_o	Turtall	rev/m
n_{SF}	Sikkerhetsfaktor	-
P	Støtvinkel	grader
P_L	Effekt til å overvinne luftmotstand	W
P_m	Motoreffekt	W
P_{mk}	Kontinuerlig motoreffekt	W
P_{ro}	Effekt til å overvinne rullemotstand	W
P_{st}	Effekt til å overvinne stigningsmotstand	W

ELEKTRISK SCOOTER

Tabell 4-2: Forts.

Symbol	Bekrivelse	Målenhet
P_w	Nødvendig minst motoreffekt	W
R	Hjulradius	mm
S	Støtdempertakt	mm
t_s	Stoppetid	s
T	Trail	mm
U	Støtdempervinkelen	grader
U_m	Spenning	V
W	Motstandmoment	mm ³
x	Avstand i x-retning	mm
X_b	X-avstand til batteri CG	mm
X_{bh}	X-avstand til bakhjul CG	mm
X_{cg}	X-avstand til CG	mm
X_f	X-avstand til fører CG	mm
X_{fg}	X-avstand til forgaffel CG	mm
X_{fh}	X-avstand til forhjul CG	mm
X_r	X-avstand til ramme CG	mm
X_{sa}	X-avstand til svingarm CG	mm
y	Avstand i y-retning	mm
\dot{y}	Første derivert av y	mm
\ddot{y}	Andre derivert av y	mm
Y_b	Y-avstand til batteri CG	mm
Y_{bh}	Y-avstand til bakhjul CG	mm
Y_{cg}	Y-avstand til CG	mm
Y_f	Y-avstand til fører CG	mm
Y_{fg}	Y-avstand til forgaffel CG	mm
Y_{fh}	Y-avstand til forhjul CG	mm
Y_r	Y-avstand til ramme CG	mm
Y_{sa}	Y-avstand til svingarm CG	mm
α	Stigningsvinkel	grader
σ_{bmaks}	Maksimal bøyespennning	N/mm ²
$\sigma_{vm,maks}$	Maksimal von mises spennning	N/mm ²
σ_y	Flytespenning	N/mm ²
θ	Reaksjonsvinkel med horisontal	grader
ρ	Tetthet	kg/m ³
τ	Dreiemoment	N/mm ²
v	Hastighet	m/s
v_0	Start hastighet	m/s
v_{maks}	Maks hastighet	m/s

ELEKTRISK SCOOTER

Tabell 4-2: Forts.

Symbol	Bekrivelse	Målenhet
v_s	Hastighetskomponent langs bakre støtdemper	m/s
v_v	Vertikal komponent av hastighet	m/s

4.3 Formler

Tabell 4-3: Oversikt over formler.

Beskrivelse	Formel	Nr
X koordinat for mopedens CG	$X_{cg} = \frac{1}{m_{tot}} \sum_i^n m_i X_i$	1
Y-koordinatene for mopedens CG	$Y_{cg} = \frac{1}{m_{tot}} \sum_i^n m_i Y_i$	2
Annet arealmoment	$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - D_o^4)$	3
Newtons andre lov	$F = m \cdot a$	4
Moment	$M = F \cdot x$	5
Differensiallikning for elastisk linje med liten deformasjon.	$\ddot{y} = \frac{-M}{EI}$	6
Bøyespennning	$\sigma_b = \frac{M}{W}$	7
Slutthastighet	$v = v_0 - at$	8
Kinetisk energi	$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$	9
Arbeidsenergi	$E_w = m \cdot g \cdot h$	10
Total energi	$E_T = E_k + E_w$	11
Reaksjonskraft	$F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$	12
Reaksjonsvinkel med horisontal	$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{F_y}{F_R} \right)$	13
Rullemotstand	$F_{ro} = f \cdot m_{tot} \cdot g$	14
Effekt	$P = F \cdot v$	15
Aerodynamisk motstand	$F_L = 0,5 \cdot \rho \cdot C_w \cdot A(v_{maks}^2)$	16
Stigningsmotstand	$F_{st} = m_{tot} \cdot g \cdot \sin \alpha$	17
Nødvendig minst motoreffekt	$P_w = P_{ro} + P_L + P_{st}$	18

ELEKTRISK SCOOTER

Tabell 4-3: Forts.

Beskrivelse	Formel	Nr
Hestekraft	$HP = P_w \cdot 1,341$	19
Turtall	$n_o = \frac{60 \cdot v}{2 \cdot \pi \cdot r}$	20
Dreiemoment	$\tau = \frac{P_w \cdot 9,554}{n_o}$	21
Strøm	$I_s = \frac{P_m}{U_m}$	22
Batterikapasitet	$Batterikapasitet = \frac{P_{mk}}{U_m}$	23
Energiforbruk	$Energiforbruk = Batterikapasitet \cdot U_m$	24
Kjøretid	$Kjøretid = \frac{Batterikapasitet}{I_{sk}}$	25
Kjørelengde	$Kjørelengde = kjøretid \cdot v_{maks}$	26

5 KRAVSPESIFIKASJONER

På dette stadiet må vi definere noen kravspesifikasjoner som vi skal jobbe etter resten av prosjektet. Selv om vi kort har drøftet noen egenskaper i introduksjonen som er ønsket i en fremtidsrettet scooter, er det noen spesifikasjoner relatert til noen hovedelementer i scooteren som må klargjøres. Dette er gjort i tabellformat nedenfor.

5.1 Markedsbaserte grovspesifikasjoner

Tabell 5-1: Beskrivelse av markedsbaserte produktegenskaper.

Produktegenskap	Beskrivelse	Spesifiseringsgrunnlag
Miljø	For at scooteren skal være fremtidsrettet, må det fokuseres på grønne løsninger	Markedets mottakelse av grønne løsninger har gitt flere elbiler suksess. Spesielt i Norge.
Effektivitet	God ytelse avhenger av optimale løsninger av produktkomponenter	Effektiviteten er et viktig poeng ved kjøp av nye produkter, og er relatert til prisen kundene er villig til å betale
Kjørelengde	Kjørelengden kan begrenses opptil en viss grad, siden dette er kortdistanseskjøretøy	Vi må sammenligne med kjørelengden på konkurrerende løsninger, og levere lik eller mer
Design	Utseendemessig har design alt og si, og må være komfortabel på lang sikt	Viktig at man skaper en god ergonomi, og et godt førsteinntrykk på kjøperen
Brukervennlighet	Scooteren må yte god brukervennlighet	Enkel å operere, med stilsikre løsninger tiltrekker nye målgrupper
Kompleksitet	Enkel konstruksjon holder kostnadene nede	Enkle og få komponenter, med god integrasjon skaper gode produksjonsmuligheter
Støy	Lavest mulig støy	På tvers av drivmekanismene er lav støy et populært tiltrekningsplaster
Vekt	Lavest mulig vekt	Enklere å håndtere, og lavere forbruk av drivstoff
Kostnader	Må være økonomisk i drift	For valgt målgruppe er prisbevisst
Pris	På markedsnivå	En fremtidsrettet scooter vil koste mer, men det må ikke være astronomiske forskjeller

5.2 Metriske grovspesifikasjoner for miljøegenskaper

Tabell 5-2: Beskrivelse av grovspesifikasjonene for miljøegenskaper

Komponent-egenskap	Beskrivelse	Spesifiseringsgrunnlag	Min.	Maks.
Utslipp	Utslippene er en av de viktigste forurensningsfaktorene som må forbedres. Nye reguleringer i EU krever drastiske kutt i kjøretøyindustrien. Målet må være å oppnå null utslipp. Dagens nivå ligger på rundt 90 g/km for de verste 2-taktsmotrene.	Euro 5, Euro 6	0 g/km	50 g/km
Støy	Scootere og moped er en av de største utfordringene i dagens marked. Der vanlig hørselgrense er 85 dB, kan scootere ligge på rundt 100 dB.	Hørselvern	70 dB	85 dB
Resikulering	Resikulering gis med økende grad mer oppmerksomhet, og med optimale kombinasjoner av ulike komponenter skal dette være mulig. I kjøretøyindustrien reges det idag med en 90 % resikulerbarhet	Komponentvalg	90 %	100 %
Virkningsgrad	Virkningsgraden for dagens løsninger med forbrenningsmotorer kan man oppnå mellom 25-50%. Moderne løsninger kan øke dette tallet betraktelig	Komponentvalg	80 %	95 %

5.3 Metriske grovspesifikasjoner for globalkonsept

Tabell 5-3: Beskrivelse av grovspesifikasjonene for globalkonsept, ramme og drivlinje

Komponent-egenskap	Beskrivelse	Spesifiseringsgrunnlag	Min.	Maks.
Vekt	Minst mulig vekt, slik at vi får en komfortabel drift og unngå demping	Energilagring	100 kg	150 kg
Akselavstand, totalavstand	Kompakt design er noe som tiltrekker mest, og derfor må størrelsen på akselen være slik at komponentene kan plasseres enklest mulig	Ergonomiske forhold	-	-
Sikkerhet ved dimensjonering	Ved dimensjonering av kjøretøy defineres et sikkerhetsområde mellom 1,5-3. Dette baseres på hva slags løsninger, og hvor stor belastningseffekt komponentene har på hovedkonstruksjonen.	Hovedkonstruksjonen	1,5	3

5.4 Metriske grovspesifikasjoner for motor

Tabell 5-4: Beskrivelse av grovspesifikasjoner for motor.

Komponent-egenskap	Beskrivelse	Spesifiseringsgrunnlag	Min.	Maks.
Effekt	Etter som maks hastighet vil være 45 km/t må effekten ligge på over 2 kW, og mindre enn 4 kW	Lovmessige (kjøretøyforskriften) og tekniske begrensninger	2 kW	4kW
Vekt	Vekten på vanlige motorer for scootere og moped utgjør mellom 10-20 kg	Kombinasjonen motor og energilagring	10 kg	20 kg

ELEKTRISK SCOOTER

Tabell 5-4: Forts.

Komponent-egenskap	Beskrivelse	Spesifiseringsgrunnlag	Min.	Maks.
Størrelse	Ved hjelp av utformingen av driftssyklus for kjøring i tettbygde strøk (urban) er det gitt at en kjøretur utgjør melleom 4-7 km og 13-15 min, med 4 syklus får vi en beregnet driftstid på ca. 1 time	Ønsket driftstid ECE R15/EUDC	4km/13min	7km/15min

6 BAKGRUNN

I introduksjonen ble det drøftet kort om ulike segmenter og valg av kategori. Det vil i en utviklingsprosjekt være viktig å se på kategorien man velger fra litt flere perspektiv, og komme inn på hva slags konkurrenter man regner med å ta markedandeler fra. Nedenfor er det i den forbindelse drøftet litt om moped og scootere, før man ser litt nærmere på konkurrerende løsninger.

6.1 Moped/Scooter

Moped, eller scootere som de ofte også kalles, kom for alvor inn på markedet etter andre verdenskrig. Det anslås rundt 1947 at første eksemplarer var ute, og mottakelsen var så god at den raskt etablerte seg som en kategori innenfor tohjulede kjøretøy [47].

6.1.1 Historie

På slutten av 1800-tallet var en familiebedrift drevet av Rinaldo Piaggio en stor produsent av motorsystemer. Disse var spesiallaget for skip, fly og annet krigskjøretøy. På begynnelsen av 1900-tallet hadde de en av sine største produksjonssentre i Pisa, og var sterkt drevet av krigsindustrien. Ettersom de ble en anerkjent produsent av krigsutstyr var de ofte på radaren til fiender av Italia og deres allierte. Som resultat av dette ble deres største produksjonssenter angrepet i august 1943. Gjenoppbygningsprosessen var lang, og ettersom en av grunnpilarene i Piaggio-konsernet var nede ble det krevd store omstruktureringer. Etter andre verdenskrig fikk en av herrene i Piaggio-familien jobben med å bygge opp produksjonssentrene i Pisa. Dermed startet utviklingen av en ny kjøretøyklasse.

Sammen med Enrico Piaggio jobbet gründeren Corradino D'Ascanio med å satse på litt lettere maskinindustri, og begynte i 1946 utviklingen av et enklere motorsystem. Med utgangspunktet om å lage en motorsykkel, men i et ønske om å lage noe unikt forandret raskt fokuset seg til et annerledes design. De opplevde store problemer med å finne en optimal løsning for å få konstruksjonen til å være robust og sikker. Med bakgrunn i krigsindustrien hadde de nok erfaring i konsernet til å overkomme startproblemene og i april 1946 ble det aller første patentet for en scooter registrert hos de italienske myndighetene. På grunn av sin kompakte design ble den kalt for en veps av Piaggio, som på italiensk blir vespa. Dette ble også navnet på enheten, og har siden vært lansert i mange forskjellige Vespa-modeller.

Når den første scooteren ble lansert var mottakelsen blandet. Den hadde først og fremst suksess på grunn av fremveksten av en middelklasse, og ønske om en enkel kjøretøy uten kostnadene for eksempel en bil hadde. Likevel var det noen som så på dette kjøretøyet som en midlertidig løsning, og var skeptisk. Piaggio derimot startet masseproduksjonen umiddelbart og i første serie ble rundt 2000 enheter produsert. I løpet av første år eksploderte salget så mye at bedriften ikke kunne dekke etterspørselen de første årene, og i 1948 hadde et salg på rundt 20 000 enheter. Salget ble steget ytterligere da Piaggio fikk utvidet produksjonssentrene, og i 1951 solgte de over 150 000 enheter. Samtidig ble det planlagt flere oppgraderte modeller, slik at man kunne nå enda flere målgrupper.

Med den suksessen Vespa hadde i Italia, var det bare naturlig at utenlandske aktører også fattet interesse for det nye kjøretøyet. I 1953 ble utenlandseksporten startet og land som Spania og Tyskland

var de første som fikk Vespa ut på sitt marked. Med et økt etterspørsel begynte det å dukke opp flere små aktører i verden og blant dem som hadde størst utvikling var den gamle Sovjetunionen, men også land i marked som lå langt unna som Kina og India startet egenutvikling. I USA derimot hadde man allerede vært vant til scootere i form av Motoped, som ble lansert allerede etter første verdenskrig. Ettersom det ikke hadde fått mye oppmerksomhet, ble utviklingen vannet ut raskt. I løpet av perioden mellom verdenskrigene hadde deres scootere tatt et løft fra scootere til motorsykler som hadde større hastigheter.

6.1.2 Designutvikling

Selve designet for den første scooteren Vespa undergikk en god del endringer på grunn av mange tekniske utfordringer. Mange av utfordringene var relatert til at Piaggio-konsernet var på ukjent grunn og store ressurser ble brukt i å få enkle prinsipper som kjededrift og dekkpunktering til å være operasjonelle.



Figur 6.1: Den første scooteren Vespa, produsert av Piaggio [48].

Like etter suksessen med Vespa, ble denne to-hjulingen utfordret med en større versjon. Den nye versjonen skulle konkurrere mot biler, og være en mellomting for middelklassefamilien. Løsningen ble en tre-hjuling, som også ble produsert av Piaggio. Den fikk blandet mottakelse, og fikk ikke samme suksess på bakgrunn av sin kompliserte design. Den ble senere også brukt som drosje for mennesker og last.



Figur 6.2: En av de første tre-hjulingene, denne også produsert av Piaggio [49].

ELEKTRISK SCOOTER

Etterhvert på 1960-tallet har designere fokusert på å gi scooteren en mer fartsfylt preg. Allerede på 60-tallet ble det produsert sportsscootere, og det ble blant annet forsøkt å sette verdensrekord for raskeste hastigheten man kunne oppnå med en scooter. Mange av produsentene ønsket å tiltrekke seg unge kjørere som enklere kunne kjøpe en scooter enn tyngere kjøretøy. Høy hastighet på veiene resulterte i mange ulykker, og fra midten av 1970-tallet ble flere av myndighetene i Europa tvunget til å innføre regelverk som kunne forhindre unge fører å oppnå høye kjørehastigheter på scooterne. Blant produsentene som var mest aggressiv på makredet var de japanske merkene Honda og Yamaha. De designet sine scootere til å være mye mer lik motorsykler, og oppnådde høyere hastigheter.

Ettersom tiden har gått har det kommet flere aktører på scootermarkedet. Spesielt land som India, Kina og Brasil har stor etterspørsel. Mange av disse landene har vært med fra begynnelsen, og har en stor middelklasse som tar nytte av dette kjøretøyet. I moderne tid er disse markedene mye mer attraktiv for produsenter og mange av de mer tradisjonelle scootermodellene kan finnes idag i disse områdene [51].



Figur 6.3: *Den indisk-produserte Buraj Chatak, et populært fremkomstmiddel på gatene i India [50].*

Ved å se på den historiske utviklingen av scooteren, kan man også se at utformingen har forandret seg en del opp gjennom årene. Når de første scootere ble lansert kommersielt ble det fokusert på runde former, som ikke var ukjente på den tiden. Mye av formutviklingen kan relateres til bilindustrien som også på den tiden hadde et godt øye for organisk utforming, og aerodynamikken fikk større betydning. Scooterutviklingen fortsatte og ettersom man fikk et større marked, ønsket produsentene å knytte designet mer til forbrukernes følelser. Etter en lengre pause i krigsindustrien, begynte man på 1970-tallet å glorifisere den nye teknologien som var introdusert med raketter. Fokuset ble flyttet mot mer aggressiv design og det skulle skapes en følelse av fart og spenning.

Ser man på designformer i nyere tid kan vi ofte kategorisere dem inn i to klasser. Vi har den klassiske utformingen som oppgraderes med ny teknologi, men beholder de tradisjonelle designlinjene. Man kaller ofte denne klassen for retrospektiv. Videre har man en sportsklasse som har de fartsfylte særpregene. Moderne sportsscootere prøver likevel å kombinere de mer aggressive linjene med noen moderate organiske linjene. Det er derfor spennende å se i den mer langsiktige horisonten om man vil fullføre en designmessig livssyklus og gå tilbake til organiske former, eller om det vil introduseres en ny designepoke som fokuserer på en kominert løsning mellom runde og aggressive former.

6.1.3 Dagens marked

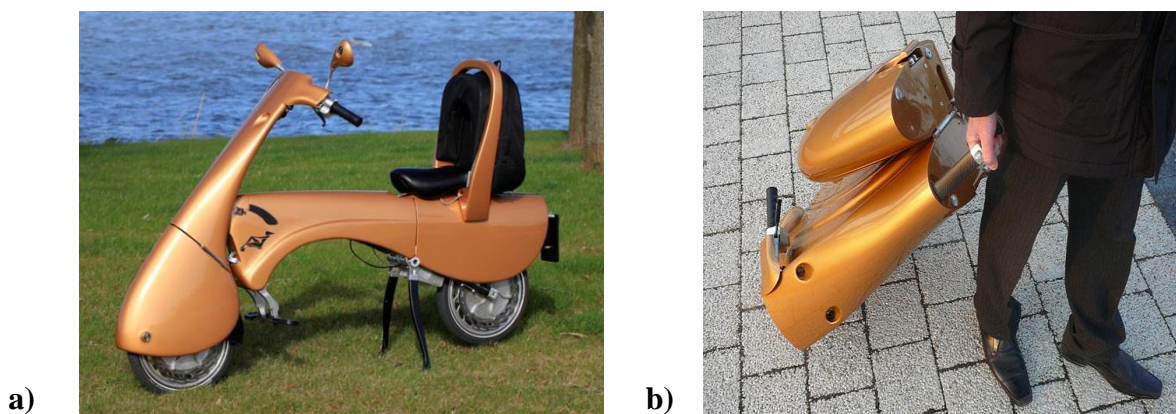
Etter nesten 70 års tilstedeværelse innenfor scootere har man idag fortsatt hovedkonturene til den første Vespa-scooteren i designet. Opp gjennom årene har mange kategorier utviklet seg ut ifra denne kategorien, som tre-hjulinger og lette motorsykler. Mye av utviklingen idag er basert på rammekonstruksjonen og energilagere. I motsetning til tidligere design der man kombinerte forskjellige deler i rammen til et stykke, er dagens rammekonstruksjoner utviklet med basis i et materialkomponent.

Den største forskjellen i dagens marked er overgangen fra bensindrevne moped og scootere, til de som er basert på elektrisitet. Det har skjedd en god del forskning, men man ser fortsatt idag at mange av disse innovative løsningene blir fort oppgradert til motorsykler. Dette gjør at man idag fortsatt finner de beste løsningene for scootere enten på en to-taks eller fire-taks bensin motor.

For å trekke tilbake til der historien med den moderne scooteren ble til i 1947, er Piaggio fortsatt en signifikant aktør på scootemarkedet. Utrolig nok er også deres mest suksessfulle scooter idag kalt Vespa, og finnes i mange forskjellige modeller. Deres største konkurrenter er i Asia, med aktører fra Japan og India i spissen.

6.1.4 Moderne Designløsninger

Hvis man ser designutviklingen i et fremtidig perspektiv, viser det en utviklingstrend mot lettere og mer luftigere løsninger. Det fokuseres på konstruksjoner som er basert på materialer som har gode egenskaper med tanke på styrke og robusthet, samt energilagere som integreres totalt i designet. Åpne løsninger som legger til rette for større oppbevaringsplass på den kompakte scooteren er ønskelig fra forbrukerne og som prioriteres fra produsentene.



Figur 6.4: *Et hypermoderne designløsning. a) En sammenleggbar scooter. b) Enkel transport [52,53].*

6.2 Konkurrerende løsninger

For å kunne utvikle et moderne, og fremtidsrettet kjøretøy er det viktig å analysere hva slags konkurranse man kan oppleve i markedet i dag. Ikke bare konkurrerer man innenfor scooter og moped-klassen, men man må regne med å konkurrere mot større motorkategorier som lette og tunge

ELEKTRISK SCOOTER

motorsykler. Nedenfor har vi tatt for oss de aktørene som utifra salgstall utgjør den største trusselen for et nytt og innovativt scooter-produkt.

6.2.1 Moped/Scooter

Dagens konkurrenter i mopedklassen er både bensindrevne og elektriske. Designets hovedlinjer går igjen, men man ser at både både moderne design og det retrospektive spiller inn når forbrukerne går til innkjøp.

Peugeot Speedfight

Modell	Peugeot Speedfight 3
Drift	Bensin
Motor	En-sylindret 2-takt
Motorkapasitet	49 ccm
Motorens dreiemoment	-
Maks hastighet	45 km/h
Vekt	97 kg



Figur 6.5: Peugeot Speedfight 3 [54].

Vespa

Modell	Vespa GTS 300 Sport IE
Drift	Bensin
Motor	En-sylindret 2-takt
Motorkapasitet	49 ccm
Motoreffekt	4,5 hk
Maks hastighet	45 km/h
Vekt	158 kg



Figur 6.6: Vespa GTS 300 Sport IE [55].

ELEKTRISK SCOOTER

Peugeot Vivacity

Modell	Peugeot e-Vivacity
Drift	Elektrisk
Motoreffekt	4 kW
Motorkapasitet	50 ccm
Motor dreiemoment	14 Nm
Maks hastighet	45 km/h
Vekt	115 kg



Figur 6.7: Peugeot e-Vivacity [56].

Govecs

Modell	Govecs GO! S1.2
Drift	Elektrisk
Motoreffekt	3kW
Motorkapasitet	49 ccm
Motor dreiemoment	54 Nm
Maks hastighet	45 km/h
Vekt	135 kg



Figur 6.8: Govecs GO! S1.2 [57].

6.2.2 Lett motorsykkel

Slik jeg har nevnt er dette en gruppe av kjøretøy som har blitt til ut av scooterklassen. I hovedsak er dette en norsk betegnelse, og er ikke anerkjent som en hovedklasse av utbredt karakter.

Lett motorsykkel er en nasjonal klasse som ble innført i 1997. I Norge er denne klassen en klar skille på kjøretøy med lav og høy hastighet. Allerede tidlig på 1980-tallet ble det i Europa reist spørsmål ved om det var forsvarlig med så høye hastigheter på enkelte scootere, og i de fleste landene er dette idag regulert i forhold til motorstørrelse på kjøretøyet [58]. Denne klassen er også utbredt som sportskjøretøy innenfor motorcross, men modeller innenfor dette er ikke vurdert som konkurrenter.

ELEKTRISK SCOOTER

Yamaha

Modell	Yamaha YBR125
Drift	Bensin
Motorkapasitet	124 ccm
Motoreffekt	7,5 kW ved 7800 o/min
Motorens dreiemoment	9,6 Nm ved 6000 o/min
Maks hastighet	-
Vekt	125 kg



Figur 6.9: *Yamaha YBR125 [59].*

Derbi

Modell	Derbi Senda DRD 125 SM Racing
Drift	Bensin
Motorkapasitet	124,2 ccm
Motoreffekt	11 kW ved 9250 o/min
Motorens dreiemoment	-
Maks hastighet	-
Vekt	120 kg



Figur 6.10: *Derbi Senda DRD 125 SM Racing [60].*

Govecs	
Modell	Govecs GO S 3.4
Drift	Elektrisk
Motoreffekt	3.3 kW
Motorkapasitet	125 ccm
Motor dreiemoment	114 Nm
Maks hastighet	85 km/h
Vekt	120 kg



Figur 6.11: *Govecs GO S 3.4* [56].

6.2.3 Tung motorsykkkel

Tung motorsykkkel er en klasse som har i det siste fått en endring i sin kategoribeskrivelse, som i hovedsak går ut på en aldersgrenseøkning. Etersom det er ukjent hva slags utvikling denne klassen vil få, velger vi å kategorisere både mellomtung og tung motorsykkkel i samme benevnelse. Videre er det innenfor denne klassen også en del brukstyper, der man kan nevne cruiser, touring, sport, cross og hybrid. I vår konkurrentanalyse tar vi for oss cruiser og hybridsykler, ettersom de er det mest vanlige å finne på norske veier.

Motorsykkelen som vi kjenner ble først utviklet sent på 1800-tallet i Tyskland. Etter noen års forbedringsarbeid ble den lansert i 1894, og tiltrukket seg oppmerksomhet selv med merkbare feil og mangler. På 1900-tallet fortsatte arbeidet med å videreutvikle kjøretøyet, og mestparten av denne utviklingen skjedde i USA. På denne tiden ble produsenter som Harley Davidson og Indian Motorcycle & Co store aktører på markedet.

I dag har markedet utviklet seg til å bli mer nisje, og sees ofte som et fritidsalternativ og dyr affære. Likevel selges det signifikant volum av disse, og blant de mest populære produsentene er BMW, Honda og Yamaha. De største markedet er stabilisert i USA og Europa, og salgstallene viser at tradisjonelle aktører som Harley Davidson fortsatt er populære [62].

ELEKTRISK SCOOTER

BMW

Modell	BMW 1300 S
Drift	Bensin
Motorkapasitet	1293 ccm
Motoreffekt	129 kW ved 9250 o/min
Motorens dreiemoment	140 Nm ved 8250 o/min
Maks hastighet	200 km/h
Vekt	228 kg



Figur 6.12: *BMW 1300 S* [63].

Harley-Davidson

Modell	883 Roadster
Drift	Bensin
Motorkapasitet	883 ccm
Motorens dreiemoment	70 Nm
Maks hastighet	-
Vekt	260 kg



Figur 6.13: *883 Roadster* [64].

Team Roskva

Modell	Roskva D135RAGS
Drift	Elektrisk
Motoreffekt	72 kW
Motorens dreiemoment	80 Nm
Maks hastighet	180 km/h
Vekt	160 kg



Figur 6.14: *Roskva D135RAGS* [65].

6.2.4 Referansemodell

Ettersom de fleste av kravspesifikasjonene var vanskelige å verdifeste valgte vi å velge en referansemodell. Denne referansemodellen ble valgt ved å se på de konkurrerende løsningene, og den modellen som viste seg å passe mest med grovspesifikasjonene som ble presentert i kap. 5. Modellen vi valgte var Peugeots e-Vivacity, og scooterens spesifikasjoner er presentert nedenfor.

Tabell 6-1: Tekniske spesifikasjoner for Peugeot e-Vivacity [66].

Peugeot e-Vivacity	
Motor type	Elektrisk (4kW)
Dimensjoner	1920 mm x 1160 mm x 680 mm
Hjul-til-hjul avstand	1340 mm
Setehøyde	760 mm
Maks hastighet	45 km/t
Avkjøling system	Luft
Girkasstype	Kardandrift
Forhjulsoppheng	Teleskopisk gaffel
Bakhjulsoppheng	Hydrauliske støtdempere
Dekkdimensjoner, foran	120/70-12
Dekkdimensjoner, bak	120/70-12
Bremse, foran	Enkel skive
Bremse, bak	Trommelbremse
Batteri	Litiumbatteri
Total vekt	115 kg

7 KONSEPTUTREDNING

Etter å ha sett på konkurrentene i vår marked, har vi fått et grunnlag for vurdering av hva slags tekniske komponenter vi ønsker å bruke. For å kunne benytte oss av en strukturert og dyp utvelgelsesprosess skal vi først gå gjennom noen generelle løsningsalternativer vi har for drivlinje, motor og energilager, før vi kort utreder valg av andre komponenter som vil bli levert av eksterne aktører. Det skal også drøftes plassering av hovedkomponentene slik at vi senere får en optimal design. Dermed skal det i denne prosessen

- Utreder for alternativene
- Alternativene vektet basert på viktige vurderingsfaktorer
- Rangering av alternativene
- Valg av løsning

Når det kommer til utvelgelsesprosedyren har vi valgt å bruke en modifisert løsning av Pughs vektningsmetode for produktdesign [10].

7.1 Energilager

Utviklingsprosessene for prosjektet hittil, har ledet frem til at energilager blir en viktig del av scooteren. Selv om en konkret motorløsning ikke er valgt på dette tidspunktet, vil man nå utrede alternative løsninger for energilager som senere kan kobles opp mot ønsket driftsystem.

7.1.1 Alternativer for energilagring

Nedenfor er noen av de mest aktuelle energilagringalternativene for scooteren drøftet. Det er viktig at energilageret er sikker og kan tåle den belastningen som påføres scooteren under kjøring. Sammen med sikkerheten må også levere ønsket ytelse og kapasiteten være stor nok til relevant driftsmengde.

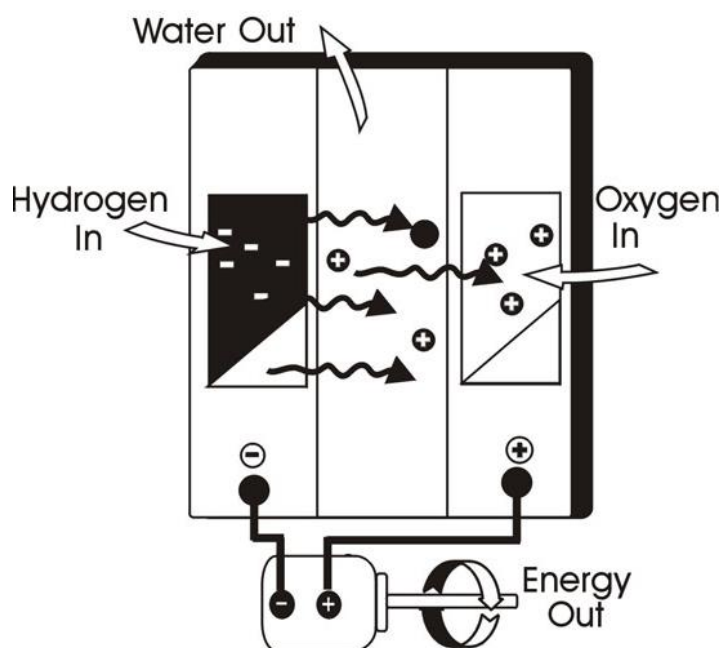
a) Hydrogencelle

Hydrogencelle er et prinsipp basert på virkemåten til en hvilken som helst benselcelle, og har grunnlag i en kjemisk reaksjon. Denne kjemiske reaksjonen som også kalle elektrokjemisk omformer drivstoffet som blir tilført til elektrisk energi. For at denne reaksjonen skal lage elektrisitet må det et oksidasjonsmiddel til, som ofte i moderne energiutvinning er oksygen. Denne metoden ble først prøvd ut rundt 1840-tallet av en tysk forsker ved navn Christian Friedrich Schönbein som uvitende utviklet hydrogencellen. Senere har metoden blitt mindre prioritert enn andre drivstoff som for eksempel biogass og propan [114].

Prosessen som utvikler energi med hydrogen som drivstoff er en omvendt elektrolyse, altså det motsatte av en elektrolyseprosess. Den er satt opp ved hjelp av en elektrode som definerer strømretningen, også kjent som anode og katode. Disse skilles fra hverandre gjennom en elektrolytt. Når det kommer til den praktiske komposisjonen til en hydrogencelle vil de kobles sammen i serie, for å oppnå ønsket effekt. Denne effekten avhenger av strømmen som hver av platene fører, og spenningen over disse platene [4].

ELEKTRISK SCOOTER

Måten man kan utføre brenselcelle-prosessen varierer med hva slags metodikk man benytter. I Norge har man hatt en god del forskning på flere drivstoff som brenselceller, og for vårt valg av hydrogen vil man finne PEM-teknologien som meget attraktivt. Likevel må det nevnes at Norge som et hardtsatsende land innenfor fornybar energi, er det ikke umulig at man innen få år kan presentere enda mer effektive løsninger. Denne metodikken står for polymer-elektrolyttmembran, og som betegnelsen uttrykker vil man ha en elektrolyttmembran bestående av polymerer. Videre kjennetegnes prosessen med at den bruker hydrogen med en temperatur under 100°C.



Figur 7.1: Grovt illustrert prinsippet for en hydrogencelle som energilager, en kjemisk reaksjon med hydrogen og oksygen som drivstoff og energi som produkt [115].

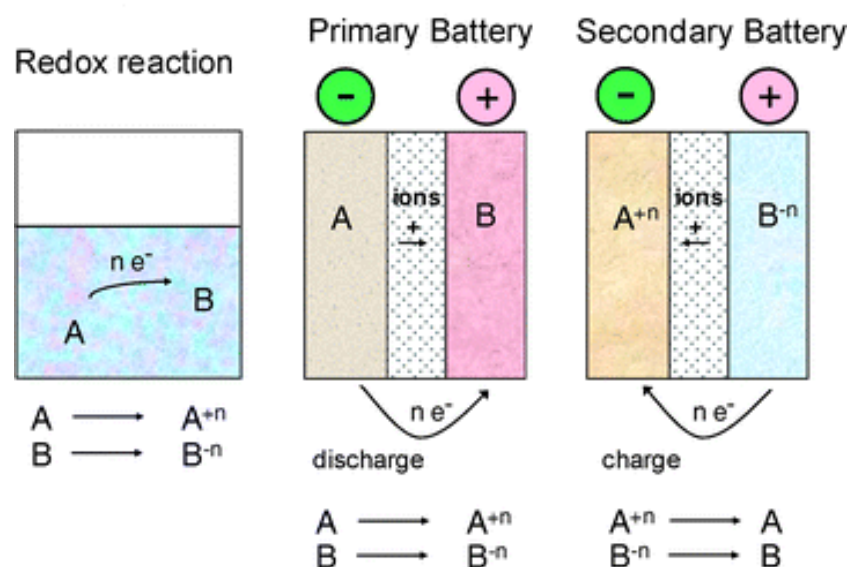
Med tanke på diskusjonen i kap 7.3.8 er effektivitet en av de viktigste holdepunktene for valg av motor. Med hydrogencelle som drivstoff kan man oppnå en effektivitet på rundt 60 % i praktiske installasjoner som en scooter kan benytte seg av. Hvis man sammenligner dette med en bensin eller dieseldreven motor ville man kunne oppnå en energiutnyttelse på opp mot 30 %. Effektiviteten er også ganske høy hvis man ser i forhold til hvor mye energi man får i forhold til vekten prosessen benytter seg av. Det som også er viktig å presisere er at klimautslippene fra en hydrogencelle kan betegnes som ingen, ettersom en hydrogencelle vil gi vann som utslipp.

På den andre siden har man en stor forandring for å kunne utføre prosessen med lavest mulig forbruk av strøm, hvis man ser på hele energikjeden. Det kreves en stor del energi for å klargjøre ren hydrogen, før man kan bruke den som drivstoff for produksjon av strøm. Med denne klargjøringsprosessen får man en effektivitetsrate på rundt 25-30 % med den teknologien som er tilgjengelig for rimelig strømproduksjon idag. Videre må det også investeres i oppbevaringsholdere for rent hydrogen, som under de fleste forhold vil kunne redusere den opprinnelige effektiviteten på 60 % betraktelig. Løsningen karakteriseres ofte som en oppbevaringsholder med høy trykk, noe som er ganske upraktisk for en scooter. Kombinert med oppbevaringsproblemet vil man før utnyttelsen av hydrogencellen, som energilager for den valgte motoren, kreve at overførselen av strøm skjer gjennom en enhet som kan

lagre strøm før den reguleres til motoretterspørselen. Videre må scooterkonstruksjonen ha et avansert kjølingsystem for å kompensere for en ganske stor varmeproduksjon under selve strømgenereringen som hydrogencellen utfører [7].

b) Batteri

Med et batteri kommer vi inn på en litt annerledes form for energilagring, som gjøres i form av en kjemisk sammensetning. Denne kjemiske oppsetningen er resultat av en redoksreaksjon. Dette er en forkortelse for en reaksjon som både inneholder en reduksjon og en oksidasjon. En tommelfingerregel for batterier er at man burde velge to grunnstoff som ligger så langt fra hverandre i en oppsetning som kalles spenningsrekken. En rangering etablert for å klargjøre hvilke av de uedle metallene som har de beste egenskapene for elektronoverførsel. Gjennom en reduksjon vil stoffet motta elektroner, mens ved en oksidasjon avgir stoffet elektroner. Summen av denne redokskapabiliteten angir reaksjonparets evne til å levere best mulig spenning og strøm. Denne kjemiske sammensetningen lagres i enheten, som overfører den videre til motoren som energikilde, som i vår tilfelle vil være strøm. Energien lagres i celler, og som ofte samles opp i det som kalles batteri. Det finnes to typer celleoppsamlinger, enten primære eller sekundære. Om vi benytter oss av en primær oppsetning, vil man kunne utvikle en mer tilpasset versjon, der vi kan optimere rekkevidden for batteriet etter bruk. Primærbatterier er likevel en utdaterende energilagringalternativ. Dette fordi den ikke kan lades opp flere ganger, og på lang sikt ville ført med seg store kostnader for forbrukerne. Sekundærbatteriene er mer praktiske i bruk, og brukes allerede i de aller fleste biler som akkumulator [4,7].



Figur 7.2: Celleprinsippene i batterier er basert på redoksreaksjoner, ved avgivelse av elektroner får vi utladning og ved mottakelse får vi oppladning. [116].

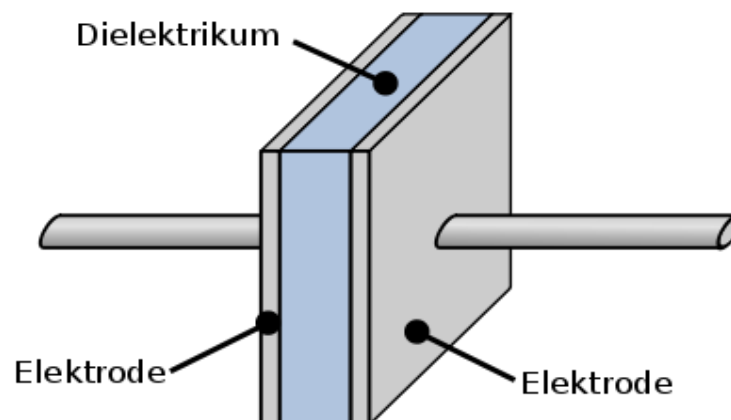
Hvis du velger å gå videre med batteri som energilagringalternativ vil det være som et batteri basert på sekundærceller. Innenfor denne kategorien finner man også en god del kategorier der man kan nevne bly og lithiumbatterier. Det gjøres store fremskritt innenfor batteriteknologi, og det har gjort man kan oppnå mye bedre kapasitet og oppladning. Dette har utvidet batteriutvalget, dette må eventuelt utredes ytterligere ved batteri som energilager.

Det som gjør batteriene ytterligere egnet som energilager er deres evne til å oppbevare strøm. Dette er blant de sikreste overføringsmekanismene, og med riktig reguleringsenhet vil spenningen kunne være stabil under hele ladningen. Når man kombinerer dette med riktig kapasitet, vil man kunne få en effektiv strømtilførsel til scooteren. Ettersom det vil genereres strøm gjennom kjemiske reaksjoner vil man heller ikke oppleve noe direkte forurensning, og virkningsgraden er ofte høyere enn andre alternativer på grunn av færre overgangseledd.

Med et samlet pakke som et batteri, gjør at vekten for alternativet er en god del høyere enn andre løsninger. Dette kan kreve noen tilpasninger ved designarbeidet. Man må også være forsiktig ved kapasitetsvalget og hvor stor spenning som den kan tåle. Dette vil være essensielle holdepunkter for oppladning, og hvor lang tid det vil ta før man har ladet opp batteriene. Hvis man ikke følger instruksjonene som følger med batteriet kan det oppstå farlige situasjoner, og man må gå til anskaffelse av en ny. Riktig vedlikehold er også vital ved for eksempel i kalde omgivelser som Norge, da det kan bli oppstartsproblemer [11].

c) Kondensator

Kondensator er betegnelse på en elektrisk komponent som leverer kapasitans. Dette er en komponent som brukes i flere elektriske installasjoner, og for sine egenskaper for energilagring brukes den også i noen tilfeller som energilager [116]. Prinsippet for en kondensator går ut på at man har to elektriske ledere, ofte elektroder som settes opp nærme hverandre. Disse elektrodene skaper et elektrisk felt mellom platene, og gjør at tiltrekningskrefter virker i tomrommet mellom platene. Den ladningsevnen som må til å skape disse tiltrekningskreftene kalles ofte kapasiteten, som oppgis i farad, F. For å opprettholde dette elektriske feltet som skaper spenningen og strømmen må avstanden mellom platene være konstant. Til dette brukes materialet som kan fungere som vakuum, og kalles dielektrikum. Hva slags dielektrikum som brukes regulerer også hva slags kvalitet kondensatoren har [117].



Figur 7.3: Oppbygningen av en kondensator, som består av to elektorder med et dielektrikum i midten [119].

Virkingen til en kondensator vil være ofte lik en batteri i praksis, og brukes ofte i mindre skala som erstatning i både biler og andre kjøretøy. Et godt illustrasjon på en komplementerende bruk av batteri og kondensator er at ofte vil det i installasjoner der batteri brukes som energilager, vil det brukes

kondensator ved utskiftning til nye batterier. På den måten taper man ikke data og annet som krever kontinuerlig strømtilførsel.

I tillegg til en komplementerende rolle har kondensatoren også ofte en evne til å være mer praktisk i bruk på grunn av dens kompakte utforming. Med lettere vekt kan den plasseres mer portabelt og gi litt større for designvalg. Når det kommer til forbruket av energi har kondensatoren en høyere leveringsrate enn for eksempel et batteri. Dette kommer godt med, spesielt tatt i betraktning hvor rask oppladningsevne en kondensator har. I forhold til batterier kan forskjellen sies å være fra timer på et batteri, til minutter når det kommer til en kondensator. På lengre sikt kan den sidestilles med vanlige bensinstasjoner i form av tidsbruk ved et stopp. Når vi er inne på sammenlikningen med et batteri, er det også en stor forskjell i utladningsevnen. Et vanlig batteri vil bli ødelagt eller bli utsatt for en stor porsjon slitasje hvis batteriet ikke lades opp før en når full utladning. En kondensator er mye mer robust og kan tåle utladninger uten å bli utsatt for unødvendig belastning.

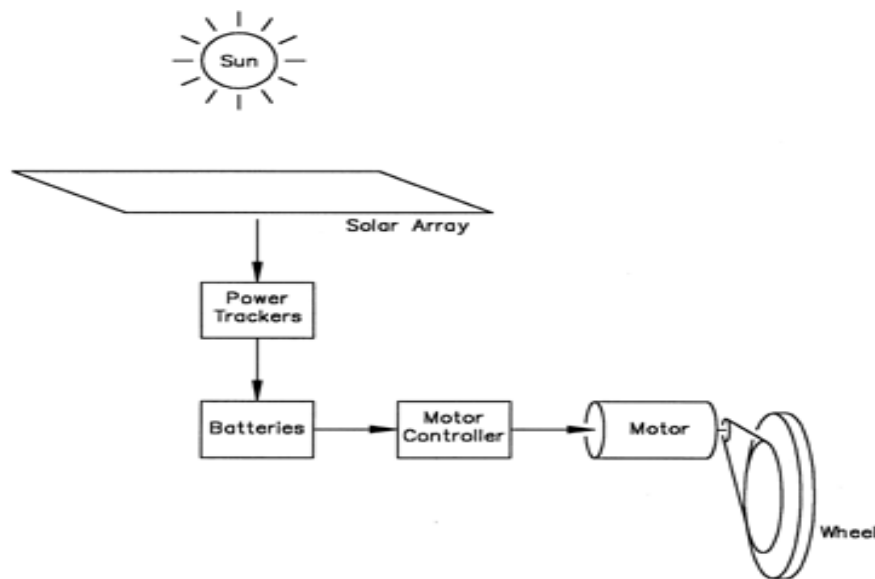
Selv om en kondensator både har kjapp oppladning og tåler full utladning er det et stort uromoment på grunn av driftstiden til et batteri. Ofte blir forbruket av energien like kjapp som oppladningen. Den kan som levere mye energi på et tidspunkt, men har ikke egenskapen for å lagre større mengder energi til forbruk i et lengre tidsperspektiv. Samtidig som driftstiden er kort, er ikke spenningen heller konstant i denne tidsperioden. Dette krever at energimottakingsenheten ikke har behov for høy spenning, men må opereres ved lave spenninger. Selv om det finnes kondensatorer som kan lever høy energitetthet i forhold til batterier, viser undersøkelser at dette kun er mulig med superkondensatorer. De fleste superkondensatorene er ikke tilgjengelig for kommersiell bruk, og gjør at vi står igjen med kondensatorer som ofte ligger under batterier ved benchmarking relatert til energitetthet.

d) Solceller

Solen er en moderne, men velutviklet kilde for å kunne produsere energi. Denne prosessen startet i stor skala allerede på 1990-tallet da man hadde flere forskningsprosjekter relatert til solfangere. Dette var en metode som tok opp stråler som solen ga fra seg og gjorde den om til strøm. Dette ga en god del utfordringer, spesielt i Norge der værforholdene varierer en god del med årstidene. Selv om effektiviteten totalt sett var grei ble ikke metoden en kommersiell suksess i Europa, mye på grunn av ustabiliteten i tilgangen på strålene.

I østlige land som India og Pakistan var solfangerne derimot mer populære og essensielle strømprodusenter helt frem til noen få år tilbake. I dagens energimarked er solceller mer utbredt. Dette er en metode som tar opp solenergi og omformer den til elektrisk energi. For å kunne ta opp solenergien på en optimal måte, slik at den er kapabel til å lage elektrisk energi må det produseres avanserte paneler. Et slik panel blir satt sammen av forskjellige typer materialer, som gjennomgår en del prosesser før de kan settes opp som mottakere av solenergi [120].

De fleste materialene som brukes er leder eller halvledere, mens andre er bygget av tynnfilm. Sammensetningen av disse materialene har fått nytt liv med introduksjonen av avansert nanoteknologi som kan tilpasse både evnen til å ta opp energi, og å omforme den. Solcellene må også koles opp mot batterier eller kondensatorer for opplagring av energi, og deretter overføres til motoren.



Figur 7.4: Virkningsmekanismen for solceller, der en et panel tar i mot sollys og omformer den til energi som lagres i batterier og senere leveres til motoren [121].

I en solcelle vil man oppleve at enkelte elektroner presses ut til høyere energitilstand, ved hjelp av frie elektroner.. Ved å dra ut den ekstra energien i de frie elektronene, kan man sende elektronene tilbake til deres opprinnelige energitilstand. For å få til et hopp til et høyere energitilstand bruker man grunnstoffer med ekstra elektroner. Disse trigger originalmaterialet til å reagere med ioneladningene, og man får galoppering i energitilstanden [122].

Fra et miljøperspektiv er dette en av de beste energilagringalternativene. Med solen som kilde vil man unngå alle utslippsfaktorer, og likevel ha en konstant tilgang på fornyelse. Dette har gjort at forskningsarbeidet med årene har økt betraktelig og det produserer mange forskjellige applikasjoner som bruker løsningen. I Norge har REC vært størst på denne type teknologi, men på grunn av sterk konkurranse måtte bedriften i fjor flytte store deler av sin virksomhet ut av landet. Mye av fokuset kommer av at de samlede utgitene for energi vil falle betraktelig om man greier å utvikle en stabil og robust løsning for utvinningen av solenergi.

Mye av dagens utfordringer for solceller går ut på at den praktiske effektiviteten ikke er god nok. Effektiviteten er lavere sammenlignet med ikke-fornybare energikildene, og basert på deres utstrakte bruk i forbrukermarkedet idag er det vanskeligere å få til en transaksjon til fornybar energi. Sammen med effektiviteten er også den praktiske delen ved bruk av solceller i en scooter ikke overbevisende. Først og fremst vil det kreve et større område dekket av solceller for å kunne i det hele tatt produsere energi nok til drift. Dette vil først og fremst gjøre designutviklingen mer kompleks. Vi må designe spesielt kapselen slik at solceller kommer mest mulig i kontakt med solenergien. Med tanke på at solcellepanelene ofte er konstruert med avansert teknologi kan feil og stor belastning føre til at man får problemer med driften. Før en kan bruke det i utstrakt bruk må det derfor gjennomføres analyser relatert til belastning og trykk og sammenhengen med driften av panelene.

e) Hybrid

I noen år har vi sett at kjøretøyprodusentene har beveget seg litt mot noe som kalles hybridløsninger. Dette er en løsningsmetode som kombinerer som oftest to av løsningsmetodene som er presentert ovenfor. Her har man mange forskjellige løsningsmetoder. For eksempel har man en kategorisering ved fullhybrider, mildhybrider og plug-in hybrider. Her defineres evnen til å kunne drives må to forskjellige energilagringemetoder. Ved en fullhybrid, kan man drive kjørtøyet på både den ene og den andre lagringemetoden. De andre alternativene går ut på at vi har en hovedlagringsalternativ, med mulighet for begrenset kjøring på det andre alternativet. Det er også viktig å nevne at selv om man kan kombinere flere lagringsalternativer, er det fortsatt ikke produsert fullverdige løsninger for å kunne kombinere andre løsninger, utenom kombinasjoner av forbrenningsmotorer og elektriske motorer [7].

Oppsetningen for en hybridløsning kan også kategoriseres, ved for eksempel parallell eller serie. Ved en parallelloppsetning kobler man både en forbrenningsmotor i parallell med en elektrisk motor. Slik kan man koble begge motorene til hovedakselen, som igjen på tur kan reguleres av føreren. Ved en seriekobling kobler man motorene i en serie av mange komponenter som generatorer og batterier. Slik utnytter man forbrenningsmotoren ved et fast turtall for å lade opp batteriet, og den elektriske motoren sørger for selve driften.

Hybridløsninger kan være optimale da de kan utnytte fordeler fra forskjellige lagringsalternativer. Spesielt med kombinasjonen av en forbrenningsmotor og elektrisk motor får man en kombinasjon som gir høy virkningsgrad, samtidig ikke har problemer på langdistanse turer. På den andre siden vil denne løsningen være veldig kompleks for et kjøretøy som scooter, og på grunn av forbrenningsmotoren miste mye av miljøfaktoren. I forhold til et ren elektrisk løsning vil man også miste effektiviteten, og øke en allerede tynget vekt.

7.1.2 Vekting av energilagringalternativer

Nedenfor er det presentert et utvelgelsesdiagram for å sette opp de forskjellige lagringsalternativene opp mot hverandre.

Tabell 7-1: Seleksjonsdiagram for energilagringalternativer.

Egenskap (Vekting 1-3)	Hydrogencelle	Batteri	Kondensator	Solcelle	Hybridløsning
Effektivitet	☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺	☺ ☺
Driftsmengde	☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺	☺	☺ ☺ ☺
Vekt	☺ ☺ ☺	☺	☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺
Støy	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺
Miljø	☺ ☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺
Plasseringsmuligheter	☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺	☺
Kostnader	☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺
Pris	☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺
Sum	16 x ☺	21 x ☺	19 x ☺	17 x ☺	12 x ☺

7.1.3 Valg av energilager

Etter å ha satt opp en utvelgelsesdiagram kan vi sette opp denne rangeringen av lagringsalternativene.

Tabell 7-2: *Rangering av energilagringalternativer.*

Energilageralternativ	Rangering
Batteri	1
Kondensator	2
Solceller	3
Hydrogenceller	4
Hybridløsning	5

Uti fra den overnevnte rangeringen kan vi se at batteriet er den mest ideelle lagringsalternativet. Den får 21 poeng av vektingens totale 24 poeng. Denne vektingen ga batteriet hele seks 3-poengere. På denne rangeringen er kondensatoren den som kommer nærmest med 19 poeng, og innehar fire 3-poengere, mens solcellene kommer på en tredjeplass med 17 poeng, og like mange 3-poengere som kondensatoren.

Vi kan se at prinsippet til både batteriet og kondensatoren bygger på det sammen, og at de i vektingen kun skilles fra hverandre med 2 poeng. Selv om kondensatoren har en del fordeler basert på rask ladning og mer kompakt design, vil den ikke være praktisk som hovedkilde for en av de kjente motorsystemene som drøftes senere. Her vil driftsmengden spille en viktig rolle, og også vanskelig å få tak i med riktig konfigurasjon. En optimal konfigurasjon vil også være en god del dyrere enn for eksempel batteriet.

Hvis man ser på løsningen for solcellene er det klart at den mangler både på effektiviteten og hvor mye utvinningen er i forhold til hvor mye som trengs. Solcelleteknologien kjennetegnes ofte som et fremtidsrettet løsning, men metoden er ikke god nok per dags dato for å kunne sees på som en fullverdig energikilde for et kjøretøy. Det har gode holdepunkter i en nullutslippsløsning som under drift ikke vil gi store kostnader. Likevel vil løsningen av en kompleks karakter, som vil kreve en god del arbeid også relatert med designarbeidet. Dette arbeidet vil måtte kombineres med avansert materialbruk som også vil gjøre den en god del dyrere enn konkurrentene, og med tanke på målgruppen vil ikke dette være optimalt.

Ette vurderingsforhold til rangeringen viser det seg at batteriet er løsningen som velges for å gå videre med. Det er begynningsgrunnlag når det kommer til for eksempel vekt. Dette er noe vi har regnet med spesielt ettersom motorkonseptet fortsatt skal drøftes, og vi var klar over at løsningene kan medføre til betraktelig vektøkning. Dette vil kreve riktig posisjonering av batteriet, og som krever en del beregningsgrunnlag med tanke på tyngdepunkts plasseringer. Videre er ikke denne løsningen den mest optimale med tanke på et totalt miljøsyklus. Selv om batteriet under drift ikke har noen store klimautslipp, ser man ofte at batteri som avfall kan være vanskelig å håndtere. Likevel er fordelene med tanke på effektivitet, driftsmengde, kostnader og pris så overlegne andre alternativer at dette vil veie tyngre i forhold til nedsidene.

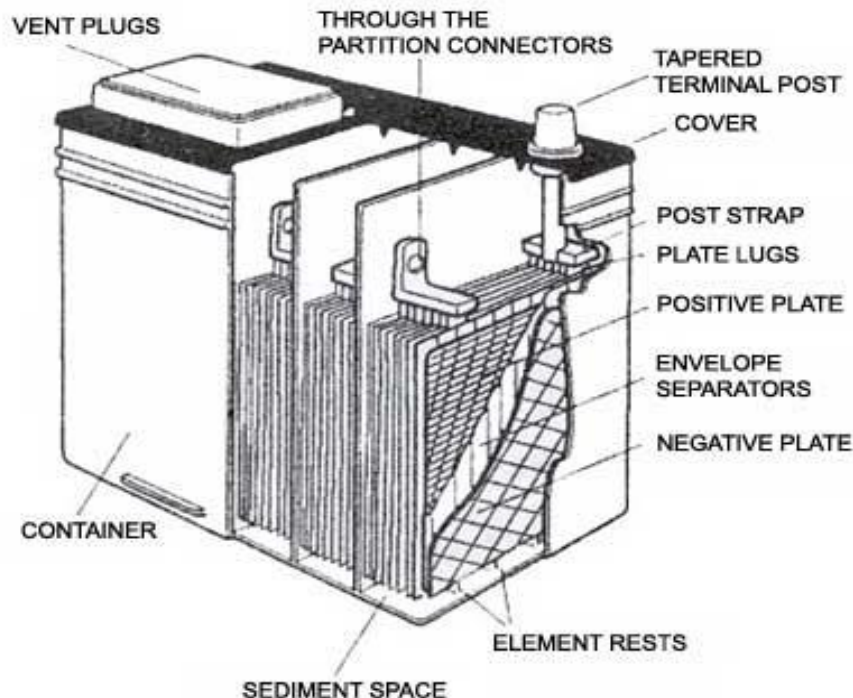
7.1.4 Batterityper

Slik vi nevnte under drøftningen av batteri som energilagringalternativ finnes det en god del batterityper. Med den raske utviklingen innenfor batteriteknologi, finner man stadig nye løsninger. Nedenfor er noen av batteritypene som er aktuelle drøftet kort [4,7,11].

a) Lukket Blysyre

Blysyrebatteriet ble introdusert i slutten 1850-tallet, og regnes som det første oppladbare batteriet. Vi kan dele disse batteriene som enkle, som brukes som starter i kjøretøy, mens andre litt mer avanserte og mer til bruk for lengre driftssykluser. Disse batteriene brukes en god del i elektriske kjøretøy, og har bortimot en markedsandel på rundt 30 %. Ved bruk av dette batteriet er det også noen utslipp som for eksempel oksygen og hydrogen, som er i en så liten grad at det ikke vies mye oppmerksomhet.

Batteriet har likevel ikke like stor energiutvinning i forhold til vekten, dette gjør at effektiviteten faller iforhold til volumet den tar opp i forhold til scooterens totale volum. Samtidig som vekten skaper ubalanse, skaper også virkningsmetoden til batteriet at levetiden blir kort, noe som over lengre tid kan være kostbart. Batteritypens tiltrekningspunkter er likevel den høye strømforsyningsevnen, som er vital for mange elektriske komponenter i et kjøretøy. Videre er også den en god del dyktig på pris, og kan sies og være blant de billigste på markedet. Likevel vil den lukkede blysyrebatteriet koste mer siden den er satt opp på en mer sikker metode, som gjør at syresammensetningen inne i batteriet ikke lekkes. Dette gjør den derimot mer egnet for bruk i portable situasjoner.

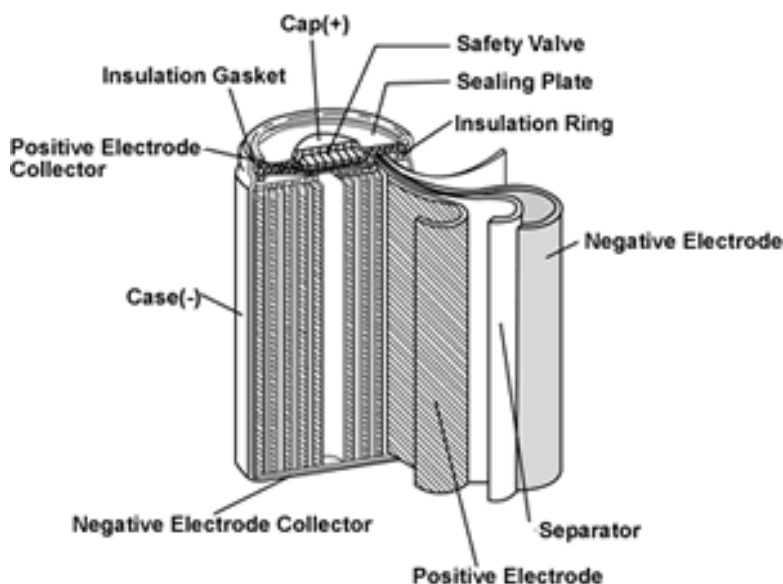


Figur 7.5: Illustrasjon av en blysyrebatteri som består av mange ulike elementer samlet i en beholder og to terminaler [123].

b) Nikkelmetall-Hydrid

Nikkelmetall-hydrid er en batteri type som ble introdusert på starten av 1990-tallet, og er en videreføring av nikkelkadimum-batteri. Den kjemiske sammensetningen er satt sammen av nikkelmetallsammensetningen som i den forrige versjonen, men kadimumdelen er byttet mot et mer hydrogenvennlig del. Ved hjelp av denne korrigeringen oppnår man et mye større kapasitetsnivå enn det som mulig før. Denne nye sammensetningen er også bra for miljøet, og mer beskyttet mot utslipp som kan været farlige for samfunnet.

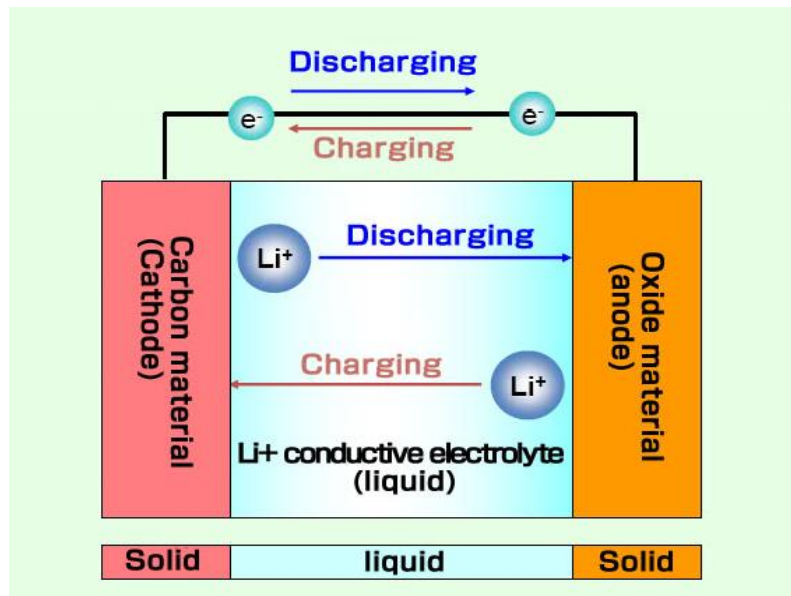
Hvis vi sammenligner dette batteriet ser vi at den nye versjonen også har en god kapasitetsutnyttelse i forhold til konkurrentene. Dette kombineres med en høy starteffekt, noe som gjør at starten går en god del jevnere og motoren kan nærme seg mer normal turtall. Batterier sliter også mye med utslipp som kan være sjenerende under kjøringen, og den nye sammensetningen er også miljøvennlig og kompensere litt for den dyre prisen man må betale for batteriet. Likevel vil den hurtige utladningen skape praktiske problemer, og krever sikkerhetssystem som kan varsle føreren når dette skjer.



Figur 7.6: Oppsetningen for et Nikkel-metall hydrid-batteri som er bygget rundt den positive og negative elektroden [124].

c) Lithium-Ion

Litium-Ion batteriet er det første av de tre aktuelle typene som vurderes for vår scooter. Dette batteriet ble først satt i bruk av Sony i 1991, og etterhvert har bruksområdene økt. Batteriet er bygd opp på mange forskjellige måter, og brukes idag i blant annet kompakte applikasjoner som mobiltelefon, mp3-spillere og andre tekniske enheter. På den andre siden finnes det også design på batteriet til større installasjoner som kjøretøy og industrielle enheter. Virkemåten går ut på at det overføres ioner fra den negative elektroden til den positive ved bruk, og fra den positive elektroden til den negative ved oppladning.



Figur 7.7: Virkemåten for et lithium-ion batteri og elektronretningen mellom anoden og katoden som bestemmer oppladning og utladning [125].

Hvis man ser på den utstrakte bruken av dette batteriet, er det klart at denne vil kunne skaffes i et mer optimal og tilpasset versjon. Dette åpner for mer designtilpasning, og ved at den utgjør det letteste batteriet blant de aktuelle gjør at den også er praktisk plasseringsmessig. Dette spiller en viktig rolle ved tyngdepunktsberegninger. Den tekniske komposisjonen gjør at den kan tåle større spenning, som igjen vil gjøre at vi kan overføre stor effekt. Ofte skjer denne effektøveføringen på grunn av lav strømforsyning. Videre er den også mye bedre i forhold til utladningen som skjer når en ikke bruker batteriet. Den har kun en tredjedels selvutladning i forhold til de tidligere presenterte batteritypene. Batteriet er også ganske miljøvennlig da det ikke slippes ut noen form for litium fra batteriet, og dermed har vi null utslipp.

Det som derimot gjør batteriet til et vanskeligere valg er sikkerhetsaspektet. Siden det kan oppstå uregelmessigheter ved full utladning, kan det ofte være fare for påtenning og i verste fall eksplosjon. Denne situasjonen oppstår ofte ved sterk varmeutvikling inne i batteriet, som ofte leder frem til at batteriet blir utsatt for sterk elektrisk belastning. I moderne batterier settes det opp sikkerhetsnett som gjør at batteriet kortslutter før det oppstår noe alvorlig. Likevel vil denne type batteri bli fort ødelagt, og dermed ha ganske variert levetid avhengig av bruken og utladningsbelastningen.

d) Lithium-polymer

Lithium-polymer er en type batteri som stammer fra lithium-ion. Det som skiller denne ut er at denne har en slags prosessoppbygning for virkemåten. I stedet for at elektrolytten holdes i en organisk løsning, velges et komposittmaterialet bestående av polymerer. Denne brukes i utstrakt grad i mer avanserte, men kompakte tekniske enheter. Her kan vi nevne moderne håndholdte videospill, radiosendere og også i elektriske kjøretøy.

En viktig fordel med lithium-polymer batterier er de er ganske plasseringsvennlige, i tillegg til dette er også formen på batteripakken mer åpen for ønsket utforming. I motsetning til blysyren har den ganske

ELEKTRISK SCOOTER

lang levetid, noe som fører til at driftskostnadene faller. Videre vil den også ha høy kapasitet, som også kan gjøre den praktisk på lengre distanser.

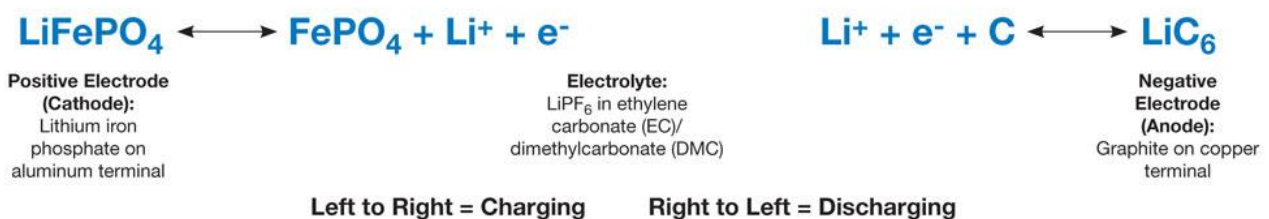
På den andre siden vil lithium-polymer batteriene være like utsatt for sikkerhetsproblemene som lithium-ion batterier. Dette kan gjøre det vanskelig å bruke den som energilagring for en scooter. Videre vil man også å ikke utlade batteriet ved lave spenninger da dette kan forårsake ødelagt batteri. En slik batteri krever også en spesiallaget lader, eller installering av et BMS-system som kan regulere ladningen slik at alle cellene i batteriet lades jevnt. Ujevn ladning kan skade batteriet, og føre til at den dør ut raskere enn vanlig. Når det kommer til prisen vil den være en del dyrere enn andre løsninger, slik andre lithium-batterier på grunn av bedre kapasitet og plasseringsmulighetene den gir.



Figur 7.8: En enkel lithium-polymer batteri [126].

e) Lithium-Jernfosfat (LiFePO₄)

Dette er en Lithium-Ion batteri av prinsipp, og skiller seg ut ved å ha en katode som består av det kjemiske sammensetningen kjent som LiFePO₄. Denne batterimetoden ble presentert så sent som i 1996, og spesielt i USA sees denne batterimetoden som en fremtidsrettet løsning. I den forbindelse er det investert store summer i forskningsprosjekter relatert til videreutvikling og forbedringer av teknologien. Denne teknologien brukes i stor grad i forskningsprosjekter blant annet relatert til oppbevaring av solenergi og solceller. Videre er denne teknologien også prøvd i bærbare pcer andre tekniske enheter. I flere kjøretøy er også denne teknologien brukt, der flere amerikanske produsenter av elektriske motorsykler kan nevnes.



Figur 7.9: Den kjemiske reaksjonen ved bruk og ladning av en LiFePO₄, og reaksjonene ved de ulike elektrodene [127].

ELEKTRISK SCOOTER

Den største fordelen med denne type lithium-batteri er at den har en mye lengre levetid enn de andre alternativene, dette gjør at man på lang sikt kan redusere kostnader relatert til batteriene. Dette er vanligvis en kostnad som ofte medfører store økonomiske tap for forbrukerne. Videre må det sies at den kjemiske sammensetningen av denne type batteri også gir veldig få miljøvennlige konsekvenser, og med fokus på dette perspektivet ofte anbefales. Det som på andre siden ofte kan trekke ned for valget er at den har en lavere energitetthet, det vil si energilagring i forhold til volumet. Videre er det også viktig å nevne at batteriet ofte kan være sensitiv til temperatur, og spesielt kan den være sensitiv for energilagring ved høy temperatur.

7.1.5 Oversikt over de ulike batteritypene

Ettersom vi nå har gått gjennom en del batterityper, som på enkelte områder kan overlape hverandre er det laget en tabell under som fremhever de enkelte batterienes fordeler og ulemper.

Tabell 7-3: Oversikt over de forskjellige batteritypene.

Type	Fordeler	Ulemper
Sealed Lead Acid (Lukket blysyre)	Mindre vedlikehold Mindre støy	Kort levetid
Nickel-metal hydride (NiMH)	Høy kapasitet Miljøvennlig Høy start effekt	Kostbar Hurtig selv utladning
Lithium-Ion (Li-Ion)	Lav vekt Lav selv utladning	Kostbar Farlig
Lithium polymer (LiPo)	Lav vekt Lang levetid Høy kapasitet	Farlig – kan eksplodere Behov for spesial lader Kostbar
Lithium-iron-phosphate (LiFePO ₄)	Rask opplading Lav kostnader for råmaterialer Lang levetid	Lav ytelse ved lav temperatur Mer sensitiv ved lagring av strøm ved høy temperatur Mindre energi for et gitt volum

7.1.6 Vekting av batterityper

Nedenfor er det presentert et utvelgelsesdiagram for å sette opp de forskjellige batteritypene opp mot hverandre.

Tabell 7-4: Seleksjonsdiagram for aktuelle batterityper.

Egenskap (Vekting 1-3)	Lukket Blysyre	NiMH	Li-Ion	LiPo	LiFePO ₄
Vedlikehold	☺ ☺ ☺	☺ ☺	☺	☺ ☺	☺ ☺ ☺
Kapasitet	☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺
Vekt	☺ ☺	☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺
Støy	☺ ☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺
Miljø	☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺

ELEKTRISK SCOOTER

Tabell 7-4: Forts.

Egenskap (Vekting 1-3)	Lukket Blysyre	NiMH	Li-Ion	LiPo	LiFePO ₄
Ytelse	☺☺	☺☺	☺☺☺	☺	☺☺☺
Levetid	☺	☺☺☺	☺☺	☺☺☺	☺☺
Pris	☺☺	☺	☺	☺	☺☺
Sum	17 x ☺	17 x ☺	16 x ☺	17 x ☺	22 x ☺

7.1.7 Valg av batteritype

Etter å ha satt opp en utvelgelsesdiagram kan vi sette opp denne rangeringen av batteritypene.

Tabell 7-5: Rangering av batteritypene.

Drivlinjealternativ	Rangering
LiFePO ₄	1
NiMH	2
LiPo	3
Lukket Blysyre	4
Li-Ion	5

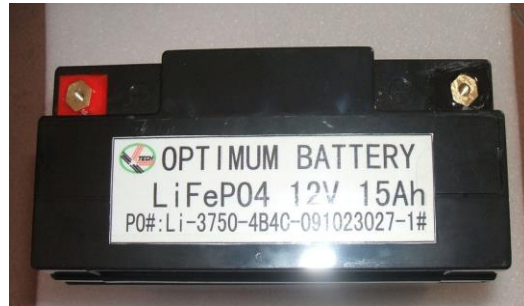
Etter å ha sett på rangeringen kan vi se at LiFePO₄ er den mest foretrukne batteritypen man kan velge. Ved å se på poengene viser det seg at det ikke har vært mye å skille mellom typene, der første og siste plassen skilles med kun 3 poeng. LiFePO₄ fikk tre 3-poengere, og det var den ikke alene om. Utvelgelsesdiagrammet viser at batteriene ofte gir oss mer tilpassede alternativer, og at det ikke er en batteritype som scorer høyt på de fleste områder. I en slik situasjon må det veies opp for hva slags kriterier vi ønsker å prioritere.

Vi ser at både NiMH-batteriet og LiPo-batteriet er det som rangeres blant topp 3 beste alternativer, selv om de havner på samme poengsum lukket blysyre. Mye av grunnen til det er at blysyren er en utdaterende batteritype, som ofte er best egnet som energilager for starteren i kjøretøy. Den scorer jevnt middels på de fleste kriteriene, men det finnes andre batteriert som scorer høyere på mer relevante kriterier som ytelse, pris og kapasitet. Vi ønsker derfor å fokusere på batterityper som er fremtidsrettet og som sees på som batterier som kan fungere sammen med elektriske kjøretøy på litt lengre sikt også.

Når man ser på NiMH-batteriet har den bra med kapasitet, og er god miljømessig og har lang levetid. Likevel skiller den seg som blant de tyngste batteriene, og har en middels ytelse. Det kan slå ut på den totale vekten uten å skille seg uten når det kommer til å gi forbrukerne en ekstra ytelsesfaktor. Når det kommer til LiPo-batteriet leverer den bedre på vekten, og har god kapasitet og levetid. Det som gjør den til et usikkert valg er risikoen for at batteriet kan skape farlige situasjoner. Dette går utover ytelsesfaktoren som skaper ubehag, og som kan gjøre forbrukeren bekymret.

I LiFePO₄-batteriet finner man at både kapasiteten og ytelsen får full pott. Selv om energitettheten er lavere enn konkurrentene dras helhetsinntrykket opp fordi den greier å ha en jevn god prestasjon på

kriteriene. Det er forbedringspotensialet på både vekt og pris, men er heller ikke blant de dårligste blant alternativene.



Figur 7.10: En LiFePO₄-batteri som brukes i en caddybil viser kompaktheten til en slik batteritype [128].

7.1.8 Valg av batteri

Etter overnevnte argumentasjon har vi valgt gå videre med LiFePO₄-batteri. Før vi ser nærmere på leverandører må vi se på hva slags batterisystem vi ønsker å ta for oss. Det er økonomisk å kjøpe enkelte celler som settes manuelt sammen for å lage en batteri, i tillegg til et mer tilpasset kapasitetsnivå. Likevel er det ikke et prinsipp vi ønsker å gå videre med. For å få satt opp dette vil de samlede kostnadene bli større med tanke på ekstern kompetanse for å kunne fremstille et slikt batteisystem og vedlikeholdsarbeidet. Vi vil derfor benytte en mye enklere og mer utbredt metode, altså kjøpe en ferdig montert batteripakke. Siden batteriet er en viktig komponent og den som oppnår mest slitasje, velger vi også å ha et integrert BMS-komponent. Denne komponenten står for «Battery Management System», og skal regulere at alle cellene i batteriet blir ladet jevnt og sørger for lengre levetid for cellene.

a) Leverandør

Valg av leverandør har kort blitt drøftet tidligere. Slik det ble nevnt ovenfor er batteri et komponent som utsettes for enorm slitasje, og også den komponenten som skiftes ut mest i batteridrevne kjøretøy. Ved valg av leverandør må vi derfor være mer oppmerksom på både kvalitetsikringen både for produktet, men også for leverandøren.

I den forbindelse har vi valgt en asiatiske leverandør, ved navn Headway Group. Dette er en leverandør av batterier som fokuserer på å levere energilagring for elektriske kjøretøy. De spesialisere seg innenfor ny teknologi og innovasjon. Mestparten av deres produksjon foregår ved deres anlegg i Kina. Leverandøren leverer tilpassede løsninger, og en stor variasjon av batteripakker med forskjellige ytelser. Ettersom de benytter en portabel metode ved oppbygning av cellene, er også størrelsen på batteriet åpen for designtilpasning.

b) Modell

Etter anbefalinger velger vi en 60 V batteri, med 40 Ah. Typen går under modellnummeret 38120S, og reguleres med en integrert BMS. Den valgte modellen er basert på anslag etter samtaler med

Senioringeniør Tom Ringstad og representanter fra leverandøren. Mer bestemte beregninger utføres senere i oppgaven.



Figur 7.11: Et eksempelfoto produsert av leverandør, Headway, på hvordan ønsket batteripakke vil se ut.

Kombinert med den valgte batteripakken vil vi ta i bruk en lader fra EV Assemble. Dette er en leverandør som tilpasser løsninger når det kommer til ulike elektriske komponenter. Etter nøye vurdering og samtaler med batterileverandøren velger vi en modellen KP-E(600W).



Figur 7.12: Lader KP-E(600W) av produsenten EV Assemble [172].

Denne laderen følger med følgende spesifikasjoner.

Tabell 7-6: Laderpesifikasjoner for modell KP-E(600W) [172].

Egenskaper	Verdi
Effekt	600 W
Ladespenning	73 V
Ladestrøm	8 A
Vekt	2.5 kg

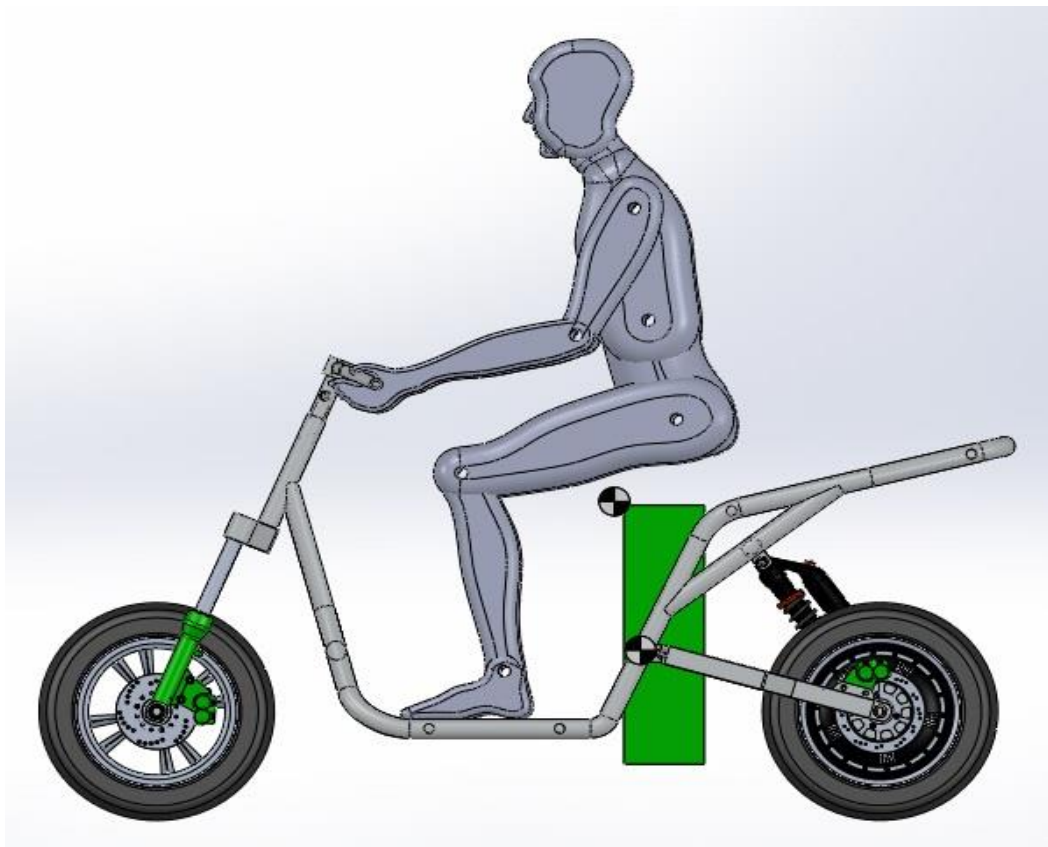
7.1.9 Batteri-plasseringsalternativer

Ettersom batteriet er en særledes tung og essensiell komponent i en scooter, vil plasseringen til denne komponenten spille en viktig rolle. Her må flere faktorer betraktes, der både tyngdepunktsberegningene spiller en viktig rolle sammen med tilgang til komponenten og det praktiske aspektet ved plasseringen. Under drøftes tre aktuelle løsningsalternativer.

a) Stående

Ved å plassere batteriet stående velger man den mest vanligste plasseringen. Med denne plasseringen får man enkel tilgang til batteriet, om man skulle ta den ut. Dette er et gunstig valg, ettersom man ofte trenger å komme til batteriet for ladning eller utskiftning. Når det kommer til det tekniske vil man med dette alternativet få et tyngdepunkt som heller så vidt mot den bakre delen, og dette er logisk med tanke på plasseringen av motor. Dette gjør det enklere med kobling, ettersom komponentene ligger tett sammen.

Med et slikt valg vil man få bedre benplass til sjåføren, og gi oss et mer kompakt design, ettersom den bruker plass i høyden som utnytter tomrommet opp til seteplassen.

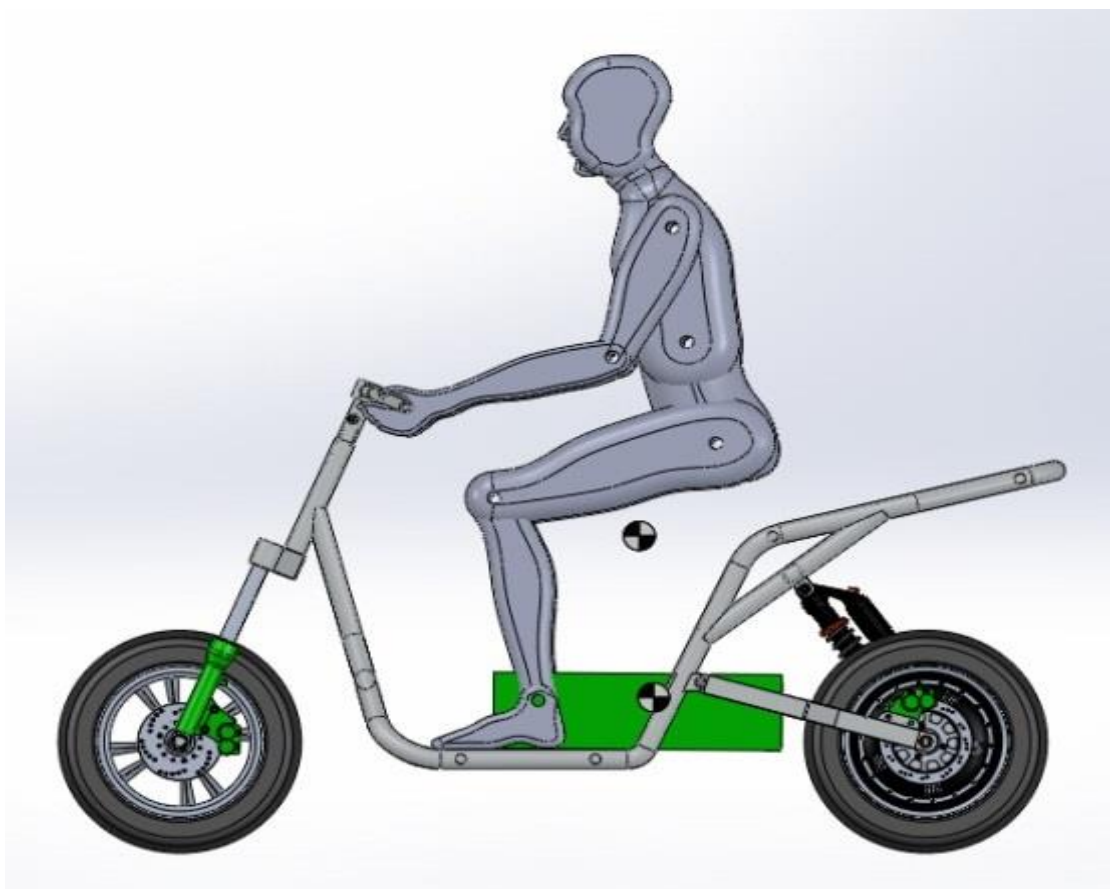


Figur 7.13: Illustrasjon av stående batteriplassering. Tyngdepunktet er vist med en delvis skravert sirkel, øvre sirkel med sjåfør.

b) Liggende

Med en liggende stilling for batteripakken får vi et lavere tyngdepunkt. Dette gir scooteren mer ideelle kjøreegenskaper. Plasseringen er enkel, og det vil gjøre at vekten blir distribuert litt lenger frem på scooteren. Koblingsarbeidet blir litt mer avansert i og med at man må koble utenpå rammen, og dermed krever mer kabling.

Med denne konstruksjonsoppsetningen kan batteriet ta lettere skade, da den ligger rett under benplassen på scooteren. Ikke bare blir benplassen mer ukomfortabelt, men man vil også slite mer på batteripakken. Sikkerhetsmessig vil det derfor ikke være et godt valg. Når det kommer til utskiftning av batteriet vil det være vanskeligere, og man må designe kapselen i forhold til skiftmekanismen. Dette vil være mer komplisert enn for et stående batteri, som kunne plasseres under setet og dras ut ved for eksempel å løfte setelokket.



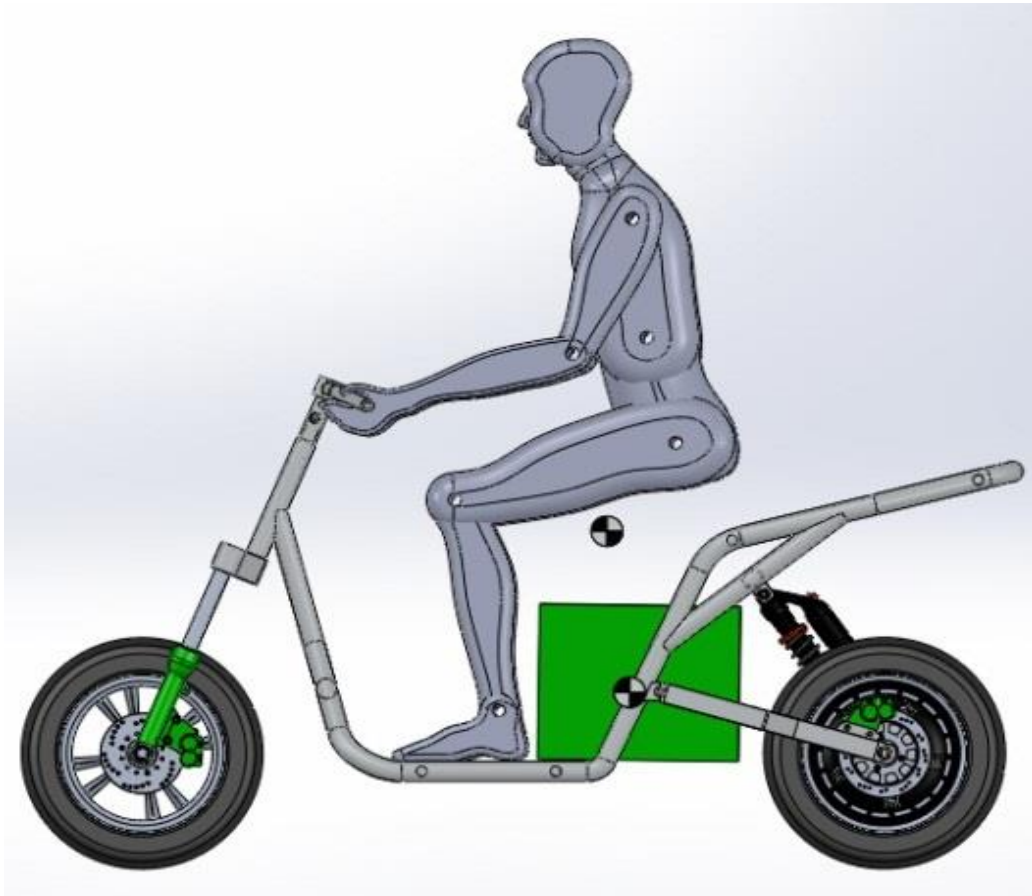
Figur 7.14: Illustrasjon av liggende batteriplassering. Tyngdepunktet er vist med en delvis skravert sirkel, øvre sirkel med sjåfør.

c) Kombiløsning

Til sist har vi en kombinert løsning, som har en utforming både i lengden og høyden. Med en slik løsning vil man ha enkel tilgang for ladning, og utskiftningen virker mer praktisk med tanke på et utradisjonell design på batteripakken. En slik løsning vil være bedre enn det liggende alternative når det gjelder koblingsmulighetene, og gir en tyngdepunktplassering som kan gjøre konstruksjonen litt mer

ELEKTRISK SCOOTER

stabil. Selv om tyngdepunktplasseringen er mer distribuert enn det stående alternativet, vil plasseringen med sjåfør ligge fortsatt på et punkt der den ikke er midt på scooteren. Benplassen er derimot bedre enn den liggende varianten.



Figur 7.15: Illustrasjon av en kombinert batteriplassering. Tyngdepunktet er vist med en delvis skravert sirkel, øvre sirkel med sjåfør

7.1.10 Vekting av batteriplasseringsalternativer

Med bakgrunn den overnevnte drøftningen lager vi følgende utvelgelsesdiagram.

Tabell 7-7: Utvelgelsesmatrise for batteriplasseringsalternativer.

Egenskap (Vekting 1-3)	Stående	Liggende	Kombinasjonsløsning
Brukervennlighet	☺ ☺ ☺	☺	☺ ☺
Vektdistribusjon	☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺
Teknisk aspekt	☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺ ☺
Sum	6 x ☺	6 x ☺	8 x ☺

7.1.11 Valg av batteriplassering

Basert på utvelgelsesmatrisen ovenfor kan alternativene rangeres slik.

Tabell 7-8: Rangering av batteriplasseringsalternativer.

Plasseringsalternativ	Rangering
Kombinasjonsløsning	1
Stående	2
Liggende	3

Ut ifra overnevnte rangering kan vi se at kombinasjonsløsningen får størst score. Den får tett følge av den liggende og stående løsningen. Kombinasjonsløsningen får best score på brukervennligheten og vektfordelingen. For den stående løsningen får vi god brukervennlighet, mens den kommer dårligst ut når det kommer til den praktiske delen med vektfordelingen. Den liggende plasseringen kommer på siste plass, både fordi den ikke scorer godt nok på verken brukervennligheten eller det tekniske relatert til plasseringen.

Valget faller dermed på kombinasjonsløsningen, fordi brukervennligheten er det som har størst betydning for forbrukerne. Enkel tilgang både ved utskiftning og ladning vil veie tyngst. Både vektfordelingene og det tekniske aspektet er optimalt, og basert på illustrasjoner simulert ved hjelp av SolidWorks, har man brukbare og kontrollerte forhold. Med dette menes at vi kontrollerer konstruksjonen for å ikke ha overbelastning mot bakkdelen av scooteren. Nærmere presisering kan gjøres ved å beregne tyngdepunktplasseringen eksakt for den valgte løsningen, noe som vil bli presentert under kalkulasjonsdelen senere.

7.2 Drivlinje

Drivlinjen i et kjøretøy er en vital komponent. Denne skal sørge for at energioverføringen blir mest mulig effektiv, og spesielt for en effektiv scooter vil det være viktig å ha en forbruksgjerrig drivlinje. På generelt grunnlag kan man si at drivlinjen til en scooter eller moped er uavhengig av giring og dette reguleres ofte automatisk, på grunnlag av drivlinjens konstruksjon. Dette gjør også integrasjonen av clutch enklere, da den kan kobles direkte til drivlinjen uavhengig av girkasse-oppheng.

7.2.1 Alternativer for drivlinje

Ved å fokusere på de alternativene som kan være aktuelle for utviklingen av vår moped er disse alternativene aktuelle til bruk som drivlinje.

a) Kjededrift

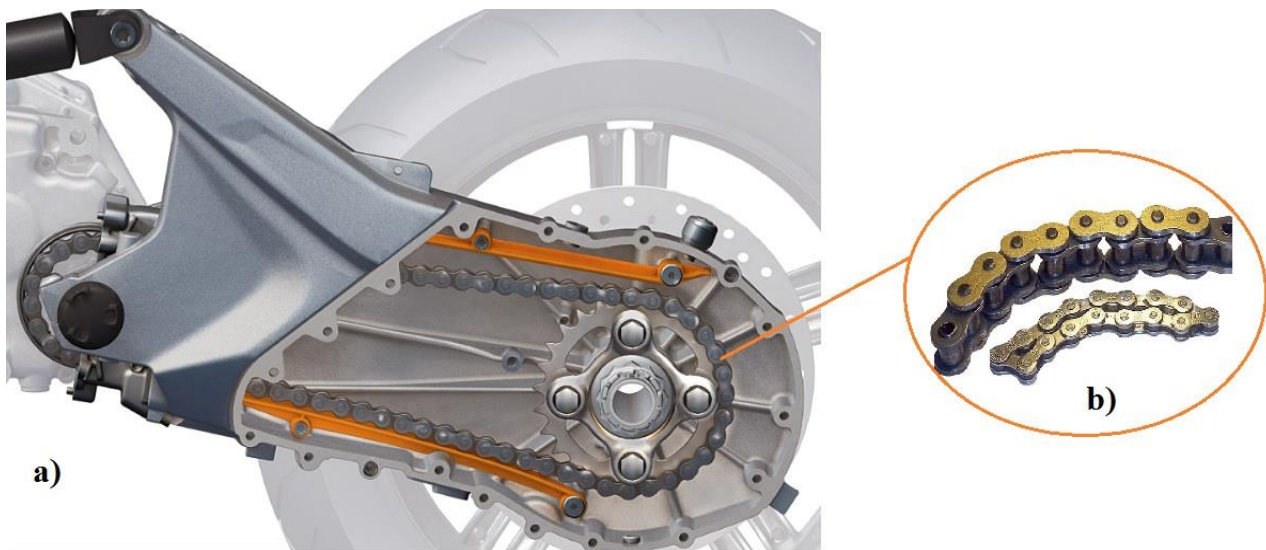
Kjededrift er blant de mest vanligste drivlinjene som brukes i kjøretøy. Dette er en effektiv måte å overføre mekaniske krefter mellom to ledd i konstruksjonen. Det finnes mange kombinasjoner av hvordan kjededrift kan være bygget opp, men mye av forskningen viser oss at den mest ideelle løsningen er rullekjede. Det utbredte forskningsmateriale kommer av at denne type driftssystem brukes i langt flere industrier enn bare kjøretøybransjen. Blant annet brukes denne type drift i alt fra tung maskineri i fabrikker til trykkerier og landbruksindustrien [68,69].

ELEKTRISK SCOOTER

Selve rullekjedemetodikken ble utviklet i 1880, basert på ideer helt tilbake til Leonardo da Vinci. Selve oppbygningen skilles i to type komponenter som settes sammen i en vekselvis rekkefølge. Disse settes deretter sammen mellom to metallplater. Selv om det finnes enklere konstruksjoner av kjededrift vil denne typen kjededrift gi mindre friksjon, som igjen gir høyere effektivitet. Med et tap på under 5 % er den blant de mer effektive løsningene. Videre gir den mer tilbøyelige konstruksjonen større valgfrihet når det kommer til plassering og anvendelighet. Videre kan flere rullekjeder kombineres som gjør det enklere å operere med flere gir. Dette gjøres når rullekjedene plasseres på hvert sitt tannhjul, variasjonen i hjuldiameteren gir oss muligheten til å styre utvekslingsforholdet.

Hvis vi ser på kreftene på de maskinelementene som er involvert, vil det ikke oppstå kraftbelastninger på lagrene, spesielt fra kantene. Dette skyldes at det ikke vil være noen form for forspenning involvert, slik det ville ha vært ved bruk av for eksempel reimdrift. Med mindre kraftbelastning vil man tjene på løsningen på grunn av lengre levetid på komponentene i kjeden.

Selv med økt levetid, vil en kjededrift være avhengig av regelmessig smøring for å oppnå en jevn og god driv. Spesielt i bruk som kjøretøy, der støv og andre forurensende partikler er uunngåelige, vil det kreve jevnlig vedlikehold. Ved dårlig vedlikehold kan levetiden minke drastisk. For å beskytte smøringen, og resten av konstruksjonen mot oljesøl, er kapselbruk utbredt. Dette kan derimot vise seg å være vanskelig for kjøretøy som scooter. Selv om oppbygningen til en kjededrift er robust vil en kraftig kjedekonstruksjon føre til at drivlinjen får en stor massetregghetsmoment. Dette vil gjøre at man blir nødt til å få større krefter i sving for å drive komponenten.



Figur 7.16: a) Visualisering av kjededrift i en scooter som knyttes rundt hjulet og drivsystemet
b) Ulike rullekjedealternativer finnes som kan klassifiseres mellom simplex og duplex, etter hvor mange kjedekoblinger man har [70,71].

b) Drivaksel

Drivakselen er den andre av de tre mest populære drivlinjene innenfor tohjulede kjøretøy. Konstruksjonen av en drivaksel går ut på at hulede aksler har endeåpninger som kan kobles med andre skaler eller andre enheter som kan overføre mekaniske krefter. Selve utviklingen av dette drivsystemet

ELEKTRISK SCOOTER

startet allerede sent på 1800-tallet, og har vært brukt i de fleste motorsykkelgenerasjonene. Drivakselen betraktes ofte som den beste løsningen på grunn av sitt moderate forhold til vedlikehold, og som dermed gir produsentene større valgfrihet [72].

Sammen med lite vedlikehold, er det viktig at den riktige sammenføyningen på overgangene mellom akselen finner sted. Dette gir en mer jevn transmisjon, og gode driftsforhold. Hvis vi ser på den i forhold til kjedereimen vil den kunne opereres nesten fri for oljesøl, da den kun trenger smøring en gang i blant. Videre vil den kunne pakkes inn slik at den er beskyttet for støv, og dermed mer praktisk. De fleste produsenter av scootere bruker denne løsningen idag, der blant annet Vespa og BMW kan nevnes. Dette gjør at det idag finnes mange modifiserte versjoner på markedet og man har erfaringer man kan ta nytte av.



Figur 7.17: En tradisjonell løsning for drivaksel for scootere, der tannhjulet er driveren og akselen plasseres i hjulet [73].

Det som derimot kan virke tyngende for vårt valg er at effektiviteten er lavere i forhold til de andre løsningene. Først og fremst vil man oppleve at det vil kreve tid og ressurser for å kunne konstruere en optimal løsning, både iforhold til tyngden og kompleksiteten. Mye av tapene i effektiviteten kommer av at overføringen av de mekaniske kreftene må ofte skifte retning i minst 90 grader for få koblet akselen til selve motoren. Denne oppbygningen gjør ofte at man kan få kraftige vibrasjoner på både scooter og fører ved akselerasjon. Dette skyldes en rekativ kraft som føres på drivakselen som følge av Newtons tredje lov.

c) Reimdrift

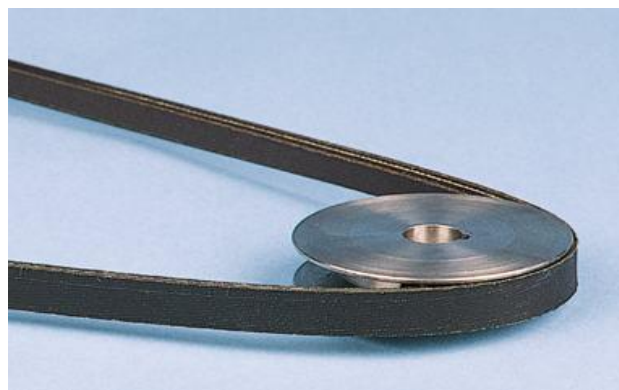
Reimdrift er en videreutviklet versjon av kjededriften som har blitt presentert ovenfor. Ved reimdrift fokuseres det på å overføre kreften mellom to holdpunkter ved hjelp av reim. Disse to holdpunktene blir koblet opp mot to hjul, som også regulerer oversetningsforholdet. I tillegg til utbredt bruk i kjøretøyindustrien er dette også en ganske godt brukt i andre mekaniske industrier [74].

Det finnes en god del typer reimdrift, men de mest populære reimdriftene er tannreim og kilereim. Mange faktorer spiller inn ved utvelgelse av riktig reimoppsett. Blant annet fokuseres det på friksjon, spenning og muligheten for innkapsling. Det viktigste er å fokusere på hvor stor friksjonsnivået er i reimen. Stor friksjons gir ofte en stabil og jevn drift, men det skaper også store energitap som igjen vil gi lav effektivitet. Blant de faktorene som man må vurdere i denne sammenhengen er kontaktvinkelen og materialbruken. I sammenheng med denne kommer også beltespenningen som avgjør hvor store

ELEKTRISK SCOOTER

krefter som kan overføres i beltet. For å få overført mest mulig krefter er det best med lave verdier av spenningen i beltet. Dette er et resultat av at høy spenning gjør at det virker større krefter på hjul og annet oppheng rundt beltet. For å oppnå best mulig reimspenning må også reimhastighet, hjuldiameter og beltestørrelse vurderes. Når det kommer til innkapsling avhenger dette av hva slags vibrasjoner og ytre belastninger som påvirker konstruksjonen.

Kilereim er en type reim som er basert på en kileform. Dette er en form som ble introdusert i bilindustrien tidlig på 1900-tallet, og ble patentert hos amerikanske myndigheter allerede i 1926. Denne ble sett på som en optimal løsning, fordi den kompenserte for glideproblemene og kontaktflaten enklere kunne tilpasses. Selv om den kunne tilpasses enklere er ikke effektiviteten like høy, og skaper ofte slurelyder ved høy belastning eller friksjon. Selv om dette kan sees på som en hindring, opplever mange det som en sikkerhetsfunksjon som kan varsle hvis uforutsette ting oppstår.



Figur 7.18: Oppheng for kilereim, trinsen brukes som overføringsmekanisme [75].

Tannreim på den andre siden er mer like kjededriften. Her erstattes den flerleddede kjeden med reim. Her kan man stille oversetningsforholdet ved å relatere tanhjulenes diameter til ønsket resultat. Det som derimot er viktig er å kunne sette opp riktig hastighet og materialet på reimen da den avgjørende for effektiviteten. Samtidig kan tannreimens kompliserte oppbygning kreve stor plass, og dermed lite anvendelighet for scootere som trenger en kompakt løsning.



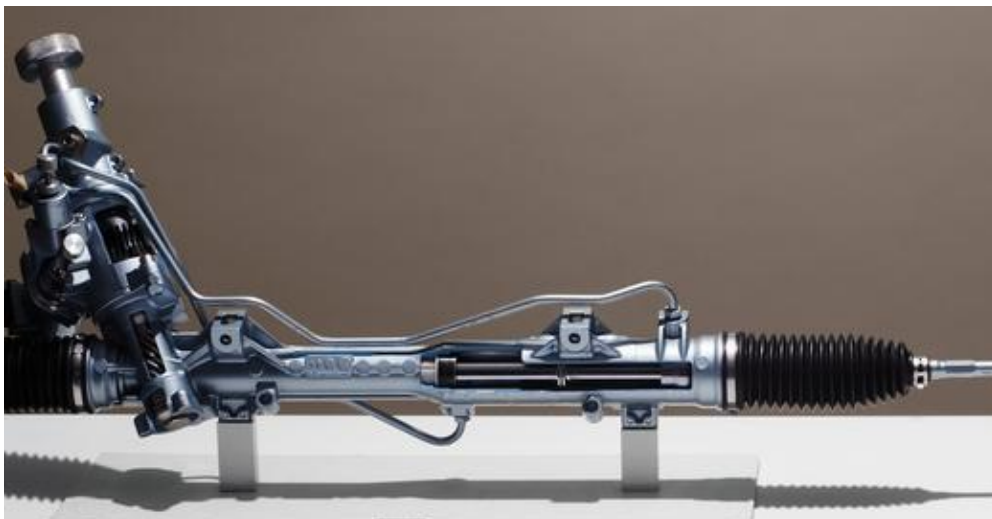
Figur 7.19: Oppsett for tannreim må gjøres med grundighet da den ikke må komme i kontakt med hindringer under drift. Illustrasjon utviklet av BMW [75].

Generelt kan man si at kjedereim er ikke vanskelig å ha i bruk, og drives uten behov for smøring. Dette er ganske optimalt, spesielt hvis man ser på hvor stor effektivitet man kan oppnå med for eksempel tannreimen. Støynivået er også begrenset, og med muligheten for å kunne justere reimlengden kunne dette ha vært et godt valg. Likevel er ulempene store, først og fremst på grunn av størrelsen. Det er viktig å vite at ved for mye belastning kan det oppstå slurelyder som raskt ødelegger reimen, som dermed må skiftes ut. Videre må vi også ta forbehold om den ekstra belastningen som ble diskutert tidligere på grunn av forspenningen som kreves for holde reimen i drift [31].

d) Hydraulisk drift

Etter å ha sett på de tre tradisjonelle driftsmetodene, velger vi nå å se på drivlinjer som ikke er utviklet i like utbredt skala men som bygger på gode maskintekniske prinsipper. En driftsmetode som er godt utviklet, men ikke brukes ofte i kjøretøyindustrien er et hydraulisk drivsystem. Denne baserer seg på grunnlag fra hydraulikken og går ut på å sette sammen et system som kan settes sammen av komponenter som vil kunne overføre mekaniske krefter [77].

Hovedprinsippet går ut på å kombinere en hydraulisk pumpe og motor, med det valgte driftssystemet. Dette gjøres ved å koble den hydrauliske pumpen til et valgt driftssystem. Dermed kan man koble pumpen opp mot en hydrauliske motoren. Slik får man overført kreftene fra driftssystemet til den hydrauliske delen. Ved å dermed overføre kreftene fra den hydrauliske motoren til hjulet, får man et selvutviklet drivsystem basert på hydrauliske komponenter. Slike systemer er idag i bruk i kranutstyr, og brukes som vellykkede løsninger med utgangspunkt i Pascals lov. Videre må det også fokuseres på om man velger å gå videre med åpen eller lukket system, som går ut på hvordan væskestrømmen organiseres.



Figur 7.20: Et tiltenkt konsept for scootere med hydraulisk drift. Overføringen skjer ved at den vertikale komponenten på venstre side betraktes som styreaksel, og den horisontale komponenten står for kraftoverføringen [78].

Ved å sette opp et slikt system kan man kunne oppnå en enkel og kompakt løsning, tatt i betraktning hvordan vi ønsker å koble opp komponentene. Med utgangspunkt i de overnevnte tre komponentene vil det være store muligheter for tilpasning. Fra tidligere erfaringer med andre systemer vet vi at et

hydraulisk system vil gi stor effektivitet, på grunnlag av den gode drivmuligheten når store krefter er i sving. Ved å sette opp riktig løsning og hydraulisk sammensetning kan man også oppnå en tilbakevirkende oppsett, noe som gir den et fortrinn i forhold til de tre tradisjonelle drivsystemene.

Det vil likevel være vanskelig å opprettholde systemet uten å unngå store vektøkninger. Spesielt hvis man tenker å bruke et avansert motorsystem, og ønsker å redusere vekten av resten av motorsykkelen til et minimum, slik at den totale tyngden har en akseptabel verdi, er vekten et stort minuspoeng. Størstparten av tyngden vil komme fra den hydrauliske motoren, som vil være knyttet opp mot hjuldriften og også skape problemer for scooterens dempesystem. Det er nevnt under begrensningene at vi ikke vil utrede selve dempesystemet, og med økningen i den udempede massen hydraulikkmotoren gir, blir valget av hydraulisk enda tyngre.



Figur 7.21: Ulike versjoner av hydrauliske tannhjulsmotorer produsert av Bosch Rexroth, i tillegg finnes gerotormotorer, vingemotorer, aksialstempelmotorer og radialstempelmotorer alle med ulike egenskaper og virkningsgrad. Disse er ikke er drøftet med tanke på relevansen av driftsystemet [79].

e) Navmotor

Med navmotor menes en motor som styres med utgangspunkt i navnet på hjulet [80]. I hovedtrekk kan det beskrives som en motor som driver hjulet fremover, og at resten av konstruksjonene er koblet til navet. Med en slik drift får man enkel overføring av krefter, og hele konstruksjonen bæres frem fra hjulet med motoren på. Denne type motor har vært på markedet lenge, men blir brukt kun på mindre kjøretøy og maskiner. I løpet av de siste årene har forskningen på denne type motor som også gjenkjennes som hub-motor vært økende. Flere internasjonale aktører har brukt denne type teknologi på større kjøretøy som biler, og det er forventet at man vil se dette på forbrukermarkedet innen kort tid. Utviklingen illustreres godt av oppslaget i Teknisk Ukeblads nettsider i slutten av januar 2013 der hjulelagerselskapet SKF og Protean Electric presenterer sine planer om en firemotors-løsning for fremtidige biler [81].

Denne løsningen er ikke bare blant de enkleste, men består av få komponenter som gir ledig plass til annet inventar. God plass kombinert med effektivitet som konkurrerer med de beste gjør dette til en attraktiv alternativ. Med sin gode plasseringsanvendelighet er dette drivsystemet godt egnet til å

overføre store krefter mellom forskjellige ledd. Det som ofte regnes som en nedside for denne løsningen er plassering av mye vekt sentrert på bakhjulet eller forhjulet. Dette kan gi stabilitetsproblemer, og må kompenseres ved hjelp av design.



Figur 7.22: Navmotor slik den er presentert av Protean Electric, motoren ligger innkapslet i felgen [82].

f) Hjuldrift

Med hjuldrift, menes en form for direkte drift [83]. Direkte drift går ut på at motoren plasseres i hjulet, basert på samme prinsipp som for navmotoren. Ved et slikt oppsett blir effektiviteten best av alle drivlinjeoppsettene presentert, på grunn av ingen overføringskomponenter ettersom motoren ligger i hjulet. Hovedforskjellen mellom direkte drift og navmotoren ligger i konseptet om at ved direkte drift roteres motoren med hele hjulet. Ved navmotor ligger selvet motoren i navet, og felgen rundt navet drives rundt.



Figur 7.23: Dekkprodusenten Michelins modell av et direkte driftshjul. Viser også at praktisk gjennomføring kan være av stor kompleksitet [84].

ELEKTRISK SCOOTER

Et slikt valg gir oss noen begrensninger i forhold til hvordan vi kan designet resten av scooteren, spesielt med tanke på vektfordelingen og plasseringen av batterier. Det må også kompenseres for eventuelle feilmarginer med tanke på driften, slik at det ikke skapes skjev styring og ubalanse i forhold til hjulet.

Med tanke på direkte drift oppnår man ikke bare høy effektivitet, men også et av de mest stillegående drivsystemene. Dette baseres på at færre overgangspunkter fører til redusert mengde med vibrasjoner, som igjen skaper lite støy i komponentene. Med en enkel konstruksjon opplever man også at vedlikeholdet blir enklere, og lengre levetid på grunn av mangelen på roterende maskindeler. Med direkte drift vil man kunne også levere høy dreiemoment også ved lavere turtall, som igjen vil gi også et mer rask og presis drivsystem. Ved å unngå overføringsledd minimerer man også et robust system som ikke påvirkes av verken elastisitet eller mekanisk brudd.

Selv med en gode del fordeler vil selve den praktiske delen av et slikt system være vanskelig. For å få tak i motorer som kan brukes til et direkte driftsystem vil man få utviklet en spesiallaget motor. Dette systemet baserer seg på høy dreiemoment ved lave hastigheter, noe som er motsatt i forhold til de fleste andre motorer som fokuserer på å levere høy dreiemoment ved høye turtall. Erfaringer viser at et spesiallaget design ofte blir mye større enn en vanlig motor, og dermed vanskelig å kombinere med et hjuloppheng. Selve styringen av motoren krever også en mye mer presis energitilførsel som igjen vil kreve en energireguleringsenhet som tilhører den høyere prisklassen. I tillegg til dette vil man også her ta forbehold om at store hastigheter kan skape uregelmessigheter med tanke på udempet masse.

7.2.2 Vekting av drivlinjealternativer

Nedenfor er et utvalgsdiagram som viser vurdering av de forskjellige drivlinjene opp mot viktige seleksjonsdrivere som er drøftet tidligere.

Tabell 7-9: Seleksjonsdiagram for drivlinjesystemer.

Egenskap (Vekting 1-3)	Kjededrift	Drivaksel	Reimdrift	Hydraulisk drift	Navmotor	Direkte drift
Effektivitet	☺ ☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺	☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺
Vedlikehold	☺	☺ ☺	☺	☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺
Vekt	☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺	☺	☺	☺
Støy	☺ ☺	☺ ☺	☺	☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺
Levetid	☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺ ☺
Plasseringsmuligheter	☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺
Kostnader	☺	☺ ☺	☺	☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺
Pris	☺ ☺ ☺	☺	☺ ☺	☺	☺ ☺ ☺	☺
Sum	15 x ☺	17 x ☺	13 x ☺	14 x ☺	21 x ☺	18 x ☺

7.2.3 Valg av drivlinje

Etter å ha satt opp en utvelgelsesdiagram kan vi sette opp denne rangeringen av drivlinjesystemene.

ELEKTRISK SCOOTER

Tabell 7-10: Rangering av drivlinjekonsepter.

Drivlinjealternativ	Rangering
Navmotor	1
Direkte drift	2
Drivaksel	3
Kjededrift	4
Hydraulisk drift	5
Reimdrift	6

Med bakgrunn i utvelgesesdaigrammet viser ovennevnte tabell at navmotoren vil være en ideell valg som drivlinjesystem. Ut ifra 24 maksimumspoeng har den fått 21, bestående av hele skes 3-poengere. Dette viser at navmotoren dekker våre krav innenfor de fleste områdene. Vi kan også vurdere direkte drift og drivaksel som attraktive alternativer, ettersom de er blitt rangert blant topp tre drivlinjekonsepter for vår scooter. Direkte drift er nærmeste konkurrent til navmotoren med fem 3-poengere, men blir et vanskelig alternativ når det kommer til plasseringsmuligheten og prisen. Dette kommer av begrensninger relatert til spesialdesignet og størrelsen.

Drivakselen er et mer bredere alternativ enn direkte drift, og scorer jevnt utover alle kriteriene. Likevel vil den i forhold til navmotoren skape mye mer støy og kreve mer vedlikehold. Slik vil det skape mye mer oljesøl, som igjen gjør at driftskostnadene øker. Dette kunne ha vært et godt alternativ hvis man ønsket en kjøretøy som var litt større og ville driftes med større hastigheter.



Figur 7.24: Et kompakt drivlinjesystem med navmotor i hjulet, og motoren er ikke synlig på grunn av felgutformingen [85].

Etter å ha sett på vurderingene velger vi å gå videre med navmotoren som drivlinjesystem. For å utvikle en scooter som både er fremtidsrettet og kombinerer optimale betingelser vil denne drivlinjen gi oss stor effektivitet, ha få komponenter som gir lav vedlikehold, samtidig som har en god og stabil overføring av de mekaniske kreftene. Ved å utnytte gode plasseringsmuligheter kan man kompensere for tyngden av systemet, slik at man får en jevnt fordelt vektbelastning og et tyngdepunkt som ligger mot midtpunktet av scooteren. Når det kommer til udempet masse som kan skape problemer med stabiliteten, og som tynger valget av navmotoren sammen med drivlinjesystemet direkte drift, kommer dette mest av avfjæringen hjulet. Selv om dette er et problem som gjør det vanskelig å styre ved høye

hastigheter, noe som ikke er tilfelle ved en scooter med makshastighet på 45 km/t, kan dette løses ved forandring av materialer som blir brukt i motorens vindinger.

7.2.4 Alternativer for plassering av drivlinje

Etter å ha valgt ut navmotoren som drivlinjekonsept er det forskjellige plasseringsmuligheter for drivlinjen. Nedenfor ser vi noen alternativ som kan være aktuelle.

a) Navmotor sentrert i forhjul

Ettersom navmotoren er vårt valg for drivsystem og den er basert på hjulplasseringen har vi to valgmuligheter for plasseringen av drivlinjen. Vi kan som første alternativ plassere navmotoren sentrert på forhjulet. Først å fremst vil man kunne få et forhjulsdriv som gir gode muligheter for kjøre i vær som regn, snø og andre vanskelig kjøreforhold. Dette alternativet gir også muligheten for å unngå vektfordelingen da batteriet ofte plasseres nær bakhjulet, under setet. Ettersom navmotoren vil utgjøre en del vekt kan vi få et stabilt system.

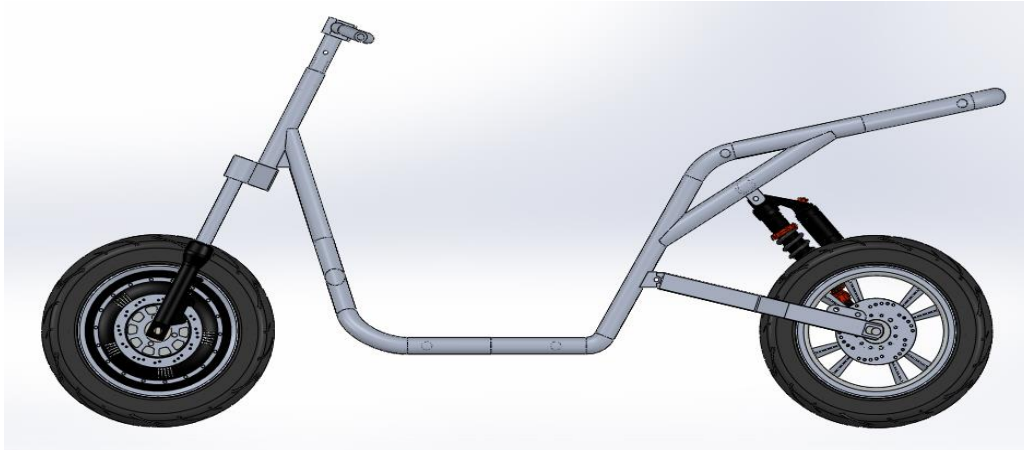
Med god balanse får vi hjelp av forhjulsdrivet også et sikkerhetsbuffer. Hjulet vil ved høye stigninger glide og skli på bakkeplanet. Dette vil føre at motoren ikke ryker på grunn av for store belastninger. Plasseringen ved fronthjulet vil også kunne gi mindre vedlikeholdsarbeid siden forhjulet ofte ikke er like utsatt for søl og støv som bakhjulet.



Figur 7.25: Et enkelt hjuloppheng for navmotor sentrert på forhjulet. Forgaffelen monteres direkte til motoren [86].

Motordriften vil også gjøre at man ofte får dårligere veigrep, spesielt ved lave hastigheter og i kjørebaneer som er humpete og krever god styring. Dette er en del av samme prinsipp som gjør at dekket ofte glipper ved høy nivå. Dette gjør at man ikke kan bruke et kraftig motorsystem. Videre må det også huskes at hvis det skjer brudd i hjulopphengget på grunn av dårlig montering, kollisjon eller andre feilkilder vil motoren plassert i forhjulet kunne skape mer alvorlige konsekvenser i forhold til bakhjulet. Det tradisjonelle hjulopphengget som er basert på fjæring i forhjulet må også redesignes på grunn av motorplasseringen og grundige svingningsanalyser må gjøres før bruk kan godkjennes.

Plassering av navmotoren sentrert på forhjulet krever også at materialer som brukes er av et mer robust slag, siden de har større mulighet for å ryke på grunn av den direkte koblingen av fronthjulet opp til styret og svingarmen. Dette er del av scooteren som opptar en stor del av den variable og uforutsette kraftbelastningen som kommer indirekte fra føreren og som oppstår under bevegelse av scooteren.



Figur 7.26: Skisse av drivlinje for navmotor sentrert på forhjulet.

b) Navmotor sentrert i bakhjul

Bakhjulsdrift er et mer tradisjonelt valg, og brukes også ofte også i biler og andre tunge kjøretøy. Dette gir også en god følelse som er ven og og stabil gjennom hele kjøreturen. En slik plassering av navmotoren vil også gjøre at mestparten av oppsetningen ikke blir like synlig, og krever mindre modifikasjoner for å oppnå et kompakt design som utseendemessig vil være attraktiv.

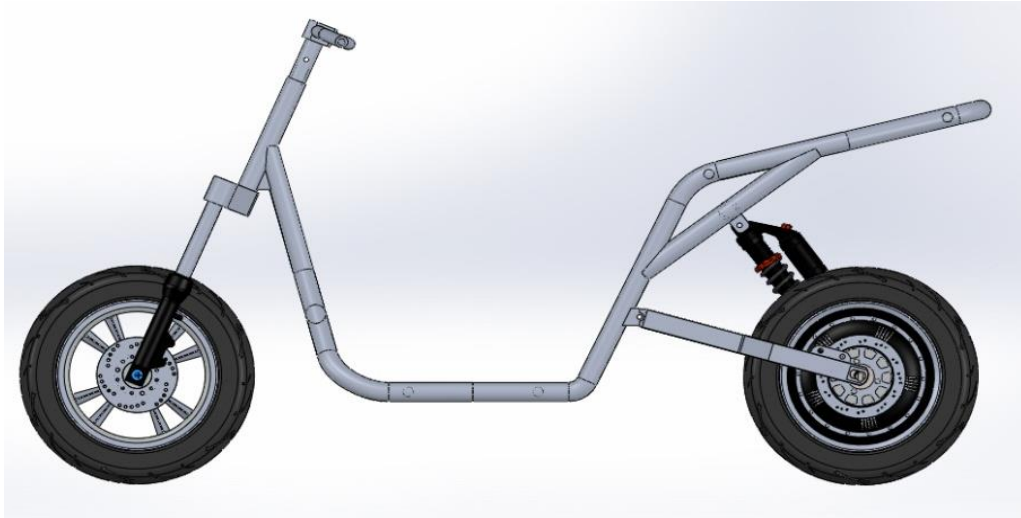
Utviklingsmessig vil en navmotor sentrert på forhjulet være mer robust på grunn av et sterkere hjuloppheng som er koblet sammen med resten av sykkelen. Dette kraftige sammensetningen gjør at man kan selv velge hva slags motorkapasitet man ønsker basert på kravspesifikasjonene. Ettersom forhjulet nå vil være ikke bundet til motor vil man ved et slikt oppsett også kunne velge fritt hva slags fjøring, demping og svingarmsystem man ønsker å bruke på styret. Med navmotoren sentrert på bakhjulet vil man også på generelt grunnlag få en mer robust grep som kan gi et større opereringsområde for scooteren.



Figur 7.27: Eksempel på navmotor sentrert på bakhjulet, svingarmen er en del av innfestningen av motoren [87].

ELEKTRISK SCOOTER

Selve monteringsarbeidet for sentring på bakhjulet er ofte mer avansert enn forhjulet, spesielt hvis batteriet har en avansert tilkobling til motoren. Ved forhjulssentreringen kan man benytte av svingarmoppsetningen, noe som vil være fraværende på bakhjulet. Dette vil også tyngre bremseoppsetningen, og vil i enkelte tilfeller kreve at kjøpes ekstern bremsepakke som er tilpasset motoren man velger. Bakhjulet vil også ha vektproblemer som må optimaliseres gjennom design, ellers vil man oppleve en bakhjulstynget sykkel og flatt bakdekk.



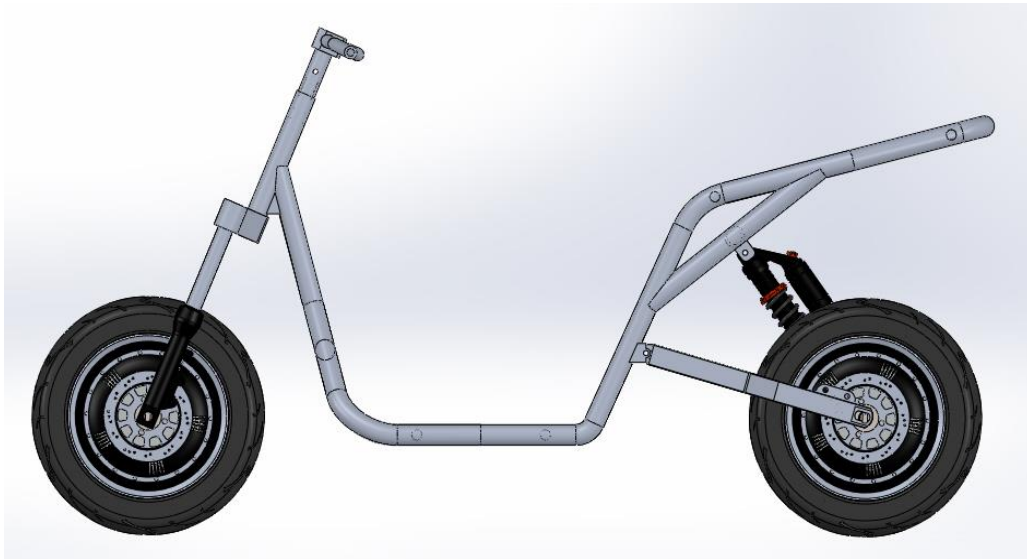
Figur 7.28: Skisse av navmotor sentrert på bakhjulet.

c) Navmotor på begge hjulene

Et annet alternativ som ofte brukes i litt kraftige kjøretøy er å feste navmotor på alle hjulene, i en scooters tilfelle vil dette være både forhjul og bakhjul. Først og fremst vil dette gi deg en 2-hjulsdrift som vil gi et godt grep på veiene, med god kontaktflate og nærmest fri for glidning. Man vil også kunne enklere overkomme høye stigninger og være mer anvendelig under vanskelige kjøreforhold. Dette vil gi mer effekt enn noen av de enkelte drivsystemene ville gitt, og gir dermed også et høyere dreiemoment og hastighet. Selv om dette er ganske sjelden, vil dette gi bilen et unikt særpreg samt økt sikkerhet og pålitelighet. Scooteren vil ha to motorer å kjøre på, og om en av disse skulle ryke har du fortsatt en å gå på.

Ettersom man har to motorer og et solid drivsystem, vil kostnadene ved et slik drivsystem være adskillig høyere enn de foregående alternativene. Sammen med kostnadene, vet vi fra tidligere at dette drivsystemet hadde vekt som sin svakhet. Med dobbelt motordrift øker den totale vekten også en del, selv om den er balansenøytal med vekt plassering på hver ende av scooteren. Den doble motordriften vil også forårsake at vedlikeholdsarbeidet blir en del, og sikkerhetsfaktorene på konstruksjonen må også økes, siden to motorer vil forårsake større risiko for brudd i hjulopphengene.

Når det kommer til effektiviteten vil den også synke, ettersom to motorer vil gi lavere effekt, enn det en motor vill ha gitt. Selv om effekten blir lavere, blir kompleksiteten rundt oppsetning bli større og kreve mye teknisk arbeid slik at man får regulert riktig energitilførsel. Dette vil mest sannsynlig kreve en større og mer avansert strømstyringsenhet. Kompleksiteten vil også medføre flere ledninger og større kablingsarbeid, som igjen vil gjøre at utseendemessig vil kreve mer av designutviklingen.



Figur 7.29: Skisse for navmotor sentrert på begge hjulene.

7.2.5 Vekting av plasseringsalternativer for drivlinje

Med bakgrunn den overnevnte drøftningen lager vi følgende utvelgelsesdiagram.

Tabell 7-11: Utvelgelsesmatrise for plasseringsalternativer.

Egenskap (Vekting 1-3)	Navmotor sentrert på forhjul	Navmotor sentrert på bakhjul	Navmotor sentrert på begge hjul
Effektivitet	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺
Vedlikehold	☺ ☺ ☺	☺ ☺	☺
Vekt	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺
Støy	☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺
Levetid	☺	☺ ☺	☺ ☺ ☺
Plasseringsvennlighet	☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺
Kostnader	☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺
Pris	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺
Sum	18 x ☺	22 x ☺	12 x ☺

7.2.6 Valg av plassering av drivlinje

Basert på utvelgelsesmatrisen ovenfor kan alternativene rangeres slik.

Tabell 7-12: Rangering av plasseringsalternativer.

Plasseringsalternativ	Rangering
Navmotor sentrert på bakhjul	1
Navmotor sentrert på forhjul	2
Navmotor sentrert på begge hjul	3

ELEKTRISK SCOOTER

Ut ifra dette kan vi se at bakhjuls plasseringen kan være mer ideell, og scorer 22 poeng, ut av 24. Ut av disse poengen har vi seks trepoengere, som viser at den dekker de fleste områdene fra effektivitet til driftskostnader og pris. Vi ser også at forhjuls plasseringen også hadde vært et godt valg, og scorer 18 av 24 mulige poeng. Av disse poengen har vi fire 3-poengere, noe som gir fire holdepunkter for eventuell valg av plasseringen.

Det vi ser er at selv om forhjulsdriften har sine fordeler, vil dette systeme ikke være egnet for en scooter. Kompleksiteten er stor, og det kreves et godt koordineringsarbeid. Den innovative løsningen som har blitt nevnt tidligere og som produseres av Protean Electric bygger på en flerhjuldrift, men de bruker en ekstra motor i midten for å koordinere de enkelte motorene. Dette viser kompleksiteten ved en slik løsning, og vil ikke bare kreve store ressurser, men heller ikke gi stor fortjeneste for en kompakt kjøretøy som moped eller scooter.

Basert på argumenteringen og utvelgelsestabellen velges det å gå videre bakhjuls plasseringen. Ikke bare scorer den høyest på vår seleksjonsprosess, men den scorer også høyest på de viktigste vurderingskriteriene. Når det kommer til vedlikehold og levetiden er dette forhold som er viktige, men navmotoren er likevel blant de beste løsningene innenfor drivlinjesystemene vi har vurdert. Gjennom designet kan vi kompensere for dette ved å gjøre tilgangen til det utstyret som trenger vedlikehold enkelt. Dette vil gjøre at utskiftninger av dekk og vedlikeholdsarbeidet kan gjøres med raskere tilgang til komponentene for forbrukerne.



Figur 7.30: *Illustrasjon av det valgte plasseringsalternativet.*

7.3 Motor

Motor er en av de viktigste komponentene i et kjøretøy, og en viktig del i konstruksjonen av mopeden. Opp gjennom årene har motoren vært et viktig utviklingsområde på grunn av dens allsidige bruksområde og spesielt innen kjøretøy har den vært viktig med tanke på ytelsen. En motor skal generelt omforme energi fra et drivstoff slik at den omformede energien kan nyttes til å utføre et

arbeid. Motorens konsept slik vi kjenner den idag ble først utviklet under den industrielle revolusjonen, og ble brukt til blant annet dampmaskiner som var drivkraften i togene. Selv om man i tidligere utredning har bestemt batteri som energilager drøftes også motorer med andre drivstoff i dette avsnittet, dette for å få et helhetsbilde for motorvalget og en presisering på hva slags motorsystem som er det mest optimale.

7.3.1 Motortyper

Utviklingen innenfor motorer har gått jevnt frem til idag, og det skal bilprodusentene har en viktig del av æren for. I dag finner man motorsystemer tilpasset til mange typer kjøretøy, og mange forskjellige typer energi kan omformes til bevegelsesenergi. Grovt kan vi blant annet dele motorene i forbrenningsmotor, gassmotor og elektriske motor. Nedenfor ser vi igjennom noen viktige klasser innenfor motorer som er aktuelle for å utvikle vår moped.

a) Forbrenningsmotorer

Forbrenningsmotorer har vært en av de viktigste motorene i vår historie, og siden oppfinnelsen av motorer har den hatt mest utvikling og det er brukte enorme summer på forskning. I prinsippet blir disse motorene symbolisert ved at drivstoffet omformes i motoren og drivkraften trekkes direkte ut av motoren. Denne motoren har vært initiativtakeren til kjøretøyindustrien slik vi kjenner den idag, og ble oppfunnet av tyskeren Nikolaus August Otto (1832-1891). Den viktigste drivmekanismen i forbrenningsmotorene er energioverføringen til et stempel, noe som blir utdypet litt senere [88].

Forbrenningsmotorene som er aktuelt for en moped er bensinmotor, dieselmotor og Wankelmotor. Disse er diskutert utfyllende i Vedlegg T-04, men en kort oppsummering følger nedenfor.

Bensinmotor og dieselmotorer:

Prinsippet i en bensinmotor går ut på å ta opp blandingen av bensin og luft, som deretter blir komprimert blir antent [89]. Når vi snakker om forbrenningsmotorer oppgis disse som sagt ofte som to-takts eller fire-taktsmotorer. Fire-taktsmotorer er de mest brukte i biler på grunn av deres totale virkningsgrad på 35 % og miljøvennlighet i forhold til to-taktsmotorer. To-takts motorene vil likevel være av en viss interesse for oss på grunn av deres lave vekt og enkle virkningsmåte. I motsetning til bensinmotoren vil det i en dieselmotor kun taes opp luft, og etter at denne er komprimert vil det bli innsprøytet drivstoff, og det oppstår en selvantenne ved høye temperaturer.

På et generelt plan kan man nevne bensinmotoren har effektivitet på opptil 30 %, og resten blir omgjort til blant annet varme og støy. På den andre siden vil man med en dieselmotor dra nytte av opptil 40% av drivstoffet, og med elektrisk innsprøytning samt optimal drift nå opptil 50 % virkningsgrad [90].

Wankelmotor:

Wankelmotoren skiller seg ut av de mer populære forbrenningsmotorene i form av at den ikke bruke stempel. Prinsippet blir istedenfor basert rundt en triangelformet roterende del inne i sylindren, og motoren blir også kalt rotasjonsmotor. Det finnes ikke klare data på effektiviteten i en wankelmotor, men erfaringer fra blant annet bilprodusenten Mazda, som har brukt motoren i en av sine konstruksjoner i

løpet av de siste 20 årene, viser at den ligger lavere effektiviteten til de andre forbrenningsmotorene som er presentert. Når det kommer til miljøfarlige utslipp er noe som ikke benefiterer denne typen, ettersom Mazdas versjon senest i 2012 ikke bestod EUs regelverk som regulerer disse utslippene [91].

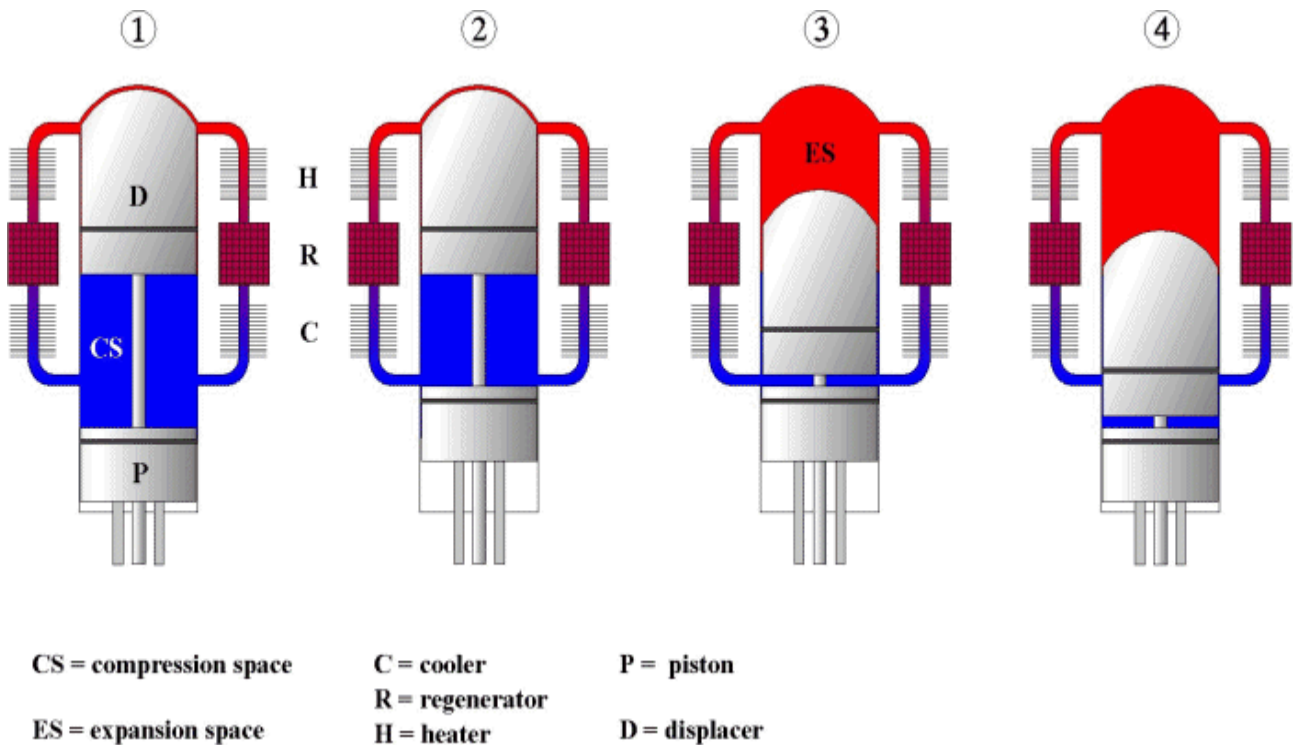
b) Stirlingmotor

Stirlingmotor er en motor som tar utgangspunkt i utvendig forbrenning, og med det menes altså at den har en lukket syklus og forbrenningen skjer utenfor sylindere [92]. Virkemåten går ut på at det brukes en gass som komprimeres for deretter til å utvides. Dette skjer i to forskjellige sylindere, og kompresjonen foregår ved nedkjøling, mens utvidelsen skjer ved oppvarming. Dette fører at når sylindere presses ut vil det foregå en varmeoverføring på grunn av volumforandringen. Motoren med dette prinsippet ble oppfunnet av skotten Robert Stirling (1790-1878) i 1816. Den hadde moderat bruksområde, men har i moderne tid blitt videreutviklet spesielt av ingeniører hos den nederlandske teknologigiganten Phillips i Amsterdam.

Motormekanismen brukes mest med oksygen som gass, men det er blitt rapportert bruk av andre gasser som hydrogen og helium, som også har vært vellykket. På grunn av den eksterne forbrenningen er også bruk av andre drivstoff enklere, og det er blitt nevnt solenergi som en aktuell drivstoffstatning sammen med geotermisk og kjernefysisk energi. Det har også lenge blitt diskutert om man også kan utnytte varmeavfallet fra store industrikonsern og dermed minke mengden av varme som blir sløst bort.

Stirlingmotoren har enkel prinsipp og mekanismen gjør den mer optimal å bruke i forhold til andre forbrenningsmotorer. Dette gjør at man ikke trenger å utvikle et system for ventil, og oppbygningen kan gjøres av lett tilgjengelige materialer [94]. Den produserer heller ikke mye støy, og den kan drives uten tilførsel av luft. Motoren har også et litt annerledes startprosess enn vanlig motorer som er tilpasset kaldere værforhold. Ved vanlige motorer er det enklere å få tenning ved varmere vær, mens ved kaldere klima kan det være utfordrende. Det som derimot kan være vanskelig med stirlingmotorer er at den trenger varmeoverførere som har komplekse spesifikasjoner spesielt med tanke på trykk og høye temperaturer. Dette kan gjøre sluttprisen på motoren ganske høy i forhold til konkurrerende løsninger. Videre vil denne varmeoverføringsprosessen kreve større radiatorer som vil resultere i at man øker størrelsen betraktelig.

Det som gjør det vanskelig å bruke stirlingmotor i praktisk drift som motor for kjøretøy er at selv om motoren leverer konstant energi, trenger den lengre tid enn konkurrentene for å varme opp og komme seg til et nivå der den kan levere ønsket ytelse. Videre vil også det være vanskelig å variere energinivået som leveres, og for at den skal kunne bli praktisk må ytterligere mekanismer og reguleringsystemer utvikles. I de modellene som er designet for praktiske forhold viser at effektiviteten faller dramatisk.

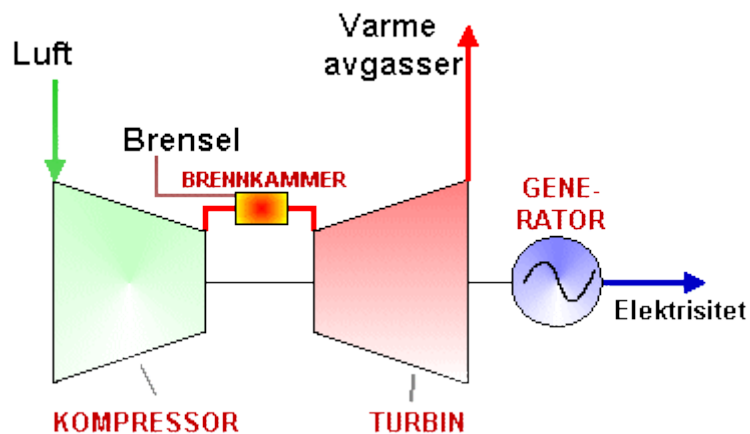


Figur 7.31: Stirlingmotor med symboler og tall som viser driftsmekanismen og hvordan stempelet påvirker ekspansjon og kompresjon [93].

c) Gassturbiner

Gassturbiner er utviklet med utgangspunkt i forbrenningsmotorer, og det finnes to typer av disse som kan klassifiseres som åpent eller lukket system [94]. Disse er idag ikke vanlig i bruk innenfor kjøretøy i Norge som biler, motorsykkel og moped men har utstrakt bruk i flyindustrien. Prinsippet baserer seg på tre faser som består av kompresjon, forbrenningssylinder og turbin. Virkemåten går ut på at turbinen blir drevet av gass som enten er varmet opp eller blandet med luft [95]. Den mest effektive typen av gassturbiner er den med lukket system, da den utnytter luft under trykk og virkningsgraden avhenger av turbinmaterialet. Jo høyere kapasitet på turbinmaterialet, jo høyere temperatur kan gassen som benyttes ha. Ofte drives disse turbinene med drivstoff som har lavt karboninnhold, og dermed mindre miljøfarlige utslipp.

Gassturbiner brukes i første rekke på andre installasjoner enn kjøretøy, og dette er stort innenfor skip, olje og gass samt andre delere av energibransjen. Flybransjen har det mest avanserte bruken av gassturbiner, og brukes i forskjellige former til forskjellige oppdrag på et fly. Hovedsaklig brukes gassturbiner til akselerasjon på et fly, og systemet kalles turbinviftmotor og den er konstruert for å drive større vektorer og tilpasse seg aerodynamisk. Man kan oppnå høy virkningsgrad på opptil 60 %, men for kjøretøy som kjøres på bakken viser det seg at effektiviteten faller til et lavt nivå.



Figur 7.32: Enkel illustrasjon som viser turbinens mekanisme, der luft kommer inn og gjennom ulike prosesser får vi ut elektrisitet [97].

Gassturbiner har lenge vært tema blant teknologer, så tidlig som 1700-tallet. Praktisk bruk av gassturbiner var likevel ikke før på starten av 1900-tallet da en nordmann ved navn Ægidius Erling bygget gassturbin som kunne drives. Noen år senere ble denne nordmannens system sett på som lovende til bruk innenfor industrien, og ble videreutviklet av det som er en del av kraftselskapet ABB idag.



Figur 7.33: Turbiner som er brukt i scootere før har en enkel utforming, men lav ytelse [98].

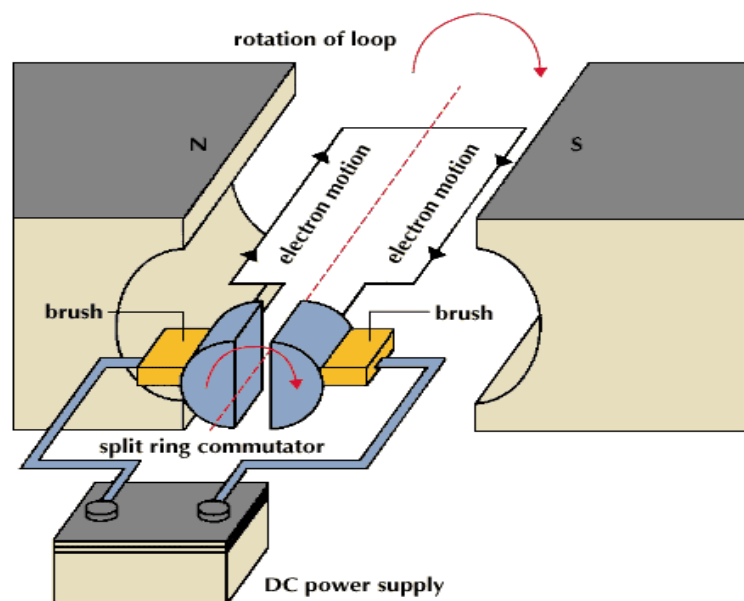
d) Elektrisk motor

Elektrisk motor er en motor som omformer elektrisk energi til mekanisk energi [99]. Ofte brukes ordet elektrisk motor i sammenheng med en generator som gjør det motsatte av motoren, altså omformer mekanisk energi til elektrisk energi. Prinsippet i en elektrisk motor går i hovedsak ut på at kraftlinjene krysses av en leder i et magnetisk felt, og at det dermed blir induisert en spenning i lederen [100]. Denne spenningen blir gitt av formelen $E = Blv$, der B er magnetfeltets styrke, l er lengden av lederen og v er hastigheten lederen krysser det magnetiske feltet.

ELEKTRISK SCOOTER

Hvis vi trekker oss tilbake til historien ble prinsippet om å omforme elektrisk energi til mekanisk energi først satt ut i live av briten Michael Faraday og hans induksjonsprinsipp i 1821. Videre ble dette benyttet til å lage en kommutatormotor i 1832 av William Sturgeon. Utviklingen fortsatte med små og store gjennombrudd, men i 1886 ble den første brukbare DC-motoren laget av Frank Julian Sprague. I 1888 patenterte Nikola Tesla AC-motoren som også var basert på Faradays induksjonsprinsipp. I tiden etter dette har utviklingen vært moderat, og det er nå i de siste 20 årene forskningen har fokusert på å oppgradere de elektriske motorene i mer praktiske og diversifiserte forbruksområder.

Når det kommer til elektriske motorer skiller man for kjøretøy ofte mellom AC og DC-motorer, der de står henholdsvis for vekselstrømmotorer og likestrømmotorer. DC-motorer er ofte mest brukt, og virkemåten er ofte også grunnleggende for AC-motorer. Med utgangspunkt i en rotor som har to poler på hver sin side, og rotorkjernen bestående av en kommutator som tilføres strøm gjennom kobberstaver og to børster. En kommutator er en elektrisk enhet som skifter retningen til strømmen i rotoren fra kobberstavene til det eksterne systemet. Til slutt plasseres rotorsystemet mellom to permanente magneter, også kjent som statorer. Med utgangspunkt i dette vil den nordpolen i statoren tiltrekke seg sydpolen i rotoren og vi vil få en bevegelse i rotorsystemet, og ved hjelp av kommutatoren kan vi skifte strømretning slik at bevegelsen er igang selv om nordpolen på statoren møter sydpolen på rotoren.



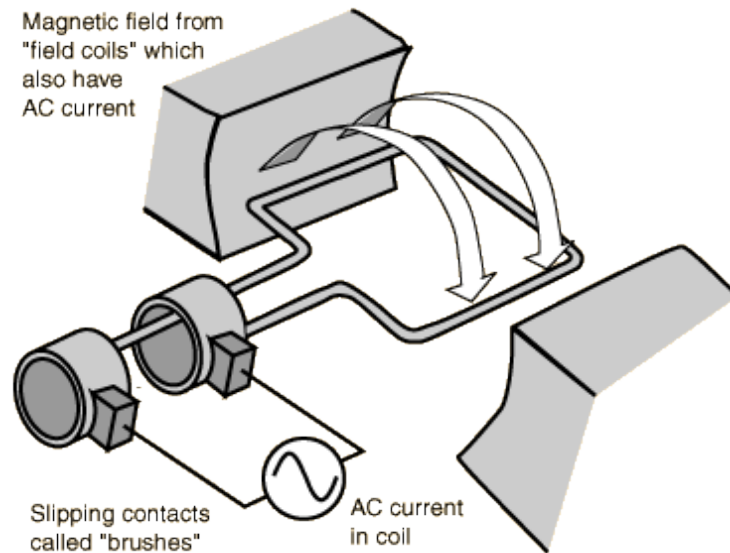
Figur 7.34: Illustrasjon for hvordan en elektrisk motor drives md børster som må plasseres i parallell ved DC-strøm [101].

Hvis vi ser på AC-motorer, vil den som sagt basere seg på virkemåten til en DC-motor, men uten en kommutator. Her vil vi ha statorer med viklinger som fører vekselstrøm som kan skape en vekslende magnetfelt. Gjennom denne koblingen blir rotorsystemet satt til å generere moment som overføres til den eksterne mottakeren. Det er også viktig å nevne at det finnes mange underkategorier for hver av disse hovedtypene av elektrisk motor. Disse blir drøftet etter relevans litt senere.

Effektberegningene til elektriske motorer er ganske enkelt, og kan baseres på den generelle effektformelen innenfor elektronikk som sier at $P = UI$, der U er spenningen og I er strømmen. Det er

ELEKTRISK SCOOTER

likevel viktig å vite at spenningen og strømmen ikke har sine maksimale verdier samtidig, det har en faseforskyvning i forhold til hverandre på grunn av viklingene. Denne faseforskyvningen gies i teorien ut i fra et vinkelforhold som oppgis i $\cos \Phi$, og kalles ofte effektfaktoren. Effekttapene i en elektrisk motor kan settes til å være minimale, og i kjøretøyindustrien regner man generelt sett virkningsgraden til elektriske motorer til å være rundt 90 %.



Figur 7.35: Ved AC-strøm blir utforming annerledes og børstene må settes opp i serie [102].

7.3.2 Vekting av motoralternativer

På grunnlag av drøftningen av ulike motoralternativer er det utarbeidet en utvelgelsesdiagram. I diagrammet er alle motortypene vektet mot noen vurderingskriterier som viktige for en fremtidsrettet og bærekraftig scooter.

Tabell 7-13: Vekting av motoralternativer.

Egenskap (Vekting 1-3)	Sterling motor	Gassturbin	Bensin motor (2/4-takt)	Diesel motor (2/4-takt)	Wankel motor	Elektrisk motor
Miljø	☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺	☺	☺	☺ ☺ ☺
Effektivitet	☺	☺ ☺	☺	☺ ☺	☺	☺ ☺ ☺
Vedlikehold	☺ ☺	☺	☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺
Støy	☺ ☺	☺	☺	☺	☺	☺ ☺ ☺
Kostnader	☺	☺	☺ ☺	☺ ☺	☺	☺ ☺
Pris	☺	☺	☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺ ☺
Sum	9 x ☺	8 x ☺	10 x ☺	10 x ☺	8 x ☺	16 x ☺

7.3.3 Valg av motoralternativ

Basert på vurderingsmatrisen ovenfor kan vi sette opp denne rangeringen.

ELEKTRISK SCOOTER

Tabell 7-14: *Rangering av motoralternativer.*

Motoralternativ	Rangering
Elektrisk motor	1
Bensinmotor (2/4-takt)	2
Diesel (2/4-takt)	3
Sterlingmotor	4
Wankelmotor	5
Gassturbin	6

Basert på denne rangeringen kan vi se at en elektrisk motor vil være det beste alternativet, den får nærmest fullscore med 16 av 18 mulige poeng. Ut av tabellen kan vi også se at bruk av bensin eller dieselmotor ville vært andre alternativer, noe som ikke er overraskende med tanke på deres utstrakte bruk i dag. Disse to har fått 10 poeng, og er et stykke bak den elektriske motoren sammen med sterlingmotoren.

Hovedforskjellen mellom motoralternativene er at de mer utradisjonelle valgene faller langt ned på listen, med under 10 poeng. Disse ligger fortsatt langt bak på effektiviteten, miljøvennlighet, støy og pris. Disse kriteriene er essensielle ved valg av en fremtidsrettet løsning for vår scooter, og uten disse holdepunktene vil mye av vårt unike preg bli borte. Kompleksiteten ved disse alternativene krever en god del forskningsarbeid for å kunne optimaliserer disse for en seleksjon.

Ettersom den elektriske motoren skiller seg ut så klart fra resten av alternativene, er det naturlig at vi går videre med den. Slik vi nevnte tidligere gir den ekstrem god effektiv, tilnærmet ingen støy og er blant de mest miljøvennlige løsningene på markedet. Når det kommer til punktene som gjorde at dette alternativet ikke fikk fullscore, vedlikehold og prisen er det noe som må taes i betraktning. Vedlikeholdet kan optimaliseres gjennom vårt drivlinjevalg, siden man kan dra ut hele hjulet og utføre vedlikeholdsarbeidet direkte. Prismessig er vi klar over at en elektrisk scooter vil ligge noe høyere, men at med optimale løsninger kan vi kompensere for dette. Ettersom motor og batteri både vil være drivende både for vekten og prisen, er det noe vi er villige til å gjøre.



Figur 7.36: *En tradisjonell utforming av elektrisk motor viser at konstruksjonen blir stor for å få praktisk nytte [103].*

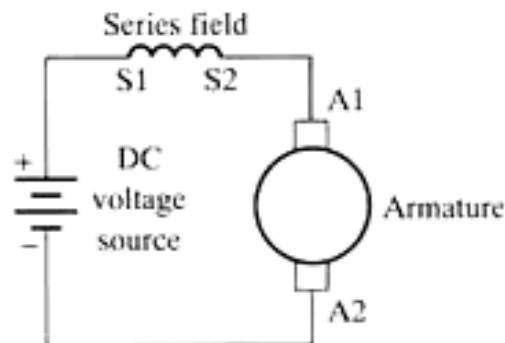
7.3.4 Elektriske motortyper

Det finnes en god del elektriske motorer som ofte er tilpasset hva slgs forbruk man har. I industrielle forhold snakker man ofte om AC-motorer og DC-motorer, der det tidligere i korte trekk forklart drivmekanismen for hver av alternativene. Før vi drøfter motortypene ytterligere vil vi gjerne en begrensning for kun DC-motorer. Dette baseres på at det ikke kun er det mest utviklede alternativet når det kommer til bilapplikasjon, men også vil gi en konstant strømflyt i motsetning til den vekslende strømflyten AC-motorer gir. Videre vil strømtilførselen for AC-motorer kreve komplekse strømnnett, mens for DC-motorer enkelt kan overføre energi gjennom battericeller eller ferdiglagde batteripakker.

Nedenfor er noen utvalgte DC-motorer presentert kort [4,11].

a) DC Seriemotor

Dette er en motor som er basert på det generelle DC-motorprinsippet. Den skiller derimot seg ut fra resten ved at feltviklingene og armaturviklingene er koblet i serie. Dette resulterer i at disse begge strømverdiene blir like. Disse strømverdiene blir dermed ganske høy, og krever tykke lag av feltviklingene og som ofte er få. Materialbruken er også i de fleste tilfeller begrenset til kobber, ettersom den leder strøm mye bedre enn andre alternativer. I skjemaet nedenfor er det illustrert at feltviklingene representert ved S er i serie med armaturen A.

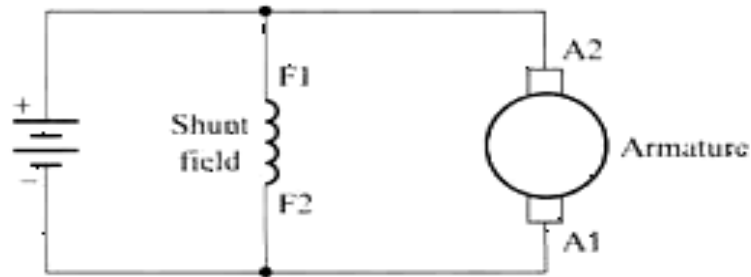


Figur 7.37: Skjema for en DC Seriemotor [104].

Ofte vil en DC Seriemotor ha en høy dreiemoment ved start, og være bygget opp med en enkel konstruksjon. Denne enkle konstruksjonen gir oss også bedre tilpasningsmuligheter. Vedlikeholdsmessig er den også enkel å betjene, som på tur igjen gjøre den økonomisk i drift.

b) Shunt DC Motor

Denne motortypen har koblet feltviklingene og armaturviklingene, i motsetning til Seriemotoren, sammen i parallell. Dette krever at oppbygningen av motoren må forandres litt og spolen må være av fin kvalitet som kobles i en trådspiral. Antallet viklinger må også økes betraktelig, og det må etableres et sterkt magnetfelt.



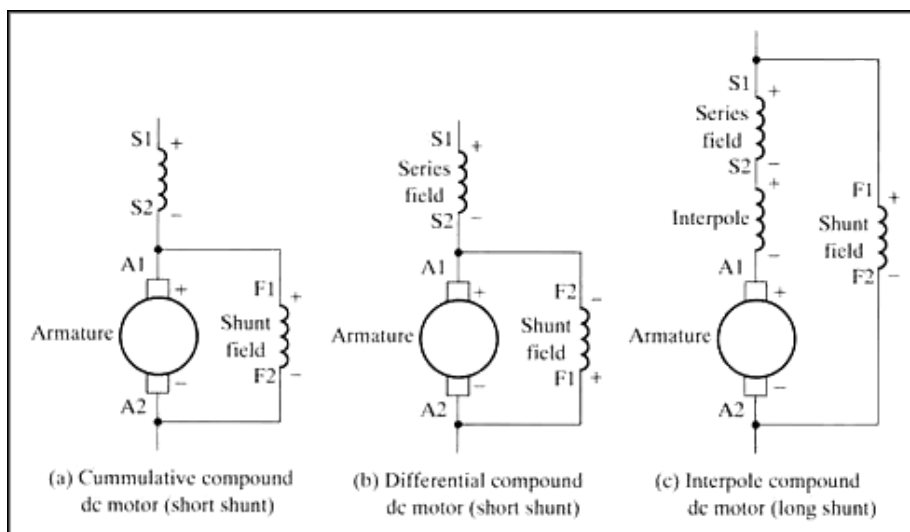
Figur 7.38: Skjema for en DC Shunt Motor [105].

Seriemotoren hadde høyt dreiemoment i starten, men det vil ikke en Shunt motor kunne ha siden den ikke fører like høy strøm. Dette kommer av at shunt motoren istedet har høy resistans i viklingene, som igjen vil gi lavere strøm. Når det kommer til hastigheten på motoren er den veldig lastavhengig, men konstant. Mye last vil dempe hastigheten, og i motsatt fall vil den øke.

c) Compound DC Motor

Compound motoren er en kombinasjon av de to foregående motortypene. Her har du både viklinger i både parallell og serie. Fra den ene siden er det koblet en feltvikling koblet i serie med armaturviklingen, mens fra den andre siden er det en parallell kobling mellom feltviklingen og armaturviklingen. Dette gjør at man kan få både dreiemomentfordelen fra seriemotoren, mens man også får den konstante hastigheten beskrevet for shunt motoren.

Under denne kategorien finnes det tre underklasser som er basert på hva slags polaritet det er mellom serieviklingen og parallellviklingen, som også ofte kalles shuntviklingen. Disse underklassene har ulike kombinasjoner av egenskapene man oppnår enkeltvis ved de to foregående motortypene. Hvis man har en polaritet slik at begge viklingene legges sammen, får man det som kalles kummulativ løsning. Man oppnår en differensial løsning hvis serie og parallellviklingene motsetter seg hverandre. Til slutt har man en løsning som vil legge til en ekstra pol i serie med serieviklingen og mellom den og armaturen.

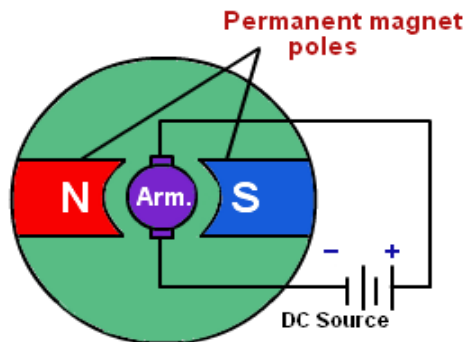


Figur 7.39: Skjema for de ulike Compound-motorene [106].

d) Permanent Magnet

Permanent magnet motorene er liten i størrelsene, som gjør dem praktiske i bruk i små installasjoner. De leverer høy effekt, og vekten blir holdt til et minimum. Disse er basert på prinsippet om at polene i motoren er av permanent magnetkonstruksjon.

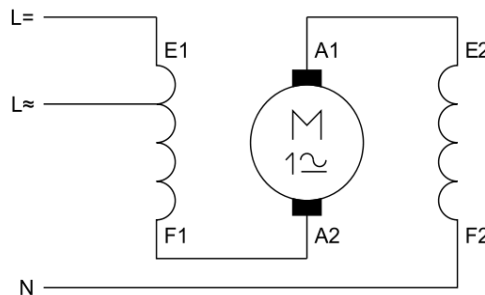
Denne typen motor har ikke vinkliger, og man bruker de permanente magnetene for lage et magnetisk felt for dreiemomentet. Dette er en effektiv løsning for mindre applikasjoner, fordi da kan man spare energitapet i viklingene. Det vil likevel være et problem for større installasjoner, og da kan det bli dyrt og ikke minst også farlig. I større industri vil et slik motor drives av at man bruker store magneter som da generer mye energi. Den store risikoen kan kompenseres for ved tilpasset design.



Figur 7.40: Prinsippet for permanent magnetmotor [107].

e) Universal Motor

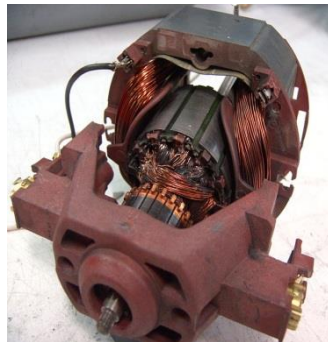
En universal motor kan drives både av AC eller DC. Her vil man ha viklingene for statoren koblet i serie med rotorviklingene. Dette skjer vanligvis gjennom en kommutator. Det er viktig å nevne at vi har tatt med denne AC-motoren, fordi universalmotoren ofte drives best med AC-tilgang. Dette fordi vekselstrømmen vil dermed kunne sammenfalle med den alternerende strømmen i feltviklingene og armaturen.



Figur 7.41: Skjema for Universal Motor, statoren koblet i serie med rotorviklingene [108].

Fordelene med universalmotoren er først og fremst det høye dreiemomentet ved start. På litt lengre sikt vil den kunne oppnå høy hastighet, og det er ofte veldig praktisk med tanke på det kompakte designet motoren har. Selv om den veldig brukervennlig, lager den mye støy. Dette gjør bruken vanskelig i

hverdagslige applikasjoner. Problemet med universalmotoren er at den trenger vedlikehold på jevnlig basis, og kommutatoren må ofte bytte som. Dette kan på lang sikt bli en dyr løsning.

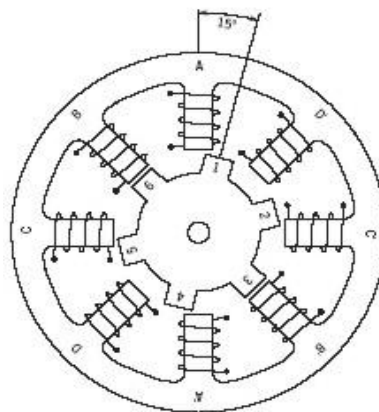


Figur 7.42: *Universal Motor ser i virkeligheten ut som en avansert sammenkobling [109].*

f) Switched Reluctance Motor

Dette er en motor som bygger på en litt annen prinsipp enn de foregående motorene. Her drives motor på grunnlaget av motstanden. Vi vet motstand i elektriske kretser forbruker energi, men i magnetiske felt vil en motstand lagre energi. En Switched Reluctance Motor drives av dreiemomentet som blir til av motstanden i det elektriske feltet. Istedenfor å levere energien til rotoren, vil den overføres direkte til statoren.

Selve drivmekanismen for Switched Reluctance Motor går ut på at statoren er dekket av vikledde feltspoler, mens rotoren er fri for viklinger. Ettersom det vil være forskjell mellom energitilførsel mellom statoren og rotoren vil det magnetiske motstanden levere strøm.

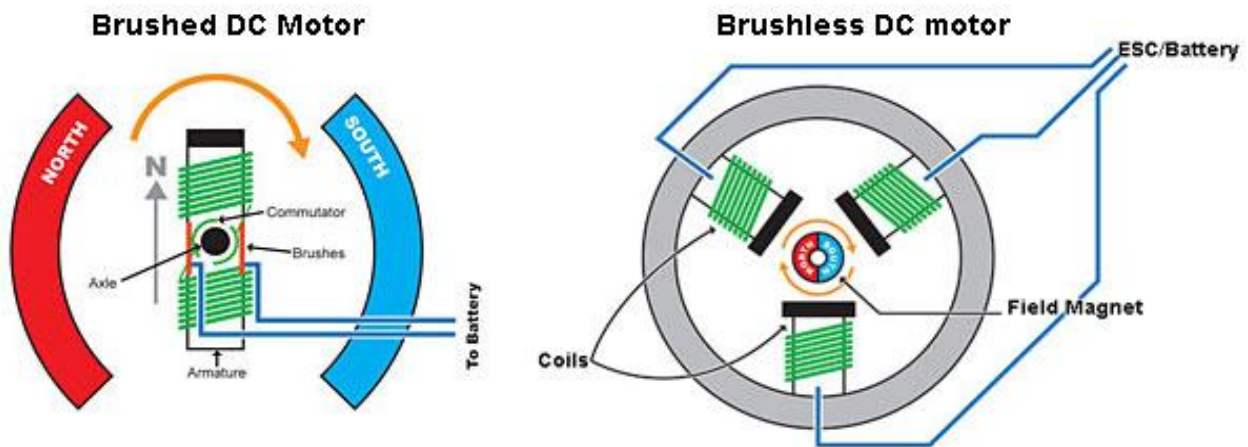


Figur 7.43: *SR-motoren har en enkel utforming med mange vikledde feltspoler [110].*

g) Brushless DC Motor

Brushless DC Motor er et alternativ som består av en synkron motor som bruker direkte strøm, og fører den gjennom en overføringsenhet og får vekselstrøm til å drive motoren. Vi får ikke en alternerende strømningsskurve, men den varierer i forskjellige retninger. De fleste overnevnte motorene består av børster i konstruksjonen, jamfør tidligere presentasjon av mekanikken i en elektrisk motor. En børsteløs motor ble utviklet senere, og med den kan man oppnå en mer jevn tilførsel av høy dreiemoment

uavhengig av hastigheten til rotoren. Mesteparten av de børsteløse motorene er basert på prinsippet med permanent magnet, men kan også oppgraderes til andre løsninger.



Figur 7.44: Sammenhengen mellom børste motorer og børsteløse motorer, børstene erstattes med et indre magnetfelt [111].

7.3.5 Oversikt over de elektriske motortypene

Ettersom vi nå har gått gjennom en del motortypen, som på enkelte områder kan overlape hverandre er det laget en tabell under som fremhever de enkelte motorenes fordeler og ulemper.

Tabell 7-15: Oversikt over motortypen.

Motortype	Fordeler	Ulemper
DC Seriemotor	Høyt start dreiemoment Ikke behov for reguleringsmekanisme	Kan være farlig når motoren er uten last Strømmen må kontrolleres Hastighetsgrense
Shunt DC-motor	Hastighetsregulering Ikke behov for reguleringsmekanisme	Lav start dreiemoment Vedlikehold
Compound DC-motor	Stabil hastighet Relativ høy dreiemoment ved oppstart Enkel konstruksjon	Kostbar
Permanent magnet	Lav driftskostnad Liten størrelse Mindre støy Enkel konstruksjon	Høy temperatur Lavere start dreiemoment enn seriemotor
Universalmotor	Liten størrelse Høy hastighet Høy dreiemoment ved oppstart	Kort levetid Vanskelig å vedlikehold Genereres ofte støy
Switched Reluctance-motor	Høy effektivitet Lang levetid Lav velikehold Høy dreiemoment ved oppstart	Støy ved lav hastighet Behov for reguleringsmekanisme

ELEKTRISK SCOOTER

Tabell 7-15: Forts.

Motorstype	Fordeler	Ulemper
Brushless DC-motor	Høy effektivitet Lang levetid Lav vedlikehold Høy dreiemoment ved oppstart	Høy kostnader Behov for reguleringsmekanisme

7.3.6 Vekting av de elektriske motortypene

Nedenfor er et utvelgelsesdiagram som viser vurdering av de forskjellige elektriske motortypene opp mot viktige seleksjonsdrivere.

Tabell 7-16: Seleksjonsdiagram for elektriske motortyper.

Egenskap (Vekting 1-3)	DC Serie Motor	Shunt DC Motor	Compound DC Motor	Permanent Magnet	Universal	SRM	Brushless DC Motor
Effektivitet	☺☺	☺☺	☺☺☺	☺	☺☺☺	☺☺☺	☺☺☺
Vedlikehold	☺☺	☺	☺☺	☺☺☺	☺	☺☺☺	☺☺☺
Vekt	☺☺	☺☺	☺☺	☺☺	☺☺	☺☺	☺☺☺
Støy	☺☺	☺☺	☺☺	☺☺☺	☺	☺	☺☺☺
Levetid	☺☺	☺☺	☺☺	☺☺☺	☺	☺☺☺	☺☺☺
Plasseringsmuligheter	☺☺	☺☺	☺☺	☺☺	☺☺	☺☺	☺☺☺
Kostnader	☺☺☺	☺☺☺	☺	☺☺☺	☺☺☺	☺☺☺	☺
Pris	☺☺	☺☺	☺	☺☺☺	☺☺	☺☺	☺☺
Sum	17 x ☺	16 x ☺	15 x ☺	20 x ☺	15 x ☺	19 x ☺	21 x ☺

7.3.7 Valg av motortype

Etter å ha satt opp en utvelgelsesdiagram kan vi sette opp denne rangeringen av motortypene.

Tabell 7-17: Rangering av motortyper.

Drivlinjealternativ	Rangering
Brushless DC Motor	1
Permanent Magnet	2
SRM	3
DC Seriemotor	4
Shunt DC Motor	5
Compound DC Motor	6
Universal Motor	7

Ut i fra denne rangeringen kan vi se at en børsteløs DC motor vil være det beste valget. Denne motoren får 21 av 24 mulig poeng, derav seks 3-poenger. Under utvelgelsesmatrisen kan vi se at det var flere motorer som fikk en god del poeng, og deriblant motoren med permanente magneter og SR-motoren

kunne være gode valg. Med en DC motor med permanente magneter kunne vi fått en litt enklere og mer robust løsning, den scorer godt på de fleste områdene. Lav dreiemoment ved oppstart gjør at mye av effektivitetspoengene ryker. Ettersom en scooter er relativt avhengig av at temperaturen holdes nøytral må vi droppe dette valget.

Hvis vi ser på SR-motoren er dette en motor som ligner mye på drivmekanismen inne i en børsteløs motor, som i noen tilfeller kan skaffes i denne varianten. Mye av problemet ligger i at det finnes flere andre alternativer som gir lav støynivå, og dette kan ikke kompenseres for ettersom et av holdepunktene for valg av elektrisk motor har vært faktoren med opp mot ingen støy.

Det viser seg at en børsteløs DC motor vil være en ideell løsning. Ikke bare scorer den høyt på utvelgelsesmatrisen, men prinsippet i motoren er ofte basert på permanente magneter, som havnet som nummer to på listen. Forskjellen er at her vil motoren være børsteløs, og man vil oppnå en større effektivitet, lavere støynivå og lengre levetid. Likevel må vi se på at en børsteløs motor vil kreve en kalibreringsenhet som ofte er en controller, dette vil gjøre den totale prisen på motoren høyere, og kan på lengre sikt gjøre driftskostnadene noe mer enn andre alternativer. Slik det ble nevnt under drøftningen av motoralternativene så er prisen noe en kan kompensere for ved kjøp av en elektrisk scooter, og gir oss et pusterom under utviklingsprosessen.



Figur 7.45: Innmaten i en børsteløs motor viser en kompakt utforming [112].

7.3.8 Valg av motor

Ettersom vi har valgt å gå videre med et drivlinjekonsept som er basert på navmotor, er mye av motorvalget basert på en type motor som vil kunne gi oss lavest mulig vekt og som kan plasseres på en mer portabel måte. Under motortype seleksjonen ble det valgt at vi skulle fokusere på børsteløse DC motorer, får vi innskrenket valget ytterligere. Etter å ha sett på forskjellige motorer vil en hubmotor være den ideelle motorkategorien vi skal lete etter på markedet. Nedenfor har vi sett på leverandøren av motoren før vi kommer inn på selve modellen vi har valgt.

a) Leverandør

For å velge en leverandør må vi vurdere noen forhold. Først og fremst er det ikke noe hemmelighet at ved kjøp av tekniske komponenter det vestlige markedet kan vise seg å være mye dyrere, enn alternativer fra enten Kina, Japan eller India. Mye av årsaken til dette er at ofte vil vestlige

komponentbedrifter fokusere mye mer på innovasjon, mens det i østlige er mer fokus på masseproduksjon og optimalisering.

Ved å ha disse tingene under vurdering må vi likevel velge ut pålitelige leverandører, som kan etablere et godt samarbeidsforhold på lang sikt. Her må man se ut om den aktuelle leverandøren har forretningsrelasjoner med andre i Norge eller andre skandinaviske land. Med et slikt relateringsforhold kan man både få informasjon om bedriftens væremåte, men også ved eventuelle konflikter ha andre klienter og rådføre seg med. Sammen med denne bakgrunnsanalysen må vi også noen praktiske forhold som sikrer betaling, levering og service innen rimelig tid.

Leverandøren vi har plukket ut er den kinesiske produsenten Hongshan EPR Institute Ltd. Dette er produsent som leverer det meste av teknisk utstyr til elektriske scootere. Dette er en leverandør som har blitt rekommandert til oss av andre aktører i Norge som har kjøpt scooter-utstyr. Leverandøren er også godt representert på nettsider for bulkhandel, og har fått gode tilbakemeldinger her.

b) Modell

Modellen vi har valgt er en en 13-tommers hub motor som yter en makseffekt på 3kW. Med denne modellen får vi en effektivitet på 85 %, og en maks stigningsvinkel på 20 grader. Motoren går under modellnummeret QS7230-13403, og er laget av materialet aluminium. Motoren veier 17,2 kg, og vil komme på rundt \$ 319 noe som vil utgjøre i underkant av 1900 kroner. Med denne modellen trenger vi en tilpasset controller som regulerer både strømtilgangen til motoren, men også kan regulere hastigheten. Dette gjøres med en medfølgende programvare. Hoanshan leverer en tilhørende controller som kan regulere effekten mellom 1500 til 4000 W, 50 til 100 A og en spenningsvariasjonen 48 V til 72 V. Dette passer godt til våre spesifikasjonsønsker.



Figur 7.46: Hubmotor, modellnr.: QS7230-13403 [112].

7.4 Andre komponenter

Etter å ha sett på de viktigste komponentene, deres løsningsalternativer og aktuelle typer har vi kjernen for scooteren. Selv om vi ikke skal detaljdesign scooteren har vi tenkt å velge ut komponenter som er vitale for å få et optimalt design. I den forbindelse har vi nedenfor presentert andre komponenter som er aktuelle, med henholdsvis beskrivelse av dem, leverandøren og valgt modell.

7.4.1 Bremsler

Bremsler er en viktig komponent, og omformer den kinetiske energien i hjulet til andre energiformer. Den kinetiske energien overkommes gjennom friksjon, og det finnes mange forskjellige typer bremsler for å gjøre denne jobben. Ofte omgjøres den kinetiske energien til varme, men moderne motorsystemer kan utnytte denne energien til andre nyttige formål. Slik vi nevnte under motordiskusjonen har vi valgt en motor med regenerativ drift. Denne metoden går ut på og omforme den kinetiske energien til elektrisk energi.

Virkemåten til en brems går ut på at når vi tar i bruk bremsen, som oftest har egen pedal, vil vi overføre friksjonsmotstand til bremseplatene. Bremseplatene blir presset mot hjulene, gjennom to klosser, som overfører friksjonskraften og motvirker den kinetiske energien hjulene har. Vi har tre hovedtyper bremsesystemer, friksjonsbremsler, pumpebremsler og elektromagnetiske bremsler. For elektriske kjøretøy vil elektromagnetiske bremsler, som går ut på friksjonsprinsippet forklart tidligere men ved bruk av magnetisk felt. Vi vil se innenfor disse typene [11].

a) Leverandør

For bremsesystemet for vår scooter velger vi å bruke en komponent som leveres av den amerikanske produsenten Vento Motorcycles USA. Dette er hovedsaklig en kjøretøyprodusent, som leverer deler til sine motorsykler og scootere. Etter samtale med produsenten viser det seg at deres løsning vil være blant de rimeligste for vårt scooterkonsept. Vento har sitt utspring i Carlifornia, og produserer de fleste komponentene utfra produksjonshallen deres i Texas. Leverandøren levere stor mengde utstyr relatert til tohjulede kjøretøy, og har fra 2003 fra å være blant USAs raskt voksende motorsykelprodusent blitt et godt varemerke. På grunn av den gode kvaliteten på deres produkter har de også fått godkjenning fra amerikanske trafikkmyndigheter.

b) Modell

Modellen på bremsesystemet som vi har valgt, er tatt direkte ut fra ett av Ventos scootertype. Denne typen har navnet Zip R3i, og vil kunne kombineres med motoren som er valgt for konseptet. Bremseplatene med en diameter på 160 mm, og tykkelse på 4 mm vil være ideellt for hjuldimensjonen.



Figur 7.47: Bremseplater for Vento Zip R3i [129].

7.4.2 Hjuloppheng - foran

Med hjuloppheng foran betyr at vi ser på hvordan forgaffelen er satt sammen med fjæring for fronthjulet. Dette opphenget settes sammen med rammekonstruksjonen, som vil bli diskutert litt senere. Det finnes mange typer hjuloppheng, og det kan fordeles mellom teleskopisk, telespak, dualspak og ensidet. Felles for disse opphengene er at de sørger for at unøwendig og belastende slag mot dekkpartiet taes opp. Energien blir dermed tatt opp og omformet til blant annet varme, og resten av kjøretøyet blir beskyttet mot belastningene.

Teleskopisk hjuloppheng har en hydraulisk virkemåte som bygger på demperør som hovedsaklig drives av oljesmøring. Disse rørene tar opp mye av belastningen veiforholdene forårsaker. Det teleskopiske hjulopphenget består av tre rør som er hoveddelene i komponenten. Når det kommer til telespak har den en ekstra tilkobling som vil koble svingarmen til konstruksjonen. Videre vil duospaken skille frontgaffelen fra rammekonstruksjonen, og denne adskillelsen beskytter resten av scooteren mot støt. Til slutt har vi ensidet hjuloppheng, og dette er en mekanisme som passer best til små kjøretøy. Her har vi en to-delskomponent som er koblet til den ene siden av hjulet. Dette kan gi ustabilitet under kjøring [130].

For dette scooterkonseptet velger vi å gå videre med en teleskopisk hjuloppheng. Dette fordi den ikke bare er enkel å kombinere med design, men også har en ganske stabil driftsmåte basert på hydraulikk.

a) Leverandør

Som leverandør for hjulopphenget foran har vi valgt å gå for en kinesisk produsent ved navn Ningbo Jiandong. Dette er produsent som har over 2000 artikler i produktregistrert, og leverer ikke bare komponenter til elektriske scootere men til andre kjøretøy også. Ettersom bedriften har avansert bredde i vareutvalget, kan de ofte levere komponenter som kan bli spesialdesignet til de enkeltes behov. Ettersom den mekaniske kompetansen er essensiell i deres salgsvirksomhet, er det mulig å få forsikret levetiden og sikkerheten til komponentene som velges fra dem. Selv om Ningbo Jiandong leverer hovedsaklig til vestlige land Amerika og Europa, men har all sin produksjon lokalisert i forretningsområdet Zhejiang i Kina.

b) Modell

Modellen vi velger er en sjelden variant av bedriftens fronthjulsoppheng, og produserer kun på etterspørsel. Modellnummerert på komponenten er RK-0435.



Figur 7.48: Deler av fronthjulsopphenget som drives på hydraulisk prinsipp [131].

7.4.3 Hjuloppheng - bak

Hjuloppheng på baksiden av scooteren er en annen viktig del av oppbygningen. Denne delen er først og fremst satt opp på en svingarm, som fungerer som holdpunkt og beskytter resten av scooteren mot slag og belastninger fra bakhjulet. Svingarmen kommer vi tilbake til under diskusjonene med design av kapsel og rammekonstruksjonen. I denne delen skal vi se på støtdempere, og valg av riktig type for scooterkonseptet.

Når det kommer til et ordentlig hjuloppheng for bakhjulet ble ikke dette ordentlig introdusert for tohjulede kjøretøy før etter første verdenskrig. Vi kan ha mange type støtdempere, der vi kan kategorisere dem som vanlige støtdempere, dual-shock og mono-shock. En støtdemper går ut på at den skal øke komforten for forbrukeren, og gir mer jevn og stabil kjøretur. I en vanlig støtdemper har vi en vanlig hydraulisk rør, som er dekket av en fjær. Meningen med en slik oppsetning er at den kan ta opp både kraftige støt, og litt mer moderate slag. Støtdemper som blir tilpasset for mer sportsykler som motorcross, har noe som heter dual-shock. Her har man to støtdempere. Videre vil man på moderne design finne noe som heter mono-shock. Her har man en støtdemper som kobler svingarmen med rammen. Med en mono-shock får man en mer stabil og raskere svigning, og gjør styringen enklere.

Innenfor støtdemper har man også en del typer. En støtdemper skal konvertere den kinetisk energien som blir til ved slag til andre energiformer. Det kan gjøres på flere måter. En av dem er ved bruk av hysteresi i elastiske materialer som gummi. Dette er en av de mer enkle og vanlige metodene, Man kan også bruke metoden med bremseplater jfr. tidligere diskusjon. Dette vil kreve mer plass og oppsetningsarbeid. Vi har også muligheten og gjøre dette med væske i hydraulisk løsning samt magneter, men disse metodene er mindre vanlige på grunn av deres kompleksitet. Dermed går vi for mono-shock, basert på hystereseprinsipp [132].

a) Leverandør

Leverandøren for denne komponenten er også basert i Kina, og leverer støtdemperer til alle slags tohjulinger. Bedriften DNM satser på dempesystemer og startet opp i 1976 og spesialiserte seg på det asiatiske markedet. I løpet av de siste årene har de også etablert kontorer i Italia og Brasil, som har sine egne produksjonslinjer. På grunnlag av deres nære tilstedeværelse vil dette være en ideell samarbeidspartner, og samtidig som de har et bredt utvalg av støtdempere er de kapabel for å levere komponenter som er rik på kvalitet.

b) Modell

For å velge en eksakt modell av støtdemperen er det viktig å ha riktig størrelse, som passer til svingarmen. Vi velger derfor å velge modelltypen MT-RC2. Støtdempertakten er spesifisert til å være 90 mm.



Figur 7.49: *Støtdemper av MT-RC-klassen [133].*

7.4.4 Dekk

Valget av dekk er viktig ettersom det er mange forhold som må vurderes. I vår tilfelle er felgstørrelsen definert, med tanke på en 13 tommers motor som skal passe inn i dekket. Videre må noen andre forhold også diskuteres der blant annet komforten er viktig. Med tanke på at vi plasserer motoren vår i dekket er det viktig at dekket tåler noen belastninger som for eksempel veidumper og andre ujevnheter. Hvis vi har en god breddet på dekket vil den kunne ha bredere bakkekontakt og bedre grep på veibanen. Videre vil dette veigrepet også være avhengig hva slags gummiutforming vi har. Riktig dekkbredde vil altså øke stabiliteten til scooteren under kjøring i ujevne veibaner [4,11].

I tillegg til komforten er også vedlikehold og håndterbarheten viktig. Det må være enkelt å kunne fastslå at dekket har god nok dekkdybde, og vedlikeholdet defineres ofte ved muligheten for vasking, utskiftning og tilgangen til luftpåfyllingsåpning.

Med tanke på overnevnte faktorer har vi sjekket ulike mopedløsninger. Vi har dermed kommet frem til at et dekk med størrelsen 130/60-13 er det optimale, og levert av produsenten Maxima. Denne betegnelsen forteller oss at vi har en dekkbredde på 130 mm, med en felgavstnd på 60 % av bredden. Dekktypen avslutter med å merke at den passer for en 13-tommers felg. Når det kommer til aktuell leverandør og modell har vi ikke kommet inn på dette, ettersom dekk er et produkt som er av mer vanlig karakter og som ikke trenger nærmere utredning.



Figur 7.50: *Dekkmodellen 130/60-13 produsert av Maxima [134].*

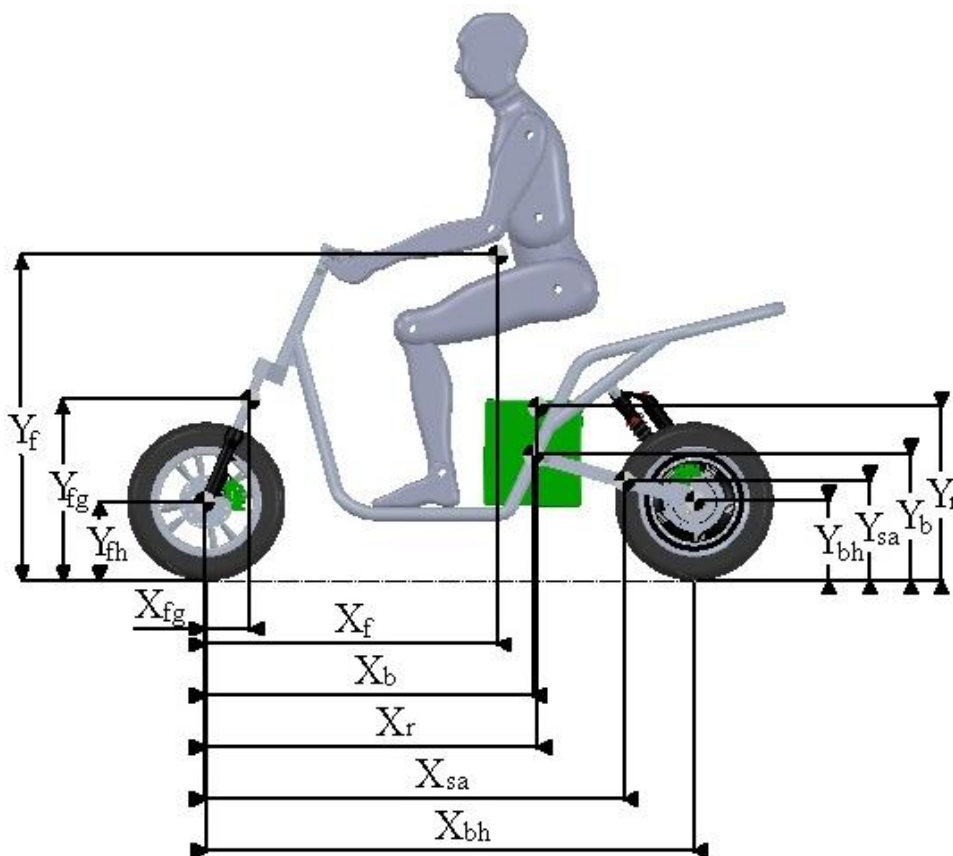
8 GRUNNLAGSBEREGNINGER

Etter å ha vurdert viktige komponenter og drivmekanismer i scooteren, skal vi se litt nærmere på de tekniske holdepunktene. Vi presenterer kun enkle modeller og beregninger, der mange av forutsetningene er forhåndsbestemte. Fordelen med slike beregninger er at vi ved senere designarbeid kan både simulere og analysere rammekonstruksjonen. Disse simulasjonene vil da kunne grovt kontrolleres basert på beregningene gjort under dette kapitlet. Den forenklede modellen presenteres i form av en bjelke og representerer rammen, svingarmen og forgaffelen. I kalkulasjonsdelen har vi tatt for oss tyngdepunktseberegning, mopedens geometri med tanke på vinkler og forskyvning, hjulbelastninger både statisk og dynamisk og batterikapasiteten.

8.1 Forutsetninger

8.1.1 Dimensjoner

Ved å basere oss på referanemodellen velger vi ut dimensjoner for beregningen av tyngdepunktet. Generelt legger vi som grunnlag en total lengde for mopeden på rundt 1414 mm, og en total vekt på 120 kg. Dette er tall som er valgt ut ifra gjennomsnittet av de konkurrerende løsningene vi har kommet over tidligere.



Figur 8.1: Illustrasjon av systemets tyngdepunkt, basert på komponentenes plassering.

ELEKTRISK SCOOTER

Tabell 8-1: Symboler og størrelser for massen og avstanden til tyngdepunktet (TP) for ulike komponenter

Komponenter	Masse-symbol	Masse-verdi	X-symbol	X-avstand til TP	Y-symbol	Y-avstand til TP
Forhjul	m_{fh}	8 kg	X_{fh}	0 mm	Y_{fh}	243,1 mm
Bakhjul	m_{bh}	20 kg	X_{bh}	1414,1 mm	Y_{bh}	243,1 mm
Ramme	m_r	12,6 kg	X_r	954,5 mm	Y_r	505,3 mm
Forgaffel	m_{fg}	4,3 kg	X_{fg}	127,4 mm	Y_{fg}	507,5 mm
Svingarm	m_{sa}	2 kg	X_{sa}	1212,1 mm	Y_{sa}	304,9 mm
Batteri	m_b	30 kg	X_b	953 mm	Y_b	373,2 mm
Fører	m_f	80 kg	X_f	851,2 mm	Y_f	981,5 mm

Tabell 8-2: Antatte generelle mål

Generelt:		
Hjul-til.hjul avstand	L	1414,1 mm
Total vekt u/fører	$m_{u/f}$	120 kg
Total vekt m/fører	m_{tot}	200 kg

Videre har undersøkelser av forskjellige rammetyper vist at en rørtykkelse på 5 mm vil være ideelt med tanke på styrke. Vi må også operere med en total rørdiameter på 40 mm, på en hulformet aluminiumsrør til rammen. Dermed kan vi sette på indre diameter på 30 mm, og en ytre diameter på 40 mm.

8.1.2 Hjulgeometri

Fastsettelsen av vinklevariablene er viktig. Castervinkelen er en vinkelforskyvning fra en vertikal linje som går igjennom hjulets senter. Innstillingen på den skal gi bedre styring og bedre balanse. Denne vinkelen varierer for ulike typer tohjulede kjøretøy. Ofte brukes det en vinkel på rundt 19° til opp mot 24° for enkle kjøretøy, men for sportsykler og tunge kjøretøy kan den settes opp mot 34° . For konstruksjonen kan små vinkler skape mer belastning, siden den enklere kan deformeres. Etter å ha sett en utredning av Vitore Cossalter i boka *Motorcycle Dynamics* og sammenlignet med referansemodellen vil en castervinkel på 23° være et godt valg for en scooter. I samme oppsetning kan man beregne hodevinkelen H, som viser samme vinkelforhold bare med horisontalplanet og vil i dette tilfelle utgjøre $H = (90^\circ - C) = 67^\circ$. I denne konstruksjonen vil gaffelforskyvningen ikke gies mye oppmerksomhet, da det er vanlig å kategorisere den som 0 mm. Hjulradiusen er definert ut ifra dekket som tilpasses motoren på 13 tommer (330,2 mm). Dekkdimensjonen er 130/60, og gir oss en hjulradius på 243,1 mm [13].

Dette beregnes slik:

$$R = (130 \cdot 0,6) \cdot 2 + 330,2 = 243,1 \text{ mm}$$

Dermed har vi følgende data for beregningen:

$$\text{Castervinkel (C)} = 23^\circ$$

ELEKTRISK SCOOTER

$$\text{Hodevinkel (H)} = (90^\circ - C) = 67^\circ$$

$$\text{Gaffelforskyvning (GO)} = 0 \text{ mm}$$

$$\text{Hjulradius (R)} = 243.1 \text{ mm}$$

8.1.3 Hjulbelastning

Under beregningen tar vi utgangspunkt i at maks kjørehastighet vil være 45 km/t, som controlleren programmerer for å gi, og som regulert gjennom lovmessige forhold. Vi bruker to sekunder som stoppetid under bremsing, ettersom dette er sikker tidsantakelse i trafikken og brukes for å holde distanse til kjøretøy foran deg.

Når det kommer til maks akselerasjon, har vi definert det som 0,5g, slik at vi ikke får en negativbelastning på hjulene. Man kan ikke tilføre mer drivkrefter på drivhjulet enn at hele tyngden på mopeden hviler på bakhjulet. Vi estimerer derfor 0,5 g som akselerasjonen som medfører at hele tyngden hviler på bakhjulet.

Støtdempermodellen for hjulopphenget foran har gitt oss data om en støtdempertakt på $S = 75$ mm, og $S = 90$ mm for bakhjulesdemperen. Videre ble støtvinkelen P og støtdempervinkelen U definert ut ifra ønsket designløsning. Disse ble definert som $P = 30^\circ$ og $U = 54,5^\circ$. Videre har vi definert en veikanthøyde på $h = 225$ mm, som er like under hjulradiusen.

8.1.4 Effektberegning

Nødvendig minste motoreffekt ved jevn maksimalhastighet er:

$$P_w = \text{Effekt til å overvinne rullemotstand } (P_{r0}) + \text{Effekt til å overvinne luftmotstand } (P_L) + \text{Effekt til å overvinne stigningsmotstand } (P_{st})$$

Rullemotstand er en viktig spesifikasjon for dekkene, og for scooter og andre tohjulinger defineres det ofte i litteraturen om en rullemotstandskoeffisient på 0,010- 0,015. Vi velger oss en middelvei på $f = 0,013$.

For aerodynamisk kalkulasjon må vi også definere luftmotstandskoeffisienten C_w , og frontarealet som er drøftet ytterligere i kap. X Design. C_w beregnes ut ifra hva slags form scooteren har. Motorsykler definerer den som rundt 0,5-1 og vi definerer den til å ligge på ca. 0,6 for å få en grov kalkulasjonsgrunnlag. Når det kommer til frontarealet definerer blant annet Vespa på sine forskningssider at de går ut ifra $A \approx 0,8 \text{ m}^2$, og for å være på den sikre siden setter vi den til $A = 1 \text{ m}^2$. Videre er tettheten til luft satt $\rho = 1,202 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Stigningsvinkel har vi satt til $\alpha = 2^\circ$.

8.1.5 Batteri

Motorspesifikasjonene er gitt fra leverandør til å være

Ytelse: 2000 W

Spenning: 60V

8.2 Tyngdepunktplassering

Under tidligere diskusjon om batterplasseringen ble tyngdepunktets betydning nevnt. Vi brukte grove anslag for plasseringen ved hjelp av CAD-programmet SolidWorks, og valgte kombinasjonsløsningen. For å få en mer eksakt plassering av tyngdepunktet beregner vi den matematisk. Selve beregningen tar utgangspunkt i tyngdepunktet til komponentene, som dermed legger grunnlaget for systemets tyngdepunktplassering.

Følgende to likninger benyttes for beregning av X og Y-koordinatene for mopedens TP:

$$X_{cg} = \frac{1}{m_{tot}} \sum_i^n m_i X_i \quad (1)$$

$$X_{cg} = (m_{fh} \cdot X_{fh} + m_{bh} \cdot X_{bh} + m_r \cdot X_r + m_{fg} \cdot X_{fg} + m_{sa} \cdot X_{sa} + m_b \cdot X_b + m_f \cdot X_f) / (m_{fh} + m_{bh} + m_r + m_{fg} + m_{sa} + m_b + m_f)$$

$$Y_{cg} = \frac{1}{m_{tot}} \sum_i^n m_i Y_i \quad (2)$$

$$Y_{cg} = (m_{fh} \cdot Y_{fh} + m_{bh} \cdot Y_{bh} + m_r \cdot Y_r + m_{fg} \cdot Y_{fg} + m_{sa} \cdot Y_{sa} + m_b \cdot Y_b + m_f \cdot Y_f) / (m_{fh} + m_{bh} + m_r + m_{fg} + m_{sa} + m_b + m_f)$$

Ved å ha disse verdiene kan vi sette opp likningene med fører:

$$X_{cg} = (8 \times 0 + 20 \times 1414,1 + 12,6 \times 954,5 + 4,3 \times 127,4 + 2 \times 1212,1 + 30 \times 953 + 80 \times 851,2) / (8 + 20 + 12,6 + 4,3 + 2 + 30 + 80)$$

$$X_{cg} = \frac{139966,72}{156,9} = \mathbf{892,1 \text{ mm}}$$

$$Y_{cg} = (8 \times 243,1 + 20 \times 243,1 + 12,6 \times 505,3 + 4,3 \times 507,5 + 2 \times 304,9 + 30 \times 373,2 + 80 \times 981,5) / (8 + 20 + 12,6 + 4,3 + 2 + 30 + 80)$$

$$Y_{cg} = \frac{105681,6}{156,9} = \mathbf{673,6 \text{ mm}}$$

Dette kan videreføres også for koordinatene til tyngdepunktet uten fører:

$$X_{cg} = (8 \times 0 + 20 \times 1414,1 + 12,6 \times 954,5 + 4,3 \times 127,4 + 2 \times 1212,1 + 30 \times 953) / (8 + 20 + 12,6 + 4,3 + 2 + 30)$$

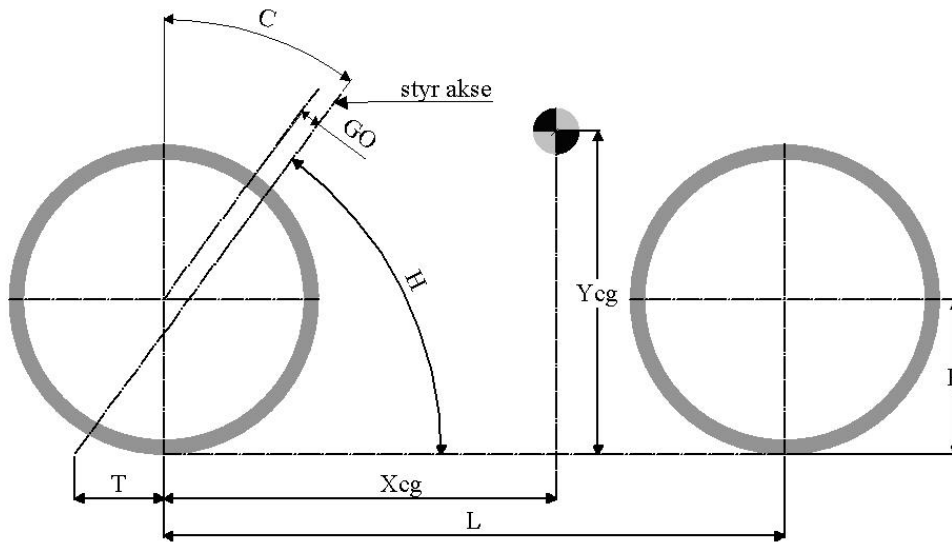
$$X_{cg} = \frac{71870,7}{76,9} = 934,6 \text{ mm}$$

$$Y_{cg} = \frac{8 \times 243,1 + 20 \times 243,1 + 12,6 \times 505,3 + 4,3 \times 507,5 + 2 \times 304,9 + 30 \times 373,2}{8 + 20 + 12,6 + 4,3 + 2 + 30}$$

$$Y_{cg} = \frac{27161,6}{76,9} = 353,2 \text{ mm}$$

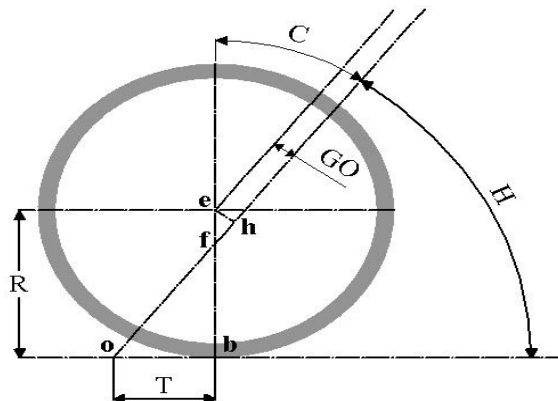
8.3 Hjulgeometri

I forhold til kjørekomfort og stabiliteten er hjulets geometriske parametrene svært viktig - hjulgeometri omfatter viktige lengde- og vinkelmålinger av scooterens hjul. Figuren nedenfor vises de viktigste geometriske parameterene:



Figur 8.2: Diagrammessig (skjematisk) fremstilling av mopedens geometri

I denne sammenheng kan vi nevne at trail (T) står for er horisontale avstanden mellom skjæringspunktet til styreaksen og til et punkt på bakken der det fremre hjulet treffer bakken [171].



Figur 8.3: Nærmere illustrasjon av mopedens hjulgeometri.

Dette beregnes slik:

$$T = \tan(C) \cdot bf$$

$$bf = R - ef$$

$$ef = \frac{eh}{\sin(C)}$$

$$bf = R - \left(\frac{eh}{\sin(C)} \right)$$

$$T = \tan(C) \cdot R - \left(\frac{eh}{\sin(C)} \right) = \tan(C) \cdot R - \left(\frac{GO}{\sin(C)} \right)$$

Basert på overnevnte likninger og data får vi:

$$T = \tan(C) \cdot R - \left(\frac{GO}{\sin(C)} \right) = \tan 23^\circ \cdot 243,1 - \left(\frac{0}{\sin 23} \right)$$

$$T = 103,2 \text{ mm}$$

8.4 Hjulbelastning

Vi vil nå se på hvordan scooterkonstruksjonens belastning taes opp av hjulene. Vi ser dette både statisk og dynamisk.

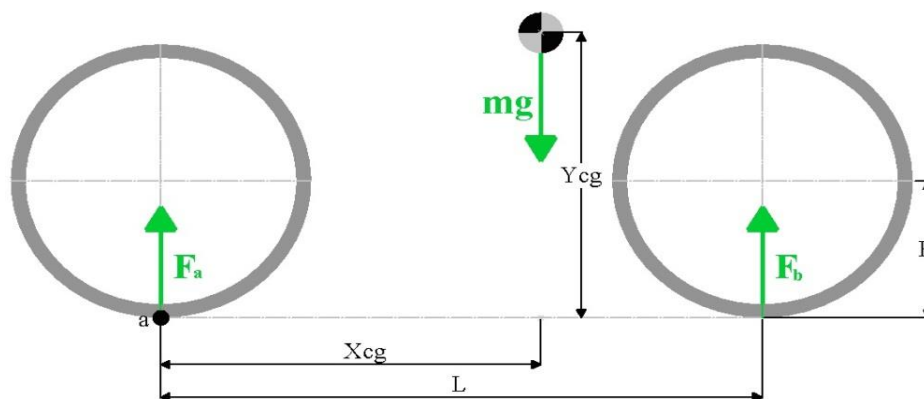
8.4.1 Statisk

Når scooteren er i statisk tilstand vil belastning på tyngdepunktet bli fordelt på hjulene.

Før vi beregner setter opp momentlikningene kan vi sette opp følgende data:

F_a = Belastning på forhjul i statisk tilstand

F_b = Belastning på bakhjul i statisk tilstand



Figur 8.4: *Kreftene ved statisk tilstand.*

ELEKTRISK SCOOTER

Dermed blir momentlikningen slik:

$$\curvearrowright \sum M_a = 0$$

$$m_{tot} \cdot g \cdot X_{cg} - F_b \cdot L = 0$$

$$F_b = \frac{m_{tot} \cdot g \cdot X_{cg}}{L} = \frac{200 \cdot 9,81 \cdot 0,8921}{1,4141} = \mathbf{1237,8 \text{ N}}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_a = m_{tot} \cdot g - F_b$$

$$F_a = 200 \cdot 9,81 - 1237,8 = \mathbf{724,2 \text{ N}}$$

Vi setter opp treghetsmomentet:

$$I = \frac{\pi}{64}(D^4 - D_o^4) \quad (3)$$

$$I = \frac{\pi}{64}(0,04^4 - 0,03^4) = 8,59 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

Følgende to likninger benyttes for beregning av differensiallikning for elastisk linje:

$$F = m \cdot a \quad (4)$$

$$M = F \cdot x \quad (5)$$

Vi snitter til høyre for CG punktet og ser på venstre del

$$M < x > = F_a \cdot x - m_{tot} \cdot g < x - 0,8921 >$$

Vi setter opp den differensiallikning for den elastiske linjen for å beregne den statiske nedbøyningen:

$$\ddot{y} = \frac{-M}{EI} \quad (6)$$

$$EI\ddot{y} = -M < x >$$

$$EI\ddot{y} = -F_a \cdot x + m_{tot} \cdot g < x - 0,8921 >$$

$$EI\dot{y} = -\frac{F_a}{2} \cdot x^2 + \frac{m_{tot} \cdot g}{2} < x - 0,8921 >^2 + c_1$$

$$EIy = -\frac{F_a}{6} \cdot x^3 + \frac{m_{tot} \cdot g}{6} < x - 0,8921 >^3 + c_1x + c_2$$

Når $x = 0$ så $y = 0$

ELEKTRISK SCOOTER

$$c_2 = 0$$

Når $x = 1,4141m$ så $y = 0$

$$0 = -\frac{F_a}{6} \cdot x^3 + \frac{m_{tot} \cdot g}{6} \langle x - 0,8921 \rangle^3 + c_1 x$$

$$0 = -\frac{724,3}{6} \cdot 1,4141^3 + \frac{200 \cdot 9,81}{6} \langle 1,4141 - 0,8921 \rangle^3 + 1,4141x$$

$$c_1 = 208,5$$

$$EIy = -\frac{F_a}{6} \cdot x^3 + \frac{m_{tot} \cdot g}{6} \langle x - 0,8921 \rangle^3 + 208,5x$$

Størst nedbøyning (x) ved:

$$\dot{y} = 0$$

$$EI\dot{y} = -\frac{F_a}{2} \cdot x^2 + \frac{m_{tot} \cdot g}{2} \langle x - 0,8921 \rangle^2 + 208,5 = 0$$

$$-\frac{724,3}{2} \cdot x^2 + \frac{200 \cdot 9,81}{2} \langle x - 0,8921 \rangle^2 + 208,5 = 0$$

$$-362,2 \cdot x^2 + 891 x^2 - 1750,3x + 780,7 + 208,5 = 0$$

$$618,85x^2 - 1750,3x + 989,2 = 0$$

$$x = 0,7804 m = 780,4 mm$$

Dette gir maks nedbøyning på:

$$EIy = -\frac{724,3}{6} \cdot 0,7804^3 + 0 + 208,5 \cdot 0,7804$$

$$y = \frac{-57,4 + 162,7}{EI} = \frac{105,3}{7,2 \cdot 10^{10} \cdot 8,59 \cdot 10^{-8}} = 0,017m = \mathbf{17 mm}$$

Ved hjelp av dette kan vi sette opp den største bøyespenningen vi kan ha i statisk tilstand:

$$\sigma_b = \frac{M}{W} \quad (7)$$

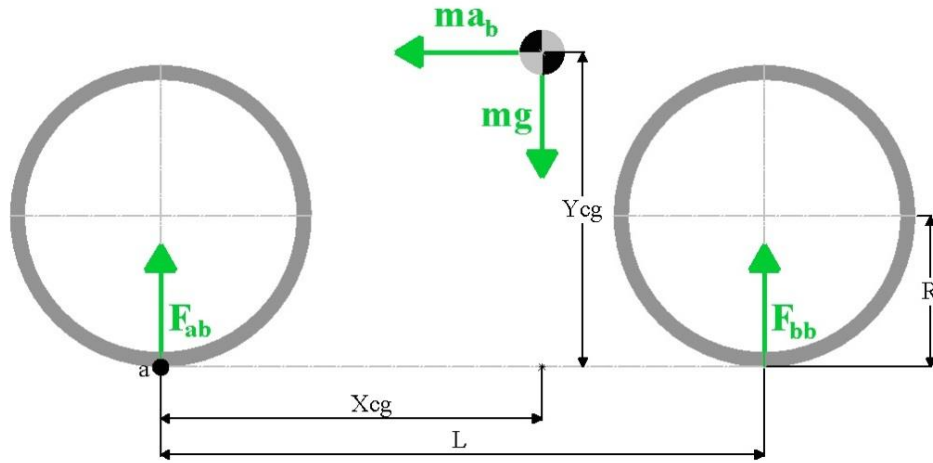
$$\sigma_{bmaks} = \frac{M}{W} = \frac{F_a \cdot X_{cg} \cdot y}{I} = \frac{724,2 \cdot 892,1 \cdot 20}{85902,9} = \mathbf{150,4 N/mm^2}$$

8.4.2 Dynamisk

Vi ser nå på mer realistiske forhold, og har ser vi nærmere på hva som skjer ved bremsing og akselerasjon.

a) Bremsing

Belastningsfordeling til hjulene ved bremsetilstand blir endret fra statisk tilstand når scooteren er i bevegelse. Avhengig av bremseakselerasjon vil en del av massen forflyttes til forhjulet ved bremsing .



Figur 8.5: *Kreftene ved dynamisk tilstand ved bremsing.*

Akselerasjonen blir satt slik, for videre beregning:

$$v = v_0 - at \quad (8)$$

$$a_b = \frac{v_{maks}}{S_t} = \frac{45}{3,6 * 2} = 6,25 \text{ m/s}^2$$

Vi setter opp momentlikningene:

$$\curvearrowleft \sum M_a = 0$$

$$-m_{tot} \cdot g \cdot X_{cg} + F_{bb} \cdot L + m_{tot} \cdot a_b \cdot Y_{cg} = 0$$

$$F_{bb} = \frac{m_{tot} \cdot g \cdot X_{cg} - m_{tot} \cdot a_b \cdot Y_{cg}}{L} = \frac{m_{tot}(g \cdot X_{cg} - a_b \cdot Y_{cg})}{L}$$

$$F_{bb} = \frac{200(9,81 \cdot 0,8921 - 6,25 \cdot 0,6736)}{1,4141} = 642,3 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{ab} = m_{tot} \cdot g - F_{bb}$$

$$F_{ab} = 200 \cdot 9,81 - 642,3 = 1319,7 \text{ N}$$

Vi snitter til høyre for CG punktet og ser på venstre del

$$M < x > = F_{ab} \cdot x - m_{tot} \cdot g < x - 0,8921 > - m_{tot} \cdot a_b \cdot Y_{cg} < x - 0,8921 >^0$$

ELEKTRISK SCOOTER

Vi setter opp differensiallikning for den elastiske linjen for dette tilfellet:

$$\dot{y} = \frac{-M}{EI} \quad (6)$$

$$EI\ddot{y} = -M \langle x \rangle$$

$$EI\ddot{y} = -F_{ab} \cdot x + m_{tot} \cdot g \langle x - 0,8921 \rangle + m_{tot} \cdot a_b \cdot Y_{cg} \langle x - 0,8921 \rangle^0$$

$$EI\dot{y} = -\frac{F_{ab}}{2} \cdot x^2 + \frac{m_{tot} \cdot g}{2} \langle x - 0,8921 \rangle^2 + m_{tot} \cdot a_b \cdot Y_{cg} \langle x - 0,8921 \rangle^1 + c_1$$

$$EIy = -\frac{F_{ab}}{6} \cdot x^3 + \frac{m_{tot} \cdot g}{6} \langle x - 0,8921 \rangle^3 + \frac{m_{tot} \cdot a_b \cdot Y_{cg}}{2} \langle x - 0,8921 \rangle^2 + c_1 x + c_2$$

Når $x = 0$ så $y = 0$

$$c_2 = 0$$

Når $x = 1,4141m$ så $y = 0$

$$0 = -\frac{F_{ab}}{6} \cdot x^3 + \frac{m_{tot} \cdot g}{6} \langle x - 0,8921 \rangle^3 + \frac{m_{tot} \cdot a_b \cdot Y_{cg}}{2} \langle x - 0,8921 \rangle^2 + c_1 x$$

$$0 = -\frac{1319,7}{6} \cdot 1,4141^3 + \frac{200 \cdot 9,81}{6} \langle 1,4141 - 0,8921 \rangle^3 + \frac{200 \cdot 6,25 \cdot 0,6736}{2} \langle 1,4141 - 0,8921 \rangle^2 + c_1 \cdot 1,4141$$

$$0 = -622 + 46,5 + 114,7 + c_1 \cdot 1,4141$$

$$c_1 = 325,8$$

$$EIy = -\frac{F_{ab}}{6} \cdot x^3 + \frac{m_{tot} \cdot g}{6} \langle x - 0,8921 \rangle^3 + \frac{m_{tot} \cdot a_b \cdot Y_{cg}}{2} \langle x - 0,8921 \rangle^2 + 325,8x$$

Størst nedbøyning (x) får vi ved:

$$\dot{y} = 0$$

$$EI\dot{y} = -\frac{F_{ab}}{2} \cdot x^2 + \frac{m_{tot} \cdot g}{2} \langle x - 0,8921 \rangle^2 + m_{tot} \cdot a_b \cdot Y_{cg} \langle x - 0,8921 \rangle^1 + 325,8 = 0$$

$$-\frac{1319,7}{2} \cdot x^2 + \frac{200 \cdot 9,81}{2} \langle x - 0,8921 \rangle^2 + 200 \cdot 6,25 \cdot 0,6736 \langle x - 0,8921 \rangle^1 + 325,8 = 0$$

$$321,2x^2 - 908,3x + 355,4 = 0$$

$$x = 0,469 m = 469 mm$$

Dette gir maks nedbøyning på:

$$EIy = -\frac{1319,7}{6} \cdot 0,469^3 + 0 + 0 + 325,8 \cdot 0,469$$

$$y = \frac{-22,7 + 152,8}{EI} = \frac{130,1}{7,2 \cdot 10^{10} \cdot 8,59 \cdot 10^{-8}} = 0,021m = \mathbf{21 \text{ mm}}$$

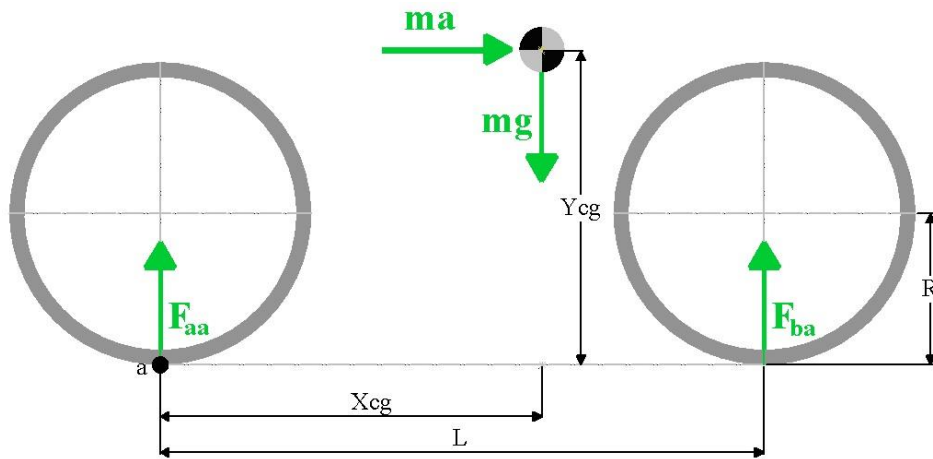
Dermed får vi spenningen:

$$\sigma_b = \frac{M}{W} \quad (7)$$

$$\sigma_{bmaks} = \frac{M}{W} = \frac{F_{ab} \cdot X_{cg} \cdot y}{I} = \frac{1319,7 \cdot 892,1 \cdot 20}{85902,9} = \mathbf{274,1 \text{ N/mm}^2}$$

b) Akselerasjon

Ved akselerering vil en del av massen forflyttes til bakhjulet, dette er i motsetning til det som hender ved bremsetilstand.



Figur 8.6: *Kreftene ved dynamisk tilstand ved akselerering.*

Dermed får vi kreftene:

$$\curvearrowright \sum M_a = 0$$

$$-m_{tot} \cdot g \cdot X_{cg} + F_{ba} \cdot L - m_{tot} \cdot a \cdot Y_{cg} = 0$$

$$F_{ba} = \frac{m_{tot} \cdot g \cdot X_{cg} + m_{tot} \cdot a \cdot Y_{cg}}{L} = \frac{m_{tot}(g \cdot X_{cg} + a \cdot Y_{cg})}{L}$$

$$F_{ba} = \frac{200(9,81 \cdot 0,8921 + 4,905 \cdot 0,6736)}{1,4141} = \mathbf{1705 \text{ N}}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{aa} = m_{tot} \cdot g - F_{ba}$$

ELEKTRISK SCOOTER

$$F_{aa} = 200 \cdot 9,81 - 1705 = 257 \text{ N}$$

Vi snitter til høyre for CG punktet og ser på venstre del:

$$M \langle x \rangle = F_{aa} \cdot x - m_{tot} \cdot g \langle x - 0,8921 \rangle + m_{tot} \cdot a \cdot Y_{cg} \langle x - 0,8921 \rangle^0$$

Dermed kan vi sette opp den elastiske linjen:

$$\ddot{y} = \frac{-M}{EI} \quad (6)$$

$$EI\ddot{y} = -M \langle x \rangle$$

$$EI\dot{y} = -F_{aa} \cdot x + m_{tot} \cdot g \langle x - 0,8921 \rangle - m_{tot} \cdot a \cdot Y_{cg} \langle x - 0,8921 \rangle^0$$

$$EI\dot{y} = -\frac{F_{aa}}{2} \cdot x^2 + \frac{m_{tot} \cdot g}{2} \langle x - 0,8921 \rangle^2 - m_{tot} \cdot a \cdot Y_{cg} \langle x - 0,8921 \rangle^1 + c_1$$

$$EIy = -\frac{F_{aa}}{6} \cdot x^3 + \frac{m_{tot} \cdot g}{6} \langle x - 0,8921 \rangle^3 - \frac{m_{tot} \cdot a \cdot Y_{cg}}{2} \langle x - 0,8921 \rangle^2 + c_1x + c_2$$

Når $x = 0$ så $y = 0$

$$c_2 = 0$$

Når $x = 1,4141\text{m}$ så $y = 0$

$$0 = -\frac{F_{aa}}{6} \cdot x^3 + \frac{m_{tot} \cdot g}{6} \langle x - 0,8921 \rangle^3 - \frac{m_{tot} \cdot a \cdot Y_{cg}}{2} \langle x - 0,8921 \rangle^2 + c_1x$$

$$0 = -\frac{257}{6} \cdot 1,4141^3 + \frac{200 \cdot 9,81}{6} \langle 1,4141 - 0,8921 \rangle^3 - \frac{200 \cdot 4,905 \cdot 0,6736}{2} \langle 1,4141 - 0,8921 \rangle^2 + c_1 \cdot 1,4141$$

$$0 = -121 + 46,5 - 90 + c_1 \cdot 1,4141$$

$$c_1 = 116,4$$

$$EIy = -\frac{F_{aa}}{6} \cdot x^3 + \frac{m_{tot} \cdot g}{6} \langle x - 0,8921 \rangle^3 - \frac{m_{tot} \cdot a \cdot Y_{cg}}{2} \langle x - 0,8921 \rangle^2 + 116,4x$$

Størst nedbøyning (x) får vi ved:

$$\dot{y} = 0$$

$$EI\dot{y} = -\frac{F_{aa}}{2} \cdot x^2 + \frac{m_{tot} \cdot g}{2} \langle x - 0,8921 \rangle^2 - m_{tot} \cdot a \cdot Y_{cg} \langle x - 0,8921 \rangle^1 + 116,4 = 0$$

$$-\frac{257}{2} \cdot x^2 + \frac{200 \cdot 9,81}{2} \langle x - 0,8921 \rangle^2 - 200 \cdot 4,905 \cdot 0,6736 \langle x - 0,8921 \rangle^1 + 116,4 = 0$$

$$852,5x^2 - 2411,1x + 1486,6 = 0$$

$$x = 0,9082 \text{ m} = 908,2 \text{ mm}$$

Dette gir maks nedbøyning på:

$$EIy = -\frac{257}{6} \cdot 0,9082^3 + \frac{200 \cdot 9,81}{6} < 0,9082 - 0,8921 >^3 - \frac{200 \cdot 4,905 \cdot 0,6736}{2} < 0,9082 - 0,8921 >^2 + 116,4 \cdot 0,9082$$

$$EIy = -32,1 + 1,36 \cdot 10^{-3} - 0,086 + 105,7$$

$$y = \frac{73,55}{EI} = \frac{73,55}{7,2 \cdot 10^{10} \cdot 8,59 \cdot 10^{-8}} = 0,012 \text{ m} = \mathbf{12 \text{ mm}}$$

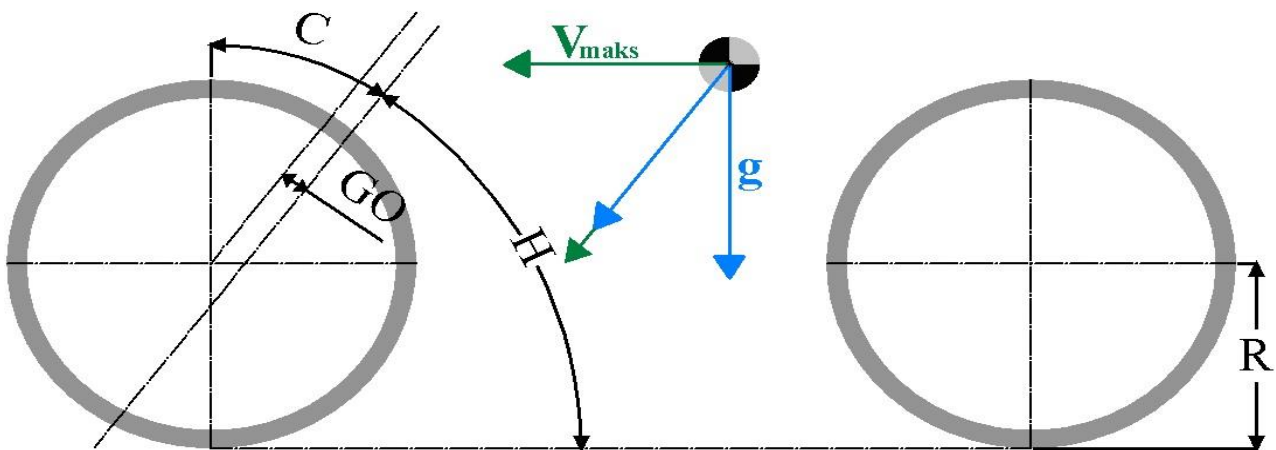
Den største bøyespenningen blir her:

$$\sigma_b = \frac{M}{W} \tag{7}$$

$$\sigma_{bmaks} = \frac{M}{W} = \frac{F_{ba} \cdot X_{cg} \cdot y}{I} = \frac{1705 \cdot 522 \cdot 20}{85902,9} = \mathbf{207,2 \text{ N/mm}^2}$$

8.5 Hjuloppheng - foran

Vi valgte tidliger to hydrauliske støtdempere som skal brukes til forhjulet. I denne delen benyttes energibetraktninger til å foreta en dimensjoneringsberegning av støtdempere. Hastighets- og gravitasjonsfeltet dekomponeres i forhold til hodevinkel i samme retning som støtdempere.



Figur 8.7: Forhjulet ved maksimal dynamisk belastning ved brems.

Dermed setter vi opp den totale kinetiske energien:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \tag{9}$$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_{ab}}{g} \cdot (v_{maks} \cdot \cos(H))^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot \frac{1319,7}{9,81} \cdot \left(\frac{45}{3,6} \cdot \cos 67\right)^2$$

$$E_k = 1604,6 J$$

Kinetisk energi per støtdemper blir:

$$E_k = \frac{1604,6}{2} = 802,3 J$$

Den totale arbeidsenergien blir:

$$E_w = m \cdot g \cdot h \tag{10}$$

$$E_w = m \cdot g \cdot h = \frac{F_{ab}}{g} \cdot g \cdot \sin(H) \cdot S$$

$$E_w = \frac{F_{ab}}{g} \cdot g \cdot \sin(H) \cdot S = 1319,7 \cdot \sin 67 \cdot 0,075$$

$$E_w = 91,1 J$$

Arbeidsenergi per støtdemper:

$$E_w = \frac{91,1}{2} = 45,6 J$$

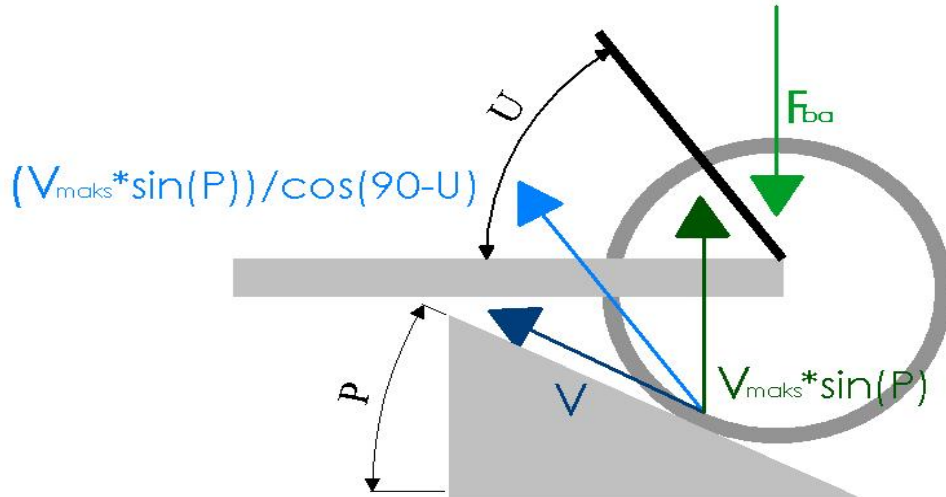
Total energi per støtdemper:

$$E_T = E_k + E_w \tag{11}$$

$$E_T = 802,3 + 91,1 = \mathbf{893,4 J}$$

8.6 Hjuloppheng - bak

Under designingen av bakre hjuloppheng har vi valgt å bruke en støtdemper som skal kobles mellom svingarm og ramme med en vinkel som er lik U med utgangspunkt i horisontalplanen.



Figur 8.8: Geometrien til bakhjulet.

Vi regner dermed ut vertikal komponent av hastighet:

$$v_v = v_{maks} \cdot \sin(P) = 45 \cdot \sin 30 = 22,5 \frac{km}{t} = 6,25 \text{ m/s}$$

Hastighetskomponent langs bakre støtdemper:

$$v_s = \frac{v_{maks} \cdot \sin(P)}{\cos(90 - U)} = \frac{45 \cdot \sin 30}{\cos(90 - 54,5)} = \frac{22,5}{0,81}$$

$$v_s = 27,6 \frac{km}{t} = 7,7 \text{ m/s}$$

Dermed får vi nødvendig kinetisk energi til støtdemperen:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_{ba}}{g} \cdot v_s^2 \quad (9)$$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot \frac{1705,1}{9,81} \cdot 7,7^2$$

$$E_k = 5152,7 \text{ J}$$

Arbeidsenergien til bakre støtdemper:

$$E_w = m \cdot g \cdot h = \frac{F_{ba}}{g} \cdot \left(\frac{g}{\cos(90 - U)} \right) \cdot S \quad (10)$$

$$E_w = \frac{1705,1}{9,81} \cdot \left(\frac{9,81}{\cos(90 - 54,5)} \right) \cdot 0,09$$

$$E_w = 188,5 \text{ J}$$

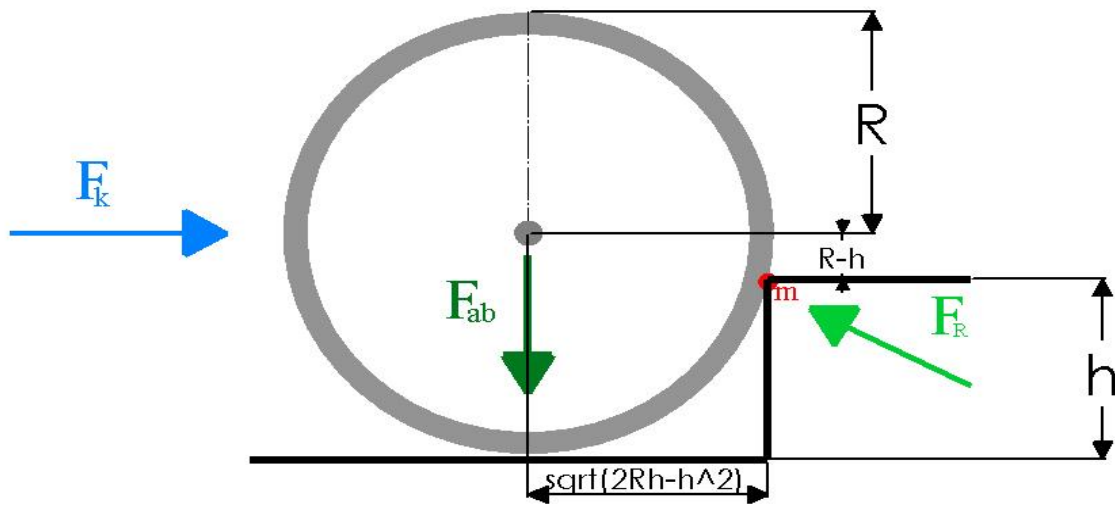
Den totale energien til bakre støtdemper blir:

$$E_T = E_k + E_w \quad (11)$$

$$E_T = 5152,7 + 188,5 = 5341,2 J$$

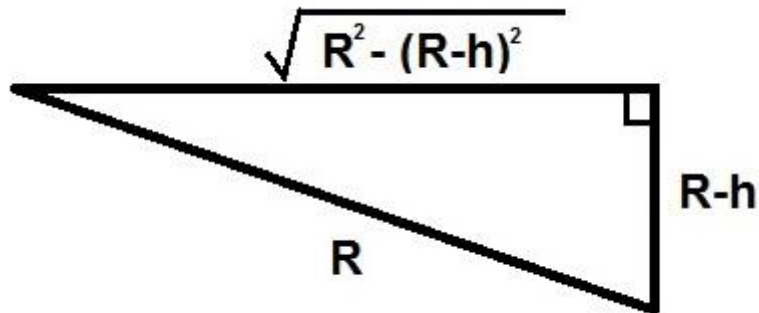
8.7 Worst-case scenario

Vi skal regne ut den maksimale belastningen vi tenker scooteren blir belastet med. Dette vil mest sannsynlig skje om forhjulet treffer for eksempel en veikant.



Figur 8.9: Belastningen på forhjulet ved worst-case scenario.

Vinkelforholdet ved forhjulet i worst-case scenario blir:



Figur 8.10: Vinkelforholdet på bunnen av forhjulet.

Dermed kan vi sette opp momentlikningen for å finne kreftene:

$$\sum M_m = 0$$

$$F_{ab} \cdot \sqrt{2Rh - h^2} - F_k \cdot (R - h) = 0$$

$$F_k = F_{ab} \cdot \left(\frac{\sqrt{2Rh - h^2}}{R - h} \right)$$

Vi har at den minste nødvendige kraften blir:

$$F_k = 1319,7 \cdot \left(\frac{\sqrt{2 \cdot 0,2431 \cdot 0,225 - 0,225^2}}{0,2431 - 0,225} \right)$$
$$F_k = 17675,6 \text{ N}$$

Reaksjonskraften blir:

$$F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad (12)$$

$$F_R = \sqrt{F_k^2 + F_{ab}^2}$$

$$F_R = \sqrt{17675,6^2 + 1319,7^2} = 17724,8 \text{ N}$$

Den tilsvarende reaksjonsvinkelen med horisontalplanet blir:

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{F_y}{F_R} \right) \quad (13)$$

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{F_{ab}}{F_R} \right)$$

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{1319,7}{17724,8} \right) = 4,27^\circ$$

8.8 Effektberegning:

I den delen skal den nødvendig minste motorffekt beregnes i henhold til rulle-,luft- og stigningsmotstand.

Rullemotstand:

$$F_{ro} = f \cdot m_{tot} \cdot g \quad (14)$$

Rullemotstand blir:

$$F_{ro} = 0,013 \cdot 200 \cdot 9,81 = 25,5 \text{ N}$$

Effekten til å overvinne luftmotstand blir:

$$P = F \cdot v \quad (15)$$

ELEKTRISK SCOOTER

$$P_{ro} = F_{ro} \cdot v_{maks} = 25,5 \cdot \frac{45}{3,6} = 319 \text{ W}$$

Luftmotstand:

$$F_L = 0,5 \cdot \rho \cdot C_w \cdot A(v_{maks}^2) \quad (16)$$

Luftmotstand blir:

$$F_L = 0,5 \cdot 1,202 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot \left(\frac{45}{3,6}\right)^2 = 56,34 \text{ N}$$

Effekten til å overvinne luftmotstand blir:

$$P_L = F_L \cdot v_{maks} = 56,34 \cdot \frac{45}{3,6} = 704 \text{ W}$$

Stigningsmotstand:

$$F_{st} = m_{tot} \cdot g \cdot \sin\alpha \quad (17)$$

Stigningsmotstand blir:

$$F_{st} = 200 \cdot 9,81 \cdot \sin 2 = 68,47 \text{ N}$$

Effekten til å overvinne stigningsmotstand blir:

$$P_{st} = F_{st} \cdot v_{maks} = 68,47 \cdot \frac{45}{3,6} = 856 \text{ W}$$

Den nødvendig minste motoreffekten blir:

$$P_w = P_{ro} + P_L + P_{st} \quad (18)$$

$$P_w = 319 + 704 + 856 = 1879 \text{ W} = \mathbf{1,88 \text{ kW}}$$

Tilsvarende hestekrefter blir:

$$HP = P_w \cdot 1,341 \quad (19)$$

$$HP = 1,88 \cdot 1,341 = 2,5$$

Omdreiningene og dreiemomentet bli da:

$$n_o = \frac{60 \cdot v}{2 \cdot \pi \cdot r} \quad (20)$$

$$n_o = \frac{60 \cdot \left(\frac{45}{3,6}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 0,2431} = 491 \text{ rev/m}$$

$$\tau = \frac{P_w \cdot 9,554}{n_o} \quad (21)$$

$$\tau = \frac{1875 \cdot 9,554}{491} = 36,5 \text{ Nm}$$

8.9 Batterikapasitet

Vi kan dermed finne strømmen:

$$I_s = \frac{P_m}{U_m} \quad (22)$$

$$I_s = \frac{3000}{60} = 50 \text{ A}$$

Basert på dette og spesifikasjonene til motoren vil vi at batteriet skal levere:

- 2000W kontinuerlig
- 3000W ved peak/topp
- 50A maks
- 33A kontinuerlig

Dermed blir batterikapasitet gitt av:

$$\text{Batterikapasitet} = \frac{P_{mk}}{U_m} \quad (23)$$

$$\text{Batterikapasitet} = \frac{2000}{60} = 33,3 \text{ Ah} \approx 40 \text{ Ah}$$

Samlet energiforbruk blir dermed:

$$\text{Energiforbruk} = \text{Batterikapasitet} \cdot U_m \quad (24)$$

$$\text{Energiforbruk} = 40 \text{ Ah} \cdot 60 \text{ V} = 2400 \text{ Wh} = 2,4 \text{ kWh}$$

Vi runder batterikapasiteten opp til 40 Ah, og dermed får vi:

$$\text{Kjøretid} = \frac{\text{Baterikapasitet}}{I_{sk}} \quad (25)$$

$$\text{Kjøretid} = \frac{40}{33} = 1,2 \text{ timer}$$

$$Kjørelenge = kjøretid \cdot v_{maks} \quad (26)$$

$$Kjørelenge = 1,2 t \cdot 45 \frac{km}{t} = 55 km$$

8.10 Resultatoppsummering

Tabell 8-2: Oppsummering av grunnlagsberegningene

Beskrivelse	Symbol	Verdi
Tyngdepunktplasing Med fører	X_{cg} Y_{cg}	892,1 mm 673,6 mm
Tyngdepunktplasing uten fører	X_{cg} Y_{cg}	934,6 mm 353,2 mm
Trail	T	103,2 mm
Hjulbelastning - Statikk	F_a F_b	724,2 N 1237,8 N
Maks nedbøyning i statisk tilstand	y	17 mm
Maks bøyespenning i statisk tilstand	σ_{bmaks}	150,4 N/mm ²
Hjulbelastning - Bremsing	F_{ab} F_{bb}	1319,7 N 642,3 N
Maks nedbøyning ved bremsing	y	21 mm
Maks bøyespenning ved bremsing	σ_{bmaks}	274,1 N/mm ²
Hjulbelastning - akselerering	F_{aa} F_{ba}	257 N 1705 N
Maks nedbøyning ved akselerering	y	12 mm
Maks bøyespenning ved akselerering	σ_{bmaks}	207,2 N/mm ²
Total energi per støtdemper - foran	E_T	893,4 J
Total energi til bakre støtdemper	E_T	5341,2 J
Reaksjonskraft om forhjulet treffer en veikant	F_R	17724,8 N
Reaksjonsvinkelen med horisontalplanet	θ	4,27°
Minst motoreffekt ved jevn maksimalhastighet	P_w	1,88 kW
Batterikapasitet	-	33,3 Ah \approx 40 Ah

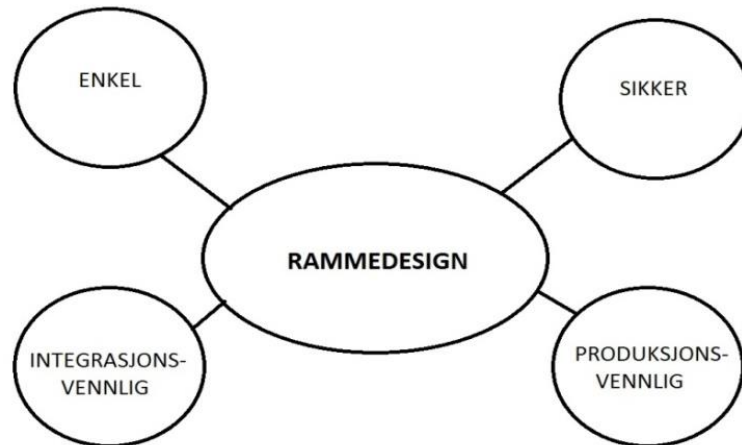
9 Rammedesign

Ramme er en av de viktigste delene ved konstruksjon av en scooter, selv om den kanskje ikke har en umiddelbar effekt på forbrukerne når det gjelder verken førsteinntrykk eller kjøpsvilje. En utredning av denne delen er viktig fordi rammen setter linjene for hva slags sammensetning scootereren kan ha. Denne sammensetningen går ut på hvordan eksterne komponenter skal settes i forhold til hverandre, og hvordan det ytre designet kan integreres med setefunksjonene og styringsmekanismen. Selve rammen kan fremstå på mange ulike måter som vi skal komme inn på etterhvert, men generelt vil man kunne dele den inn i tre hovedfunksjoner som må utredes, der hovedrammen knyttes sammen med seterammen og styringsrammen.

Før vi ser på rammealternativene, er det noen kriterier som er viktig å ha som referansepunkter. Først og fremst skal ikke rammen ha en kompleks utforming, men være en enkel koblingsenhet. Den mer tiltalende og velutviklede designdelen kan spares for eksteriøret. Ved at man velger en løsning som er designet for en riktig vektfordistribusjon og kompenserer for ujevn balanse, kan man tilrettelegge for at det eksterne designet kan bli unik og skille seg fra mengden. For å få til denne stabiliteten i rammen må man fokusere på å at hovedlinjene er slik at de eksterne komponentene som motor og batteri har en god oppbevaringsplass og en integrasjon av disse komponentene kan gjøres enkelt og at man slipper unødvendig kabling og enklere oppsetning av det elektriske arbeidet. Allerede under rammeutviklingen vil man kunne sette grenser for størrelsen på scootereren, og definere for eksempel hvor stor seteplass man skal ha eller hvor mye førere kan disponere for benplasseringen.

En annen viktig aspekt ved rammedesignet er at man må tenke at rammen ikke skal være vanskelig å produsere. Dette krever at utformingen ikke skal bestå av mange ulike komponenter, eller unike materialkombinasjoner. I den sammenheng er det gjort en materialutredning av rammen tidligere, og aluminium er blitt brukt som materialet.

For å forenkle både produksjonen men også integrasjonen med forgaffelen og svingarmen, er material for hele grunnkonstruksjonen valgt til å være aluminium. Videre må man tenke på at rammen må kunne også integreres med karosseriet og kapselen. Dette vil være en viktig argument, fordi optimale løsninger vil gi lav vedlikeholdsarbeid og lengre levetid. Med disse kriteriene i bakhånd, må man tenke at sikkerhetsaspektet er viktigst. Rammen vil bli beregnet med tanke på belastninger, og kontrolleres med enkle simulasjoner. Likevel må designet være slik at man ikke har åpne ender som kan skape problemer og kan føre til at føreren ikke kan føle seg behagelig under kjøreturen. Komforten skal sørge for at ytelsen man opplever er høy. Selv om forskjellige mennesker er fornøyd med ulike spesifikasjoner og at man har andre designforutsetninger må for eksempel seteplasseringen være vital for komforten.



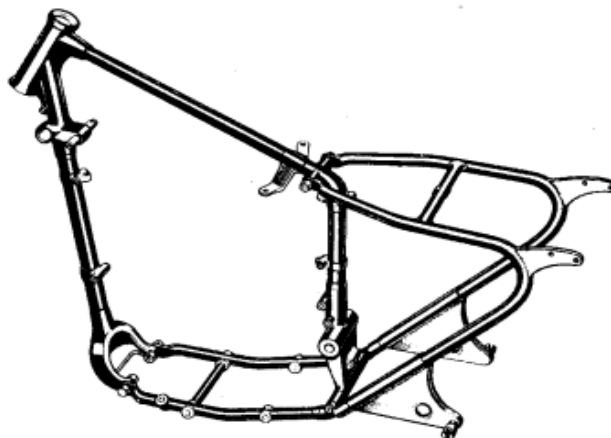
Figur 9.1: Kriterier for design av ramme.

9.1 Tidlig rammekonsept

Rammen skal designes selv, og gir dermed oss en god del muligheter for tilpasning. Samtidig er det gitt noen klassifiseringer som gjør det enklere å forholde oss til produksjon og vedlikehold. Nedenfor er det derfor drøftet noen hovedkategorier for rammer [7,11,135].

a) Cradle

Cradle er et rammesystem som stammer fra begrepet vugget. Denne rammetypen skal tradisjonelt holde motoren mellom rørene. Etersom vi har et elektrisk motorkonsept som er plassert i navet kunne dette være en løsning som kunne bære batteripakken. Den finnes i mange forskjellige typer, og den mest vanlige er ofte en singel rørsystem. Dette systemet går ut på at man har en enkel rør over oppbevaringsrommet. Underdelen fokuserer på å bruke enklere rør under som kan knytte konstruksjonen sammen. Denne typen er svært populært i motorsykler og sørger for både gode og enkle plasseringsmuligheter.



Figur 9.2: Singel-Cradle rammeløsning [136].

Den løsningen kan også utvikle seg til en dobbel-rørsystem. Dermed har man to rør som fungerer som holdere for oppbevaringsrommet. Innenfor denne kategorien har man to type løsninger. Her kan man

velge mellom halv og dobbel duplex rammesystem, forskjellen går ut på hvordan vuggesystemet er satt opp. Disse løsningene gir en mer optimal kombinasjon av styrke og robusthet, men taper litt på kompleksiteten og vekt.



Figur 9.3: *Dobbel-Cradle rammeløsning [137].*

b) Backbone

Med en backbone-ramme snakker vi om en enkel enhet som inneholder oppbevaringsplass på baksiden av designet. Ved hjelp av denne kan man optimalisere designet enkelt, og det er åpent for å kunne bruke mye plass på det ytre designet og unike detaljer. Backbone-rammen har holdepunkter på enden ac selve konstruksjonen, slik at oppbevaringsenheten om det er en motor eller batteri vil kunne pakke seg inn i kåpen som tres over. Først og fremst snakker vi om en enkel backbone, her vil man med andre løsninger enn navmotor ikke kunne løse belastningsproblemet. Dette fordi vekten blir i overkant stor på det enkle designet, og oppbevaringsrommet har ikke god nok støtte for å kunne ta opp vektbelastningen. Denne typen kan være mer aktuell for scootere som ikke vil bruke mye materialet, og vil holde kåpen til et minimum.



Figur 9.4: *Singel backbone rammeløsning [138].*

ELEKTRISK SCOOTER

I tillegg til en enkel backbone har vi også en dobbel backbone. Denne rammetypen kombinerer den enkle løsningen med et vuggesystem. Her får man en mer stabil løsning på hovedoppbevaringsrommet, og vil også åpne opp for bedre vektfordistribusjon. Slike konstruksjoner brukes vanligvis til motorsykler, og man ender opp med bakdel som er ganske høyt med tanke på resten av rammen. For en scooter kan dette bli litt urimelig med tanke på seteplasseringen.



Figur 9.5: Illustrasjon av en dobbel backbone rammeløsning [139].

c) Åpen ramme

En enklere løsning er å bruke en åpen rammealternativ. Denne er også kjent som en step-through, der man fokuserer på å designe en ramme, som er åpen i midten. Dette alternativet kan relateres til den tradisjonelle scooterløsningen, som karakteriseres med åpning for benplass. Teknisk sett er også denne løsningen kjent for å gå under navnet underbone, og har opp gjennom årene hadde størst suksess i østlige land.

Denne løsningen har historisk sett vært ganske populært, og fikk en oppsving på 1950-tallet og rundt 1960 produserte Honda en motorsykkel som i dag er blant de mest produserte i historien, som er basert på en underbone-løsning. Når det gjelder det tekniske aspektet ved dette alternativet er den blant de mer tyngre alternativene, men også blant de større og mer sammensatte løsningene.



Figur 9.6: Moped med åpen rammeløsning [140].

d) Trellis

Trellis er kanskje den enkleste av de rammealternativene som er presentert. Den setter opp en kobling mellom svingarmen og styret på en kortest mulig måte. Selve rammen består av forskjellige type rør som er koblet sammen i en kompleks sammensetning, og regnes som å ha en avansert produksjonsmetode på grunn av mange rørkoblinger. På den andre siden har den enklere vedlikehold på grunn av enkle tilgangsmuligheter. Spesielt i Europa er denne rammetyper populær, og foretrekkes av flere italienske produsenter, deriblant Ducati. Rammetyper er derimot mer populær blant motorsykkelprodusenter, og har en enkel overlappingsrom slik at den kan plasseres over motoren.

Dette er et alternativ som foretrekkes å bruke hvis produksjonen er lav, og om man skal lage en prototype. Batteripakken vill også kreve spesiell tilpasning med ekstra holdepunkter for å kunne tåle vekten. Enkelte modeller av denne typen kombinerer forskjellige materialer for å kunne øke styrken, ved å bruke en type materialet for koblingen til svingarmen og en annen for koblingen mellom styret. Selv med ulik materialbruk, og vanskelig produksjon vil man kunne oppnå en lett konstruksjon.



Figur 9.7: Trellis rammeløsning [141].

e) Selvbærende

Med en selvbærende konstruksjon av rammen vil man kunne operere med en komplett løsning, der man kombinerer både kappen og rammen. En slik løsning vil gjøre at rammen, med opphengspunkter for komponentene vil være en del av det eksterne designet. Dette er et alternativ som hovedsaklig er populært i bilindustrien, der hovedkonstruksjonene bærer det meste av kjøretøyet. I bilindustrien er denne type rammekonstruksjon kjent som monocoque, og betyr enkelt skall.

Med en slik løsning vil man måtte gjøre utvidete tester på konstruksjonene, og sørge for at den har en god sikkerhetsfaktor. Belastningene vil kunne utgjøre stor fare med tanke på at eventuelle kollisjoner vil direkte kunne redusere konstruksjonenes styrke evne. I den forbindelse må man også tenke på at materialbruken må være mer enn andre alternativer, fordi den må kunne være sterkere i forhold til å bære mer vekt.



Figur 9.8: *Vespas Piaggio MP5, en av de første scootere med selv bærende konstruksjon [142].*

9.1.1 Vekting av rammealternativer

Etter å ha sett på alternativene for ramme, kan vi sette opp disse mot hverandre. Her kan vi se hvordan de måler seg opp mot hverandre på noen generelle punkter som er viktig når det gjelder valg av ramme. Vurdering er basert på overnevnte diskusjon, og skjønnsmessig vurdering av kriteriene i forhold til et scooter-konsept.

Tabell 9-1: *Utvelgelsesmatrise for rammeløsning*

Egenskap (Vekting 1-3)	Cradle	Backbone	Åpen ramme	Trellis	Selvbærende
Vekt	☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺
Styrke	☺ ☺	☺	☺ ☺ ☺	☺	☺ ☺
Kompleksitet	☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺ ☺	☺
Vedlikehold	☺	☺	☺ ☺ ☺	☺	☺
Pris	☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺	☺
Sum	9 x ☺	9 x ☺	12 x ☺	10 x ☺	6 x ☺

9.1.2 Valg av ramme

Etter å ha satt de forskjellige alternativene opp mot hverandre, og basert på utvelgelsestabellen kan vi sett opp følgende rangering.

Tabell 9-2: *Rangering av rammealternativene.*

Rammetype	Rangering
Åpen ramme	1
Trellis	2
Cradle	3
Backbone	4
Selvbærende	5

ELEKTRISK SCOOTER

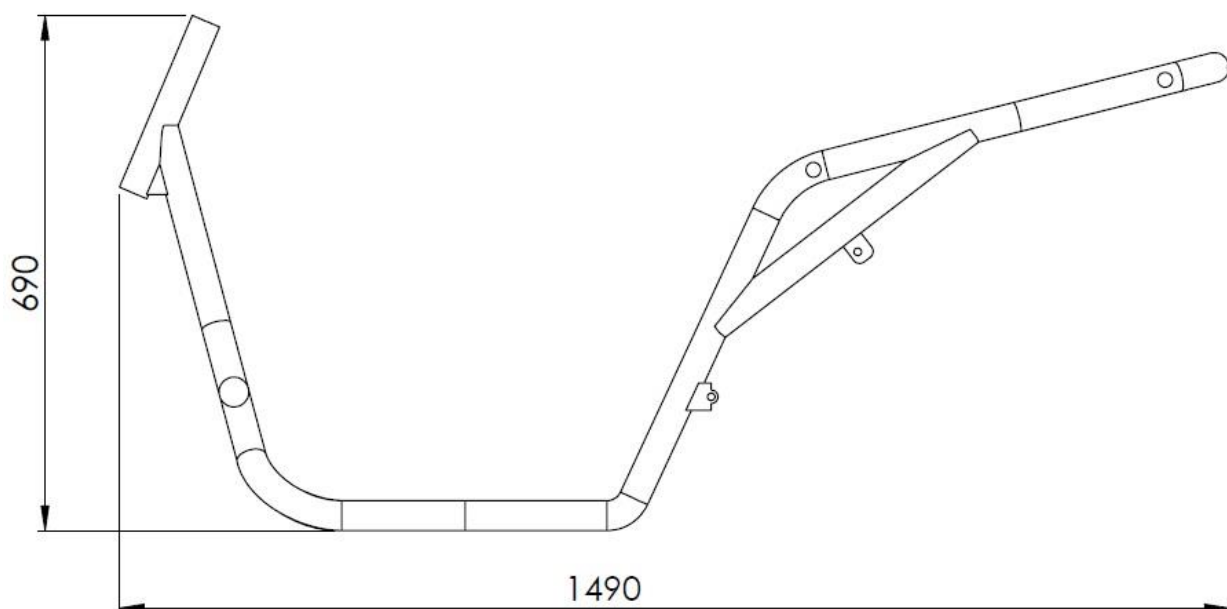
Ut i fra overnevnte rangering kan vi se at en åpen rammeløsning vil være den beste løsningen for vår scooter. Her har vi flere gode alternativer som en trellis løsning som kunne gi oss en lav vekt, kombinert med en veldig enkel konstruksjon. Trellis løsningen ville ha krevd ekstra mye kalkulasjonsarbeid som et supplement til denne diskusjonen, samtidig som det måtte da gjøres et kompromiss når det kommer til vedlikeholdsarbeidet. Det vil vært vanskelig å komme frem til hovedkomponentene, samtidig som man vil miste det tradisjonelle designet en scooter har.

Den selvbærende løsningen viser seg å være en av de dårligste rammealternativene for scooteren. Dette kan komme av at dette er en løsning som egentlig har utviklet seg opp gjennom historien som en ramme tilpasset til biler og andre større kjøretøy. Med en total løsning vil vekten være ganske tung, og også inneholde en kompleks design som vil gjøre det vanskelig å både utvikle en prototype, men også ved eventuell storskala produksjon. Videre vil den være av stor styrke, men det sammensatte designet vil lettere kunne føre til skader på rammen i en eventuell kollisjon.

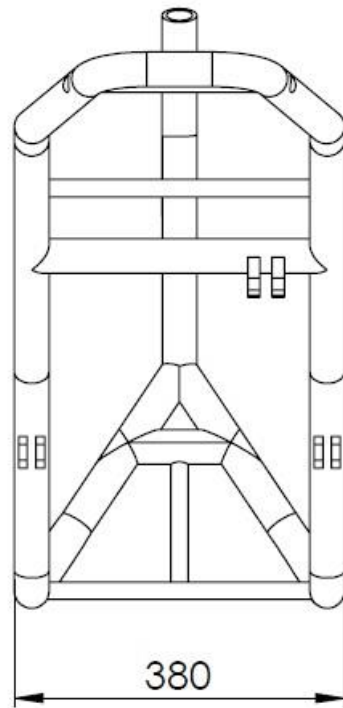
Valget av en åpen ramme løsning vil føre til noen utfordringer. Blant annet vil man kunne ha en litt kompleks konstruksjon på grunn av den skal utformes en benplattform. Den litt komplekse konstruksjonen vil på den andre siden gi oss en løsning med god styrke, og lett tilgjengelighet for vedlikehold. Selv om den ikke er blant de letteste alternativene vil man kunne skaffe seg en kompromiss med tanke på pris, styrke og vedlikehold.

9.1.3 Rammedesign

Basert på overnevnte utvelgelsesprosess og kriteriene som er diskutert tidligere angående rammedesign velger vi å legge frem denne løsningen for rammen til vår elektriske scooter.



Figur 9.9: Grovdimensjoner for rammen i mm.



Figur 9.10: Rammebredde i mm.



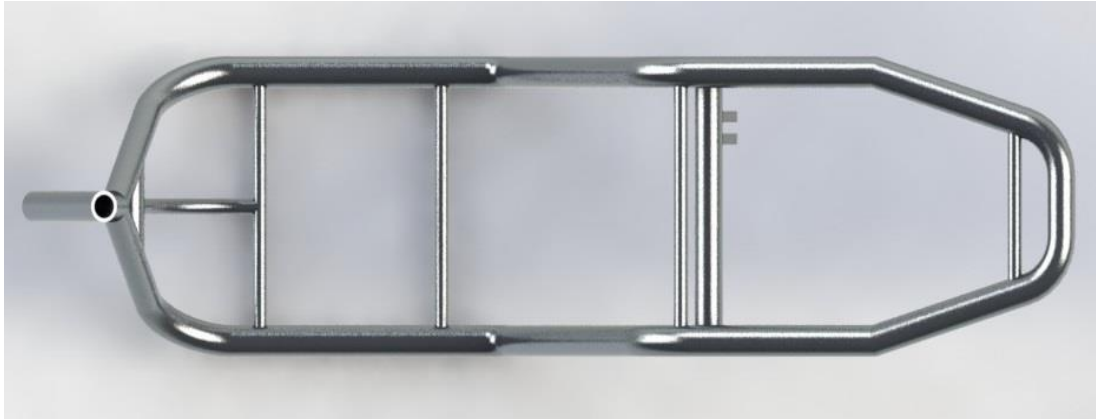
Figur 9.11: Åben rammedesign – perspektiv 1



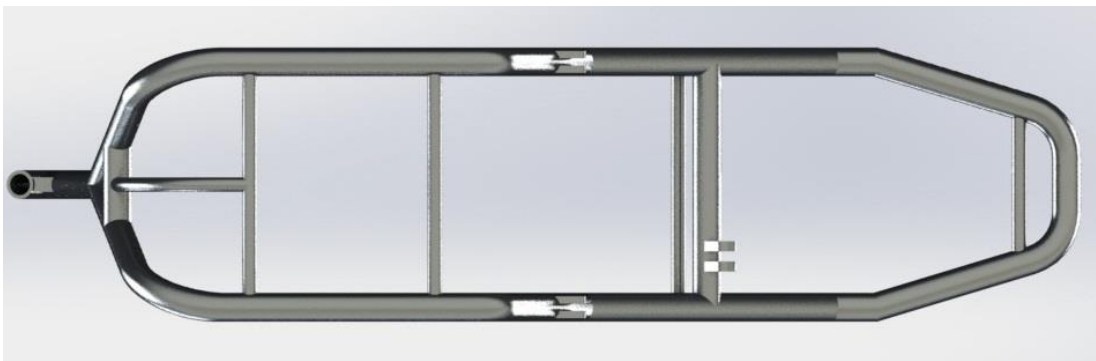
Figur 9.12: Åpen rammedesign – perspektiv 2



Figur 9.13: Åpen rammedesign – sideperspektiv.



Figur 9.14: Åpen rammedesign – topp-perspektiv.



Figur 9.15: Åpen rammedesign – bunn-perspektiv.



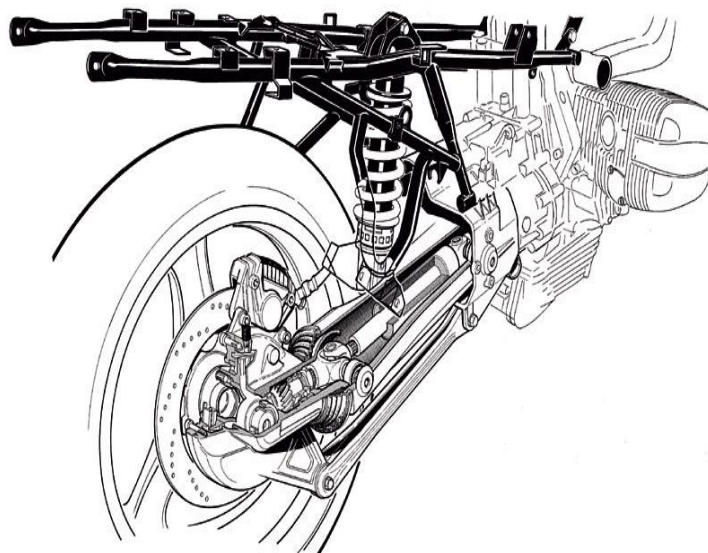
Figur 9.16: Åpen rammedesign – front-perspektiv.

9.2 Svingarm

Vi har tidligere kommet inn på at svingarmen er en viktig del av bakhjulsopphenget. Svingarmens spillerolle i en scooter er å ta opp svingninger, trykk og belastninger som kommer fra bakhjulet, og kan skade rammekonstruksjonen. Med en svingarm vil mye av disse påkjenningene gi fra seg energi til enten støtdemperne og svingarmen. Svingarmen er ofte knyttet direkte til rammen, og kobler sammen opphenget med resten av scooteren. Kombinasjonen som oppstår når man kobler sammen støtdemperne, svingarmen og scooterens hovedkonstruksjon kan defineres på mange måter, og nedenfor er det angitt en kort oversikt over tilgjengelige løsninger [143].

De tidligste modellene med scootere og motorsykler hadde en løsning som var bygget opp av en svingende gaffel, der man hadde låst bakakselen i den ene enden og åpnet for svingning i den andre. Dette ga også mulighet for å ha et dempesystem som ble koblet under setet. Denne løsningen holdt i mange år, og ble senere lansert i en mer moderne form, kalt Cantilever. Her så man på svingarmen som en trekantdesign, som var koblet opp mot rammen direkte og med en overføringskobling gjennom en støtdemper.

I senere tid har man sett en del nye løsninger dukke opp. Blant dem finner man et parallellogram basert løsning som har en ekstra kobling mellom rammen og drivlinjen. I tillegg til dette har det også vært utvikling i en ensidet-svingarmsløsning. På en slik måte kan man komme seg vekk i fra den tradisjonelle sammensetningen og bruke samme type kombinasjoner, men festet kun mot den ene siden av hjulet. Denne løsningen gir større muligheter når det gjelder enklere vedlikehold, og et bedre hjuldesign kan øke oppmerksomheten rundt scooteren for forbrukerne.



Figur 9.17: BMWs løsning på parallellogrambasert svingarm, kjent som Paralever [144].

Etter å ha vurdert disse løsningene har vi valgt å gå videre med en kombinasjon av en svingende gaffel og cantilever. Med en slik løsning vil vi kunne gi bedre balanse og styringsevne til scooteren, ettersom det er mye vekt plassert på bakhjulet med motoren i navet. Likevel ser vi fordelene med en ensidet løsning, og med tilstrekkelig analyse av svingningene relatert til massen, ville en ensidet

svingarmslønning vært foretrukket. Likevel vil ikke vår løsning skape vanskeligheter for vedlikeholdsarbeidet, da dette er koblet sammen enkelt ved hjelp av opptil tre bolter.



Figur 9.18: *Løsningsillustrasjon for hele bakhjulsopphenget, og kobling mot rammen.*

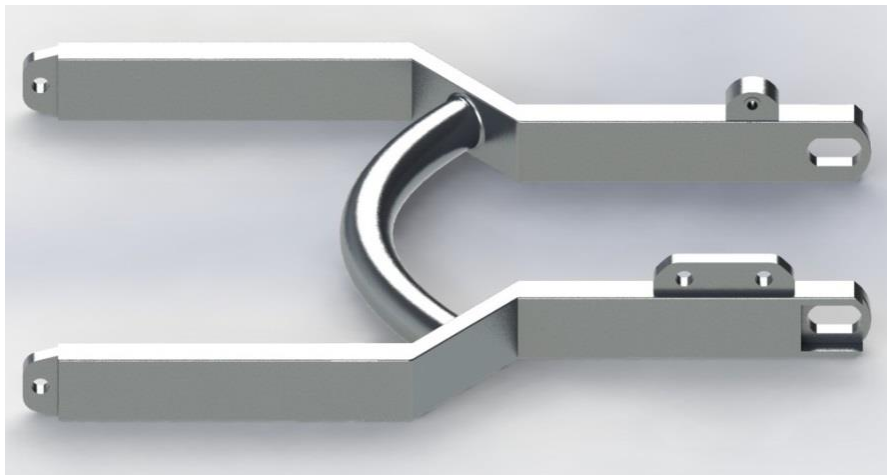
Nedenfor har vi presentert designet av vår svingarmsløsning.



Figur 9.19: *Svingarm – perspektiv 1*



Figur 9.20: *Svingarm – perspektiv 2*



Figur 9.21: *Svingarm – perspektiv 3*



Figur 9.22: *Svingarm – kobling mot rammen.*

9.3 Styrebro

Med bakgrunn i analyse av andre scootere og Team Roskvas utredning om styrebro har vi designet styrebroen nedenfor. Dette utredes ikke ytterligere i denne prosjektoppgaven, og drøftes i eventuell oppfølging jfr. kap 16.2.



Figur 9.23: *Illustrasjon av styrebro.*

10 ERGONOMI OG EKSTERIØRDESIGN

Design kan defineres på mange måter, og en fullstendig designutredning bygger på mange områder fra ergonomi, aerodynamikk, modularisering samt konseptgenerering og konseptutvelgelse. Ettersom denne rapporten har en mer helhetlig fokus har vi valgt å utrede designet i mindre grad. Vi vil først presentere noen viktige forhold ved designutviklingen før vi foretar en kort presentasjon av designløsninger og valg.

10.1 Ergonomiske og designmessige vurderinger

a) Ergonomi

Når man skal designe en scooter er det mange forhold å passe på. Komfortabel sittestilling, god sikt, riktige synsforhold, unngå fysiske påkjenninger, god nok plass og et godt nok display. Læren om alle disse forholdene samles ofte under et samlebegrep, ergonomi. Ordet ergonomi har sin opprinnelse fra to forskjellige røtter. Ergo står for arbeid, mens nomi står for lov. En viktig del av den ergonomiske læren er hvordan man opplever og forholder seg til ulike situasjoner og omgivelser. Menneskelig persepsjon er et begrep som er grundig diskutert i kompendiet «Fra ergonomi og regelverk til design og prototypebygging» av førsteamanuensis Jan Kåre Bøe ved Institutt for matematiske realfag og teknologi ved UMB. Han forklarer godt hvor stort omfang ergonomi har når det fremheves at designarbeidet skal vekke følelser og stimulasjoner hos forbrukeren, såvel som man tar de tekniske aspektene i betraktning. Nedenfor er noen av faktorene som er viktig ved designarbeidet, beskrevet kort.

Ergonomiske forhold:

Når vi utformer et et kjøretøy er biomekanikken en viktig faktor. Gjennom biomekanikken får vi vite hvordan ulike belastninger vil påvirke kroppen og hvordan kroppens ulike ledd forholder seg til bevegelse. For scootere er det viktig å vite at området fra skulderleddet og ned til hånden ikke blir overbelastet og at muskelbelastningen holder seg innenfor gitte rammer. Faglitteraturen gir oss to kategorier for slik type belastning, altså statisk og dynamisk. Statisk belastning går ut på at musklene blir påkjent en energikrevende prosess i en fast stilling, og skal ikke utgjøre mer enn 15 % av den totale betjeningskraften. Den dynamiske belastningen er en mer repetitiv belastning og tærer mindre på muskulaturen og kan utgjøre bortimot 30 % av den totale betjeningskraften. Med tanke på dette blir sittestillingen en viktig utviklingskomponent. Ved for eksempel ugunstig sittestilling kan man få problemer med nakke og ryggmuskulaturen.

En annen viktig faktor under design av kjøretøy er påvirkningen av vibrasjoner. Under en gjennomsnittstur på en scooter vil føreren bli utsatt for en god del belastninger på den nedre delen av kroppen på grunn av ujevn veibane. Dette kalles ofte helkroppsvibrasjoner. For å kompensere for disse belastningene vurderes blant annet frekvensen til disse belastningene, der man definerer at lave vibrasjonsfrekvenser gir større støtenergi. Nivået på disse frekvensene vurderes etter akselerasjonen til svingningene og hvor lenge disse vibrasjonene varer og oppgis av en RMS-verdi. Det viktigste i denne sammenhengen er å følge rammeverket som er utarbeidet for kjøretøy av ISO, som sikrer føreren mot overdreven vibrasjon.

ELEKTRISK SCOOTER

Det er flere vitkige grunner for å ta ergonomiske forhold på alvor. Sammen med sikkerheten til forbrukeren er det også lovpålagte retningslinjer som kontrollerer at produsenter fremmer ergonomisk design. I tillegg til regellverk som dekker utformingen med tanke på teknisk karakter, har vi også lover som tar for seg hele produktsystemet. Blant annet har vi produktansvarsloven som kan gi produsenten økonomisk ansvar for skader som produktet utøver på forbrukeren. Videre kan maskinforskriften i arbeidsmiljøloven også sette begrensninger for produksjon og utvikling av kjøretøy. Andre lover av betydning er produktkontrollloven og forurensningsloven [20].

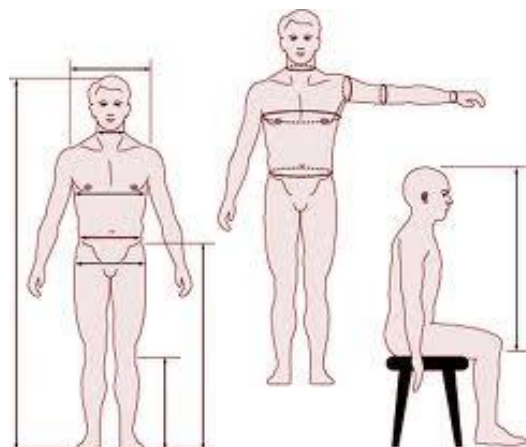
MM-systemet:

I designutredningen skal vi se bort i fra displayutformingen jfr. kap 2.2, men det kan nevnes at forhold knyttet til utviklingen av displayet er viktige når det gjelder helhetsinntrykket av scooterens ergonomi. Ofte betegnes denne delen av konstruksjonen som et MM-system, som kan betegnes å være et interaksjonsområde mellom mennesket og maskinen. Et MM-system er viktig fordi den skal kommunisere med menneskelige organer og sanser under kjøreturen, og skal sørge for at føreren tar tilpassede valg med tanke på ulike situasjoner.

For at kommunikasjonen mellom mennesket og displayet skal skje uten komplikasjoner er det blant annet viktig hvordan displayet ser ut. Her må forhold som størrelsen på informasjonen som vises være av en slik karakter at føreren kan oppfatte den raskt og korrekt. Dermed er størrelsen på tall og bokstaver viktig. Som en videreføring av dette, kommer prinsippet om hvordan vi utfører reaksjonen som displayet ønsker at vi skal korrigere. Her spiller både pedal og styret på scooteren en viktig rolle. Disse to kommer ofte under beskrivelsen betjeningsorganer, og plasseringen av disse er også viktig. Disse skal plasseres slik at føreren når disse uten vanskeligheter og at det korrigerende tiltaket kan utføres så jevnt og enkelt som mulig [20].

Antropometri:

Når vi designer et kjøretøy som scooter, er det viktig å ta forbehold om at mange forskjellige mennesker kan være potensielle førere. Forskjellige mennesker betyr forskjellige størrelser, og derfor er antropometri et fagområde som er en signifikant hjelpemiddel i utformingen. Antropometri er et kompetanseområde som tar for seg hvordan man skal forholde seg til ulike menneskestørrelser ved design av produkter.



Figur 10.1: Viktige mål når det kommer til utformingen av scooter, målene varierer også med kjønn [145].

ELEKTRISK SCOOTER

Når vi designer må vi i første omgang ha vår målgruppe som basis for utviklingen av førerområdet. Ettersom vi ønsker å nå ut til unge som har nådd 16 årsalderen og oppover tar vi utgangspunkt i menneskeklassen for voksne. Videre er vekt på føreren og setestørrelse viktige faktorer som må relateres til den valgte klassen. Når vi vurderer disse faktorene må vi tenke oss om vi ønsker å lage scooteren med tanke på gjennomsnittlig fører eller ekstremtilfeller. I de fleste situasjonene vil en tenke seg at en gjennomsnittsfører er å foretrekke med tanke på den praktiske delen. Det som derimot viser seg er at en gjennomsnittlig fører kan være så mangt. Derfor introduseres et begrep, prosentiler. Disse viser oss hva som er en gjennomsnittsfører og hvordan forskjellige førere plasserer seg i forhold til den. Når vi designer en scooter må vi være sikre på at en hver fører innenfor den valgte målgruppen kan bruke den. Ved å bruke en 50% sikkerhetsnett vil de fleste innenfor en normalfordeling passe som førere av scooteren. Man vil dermed utelate ekstremtilfellene som utgjør 25 % av målgruppen på hver side av skalaen [2].

Sittestilling:

Slik det er nevnt tidligere er sittestillingen en viktig del av utformingen av en scooter. Denne kan føre til skader i nakke og rygg. I motsetning til andre to-hjulinger som motorsykler er sittestillingen i en scooter bygd opp av mindre kompleksitet. Sittestillingen krever ikke bøyning fremover, og man oppnår en avslappet stilling ved å ha en vinkel på 0 grader med vertikalplanet. Ser man på benvinkelen defineres den ulikt på forskjellige modeller, men defineres ofte mellom 75 grader til i underkant av 110 grader på det meste. For en fastsettelse av riktig vinkel kan den defineres når endelig høyde på scooteren er målsatt. En viktig del av utformingen av sittestillingen er også at den skaper riktig balanse, som igjen blir viktig når vi kommer til utfordrende situasjoner. Blant annet ved krappe svinger og moderate svingebaner kan man utsettes for alvorlige ulykker hvis balanseringen ikke er riktig [2, 3, 9].



2008 Peugeot Speedfight 2

Figur 10.2: Illustrasjon av gjennomsnittlig sittestilling for en av konkurrentene [146].

b) Aerodynamikk

Med aerodynamikk mener vi læren om hvordan luften beveger seg og hvordan ulike strømningsforhold er i forhold til ulike objekter. Generelt sett kan aerodynamikk gjelde både væske og gasser, men i vår

tilfeller vil gassrelatert aerodynamikk være den mest aktuelle. Historisk sett kan man trekke utviklingen av dette fagfeltet helt tilbake til Aristoteles, men dette forskningsområde har blitt mer aktuelt i løpet av det siste århundre. Dette fordi man med nyere forskningsmaterialet har utredet for hastighetsanalysen til ulike objekter, som avhenger sterkt av de aerodynamiske prinsippene.

Aerodynamiske prinsipper:

Når det kommer til analyse av hastighetsprofilen til et produkt, som for eksempel en scooter, tar man ofte utgangspunkt i hva slags fart man kan oppnå maksimalt. Her må faktorer som temperatur, tetthet og trykk defineres, og det kan bli utfordrende når man ikke vet hvordan disse påvirkes av motstanden luftbevegelsene skaper. Ved hjelp av aerodynamiske prinsipper kan man definere disse luftbevegelsene i form av krefter og momenter. Ved hjelp av en grensesjikt og forståelse av turbulens, altså påvirkningen av friksjonskrefter, kan vi fastsette påvirkningen av vind på både scooteren og føreren [7].

Luftmotstand:

Når det kommer til påvirkningen av vind, definerer vi dette som luftmotstand. Denne luftmotstanden vil øke, når vi øker hastigheten. Luftmotstanden kan også kobles opp mot frontarealet på scooteren, der den har samme relasjon til luftmotstanden som hastigheten, altså den øker med størrelsen på frontarealet. Videre vil luftmotstanden også påvirkes av mer variable faktorer som størrelsen på føreren og hvordan han plasserer seg selv med tanke på bevegelsesretningen. Disse faktorene er ofte vanskelig å forutse, og man definerer ofte disse på mer generelle grunnlag ved en eventuell aerodynamisk analyse. Likevel er det viktig å vite at ulike kombinasjoner vil kunne gi ulik toppfart [7].



Figur 10.3: Ved fremoverstilling vil man kunne oppnå høyere makshastighet [147].

Når vi behandler luftmotstanden er det viktig å forholde seg til luftmotstandskoeffisienten. Ved hjelp av denne koeffisienten vil man kunne kompensere for hvordan scooteren vil bevege seg gjennom luften, og hvordan den takler møtet med de aerodynamiske kreftene. Luftmotstandskoeffisienten er gitt av C_w . En kort kalkulasjon av dette fenomenet er presentert under kap. 8, Grunnlagsberegninger.

c) Modularisering

Modularisering er ofte en viktig prosess i designutviklingen, og foretas på en ganske tidlig designfase. Med modularisering mener vi hvordan man organiserer hovedkomponentene i konstruksjonen, og redegjør for valgene man tar. For vårt prosjekt utgjør drivlinjen, motor og batteri hovedkomponenter som rammen og totaldesignet bygges rundt. Ettersom man tidligere i konspetutredningen valgte å gå for en navmotor som drivlinjeprinsipp ble mange av mulighetene allerede på det tidspunktet begrenset med tanke på modulariseringen. Likevel er batteriplasseringen utredet tidligere med tanke på tyngdepunktsaspektet, og vi vil derfor ikke gå nærmere inn på modulariseringen i denne designutredningen.

10.2 Designskisser

10.2.1 Skissekriterier

Designvalget for dette utviklingsprosjektet har vi tenkt å begrense til skissenivå. Vi vil presentere forskjellige alternativer som er skissert og utrede kort for disse ved hjelp av noen designkriterier vi har satt opp. Ved endelig valg av skisse vil den taes videre og presenteres senere med en mer konkret løsning. For utvelgelse bruker vi igjen en modifisert versjon av Pughs vektning og rangeringsmetode. De designkriteriene vi har valgt er ergonomi, aerodynamikk, estetikk, struktur, produksjon og geometri. Nedenfor er disse kriteriene og deres betydning presentert, i henhold til sluttdesignet.

Tabell 10-1: Oversikt over designkriteriene og deres mål for designutviklingen.

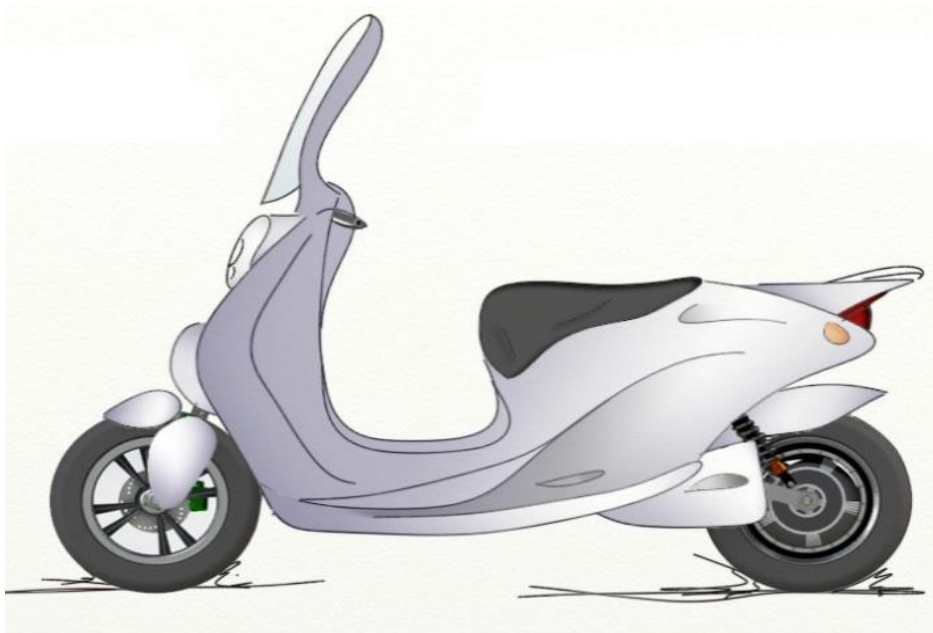
Kriterieområde	Grunnlag	Vurderingsforhold
Ergonomi	Basert på tidligere diskusjon rundt ergonomi, MM-systemet og antropometri må designet gi den mest komfortable løsningen og ta hensyn til de nødvendige bevegelsene som skal gjøres under kjøringen.	Kriteriet blir vurdert med tanke på de tekniske data som er tilgjengelig, og de skjønsmessige beslutningsforhold som er drøftet tidligere
Aerodynamikk	Aerodynamikk og luftmotstand er viktige med tanke på hvor mye energi som blir brukt, derfor ønsker vi å ha optimale arealkombinasjoner	For å få optimale arealkombinasjoner må frontarealet være lavest mulig.
Produksjon	For å få en god levetid og et godt syklus for utviklingsarbeidet er det viktig at vi har enkle designvalg. Med enkle designvalg menes valg som er gode for støping, og som oppfyller generelle miljøkrav	Siden dette er en tidlig prosess i designarbeidet er produksjonskravene uklare. Derfor taes det beslutninger som baseres på kompleksitet og gjennomførbarhet.

ELEKTRISK SCOOTER

Tabell 10-1: *Forts.*

Kriterieområde	Grunnlag	Vurderingsforhold
Geometri	Plassering av hovedkomponentene er gitt med tanke på tidligere valg og utredning. Noen geometriske forhold er likevel avhengig av designutformingen, som for eksempel seteplasseringen.	Geometriske løsninger avhenger av hva vi ønsker og taes på grunnlag av utseende og kompleksitet.

Skissealternativ 1:

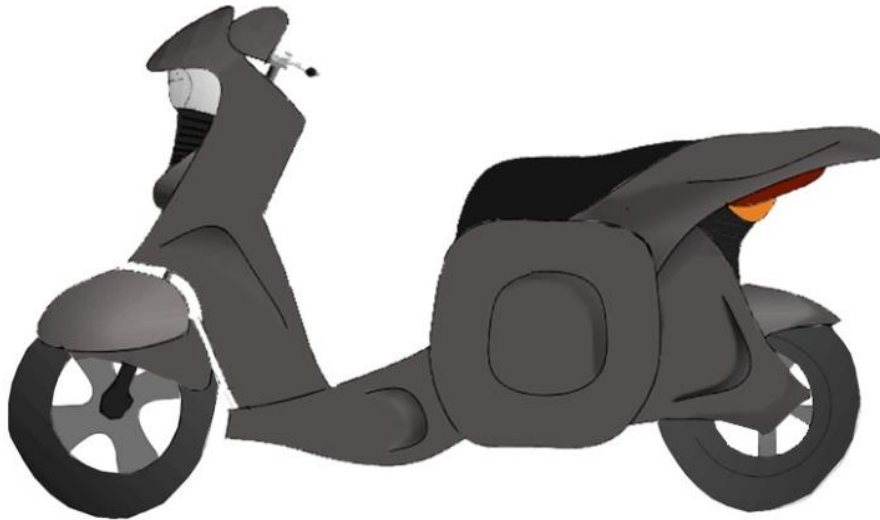


Figur 10.4: *Skissealternativ 1*

Tabell 10-2: *Vurdering av skissealternativ 1*

Kriterie	Vurdering
Ergonomi	Skissen har komfortable løsninger for sittestilling, men benplasseringen kan bli en utfordring og vi må detaljutrede dette.
Aerodynamikk	Aerodynamisk ugunstig, stor frontareal.
Produksjon	Enkle linjer, som ikke er for komplisert.
Geometri	Seteplasseringen ser godt integrert, litt kort

Skissealternativ 2:

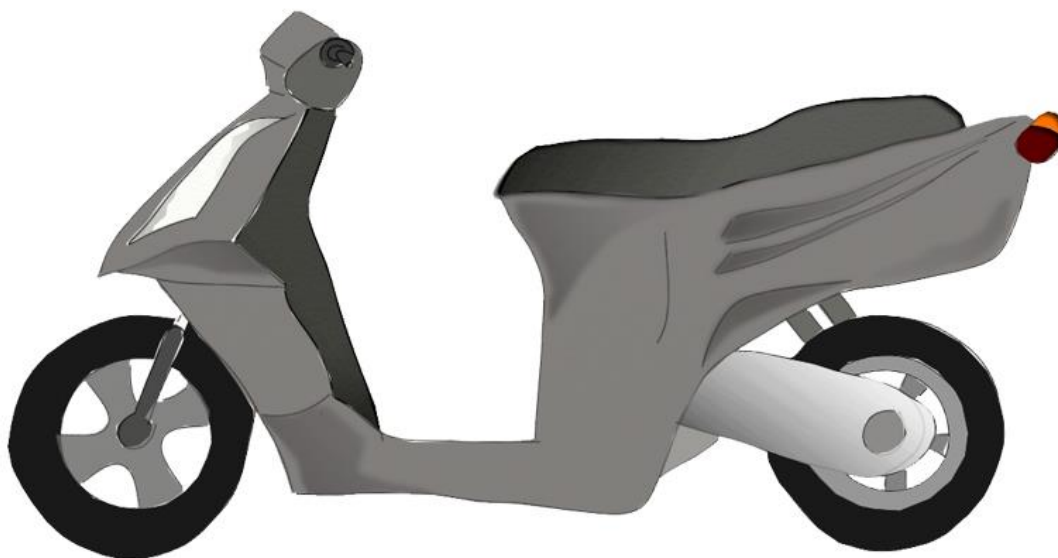


Figur 10.5: *Skissealternativ 2*

Tabell 10.3: *Vurdering av skissealternativ 2*

Kriterie	Vurdering
Ergonomi	Åpen og godt med plass, vanskelig benplassering
Aerodynamikk	God løsning, liten frontareal
Produksjon	Komplekse
Geometri	God seteplassering, litt kort

Skissealternativ 3:



Figur 10.6: *Skissealternativ 3*

ELEKTRISK SCOOTER

Tabell 10.4: *Vurdering av skissealternativ 3*

Kriterie	Vurdering
Ergonomi	Gode og åpne løsninger, god benplassering
Aerodynamikk	God løsning, lav frontareal
Produksjon	Simpel sammensetning, enkel produksjon
Geometri	God og stor seteplassing

10.2.2 Vekting av skissealternativer

Nedenfor har vi vektet de forskjellige alternativene opp mot hverandre for å kunne komme frem til et optimalt skissevalg for videre designutredning.

Tabell 10.5: *Vekting av skissealternativene.*

Egenskap (Vekting 1-3)	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3
Ergonomi	☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺ ☺
Aerodynamikk	☺	☺ ☺ ☺	☺ ☺ ☺
Produksjon	☺ ☺ ☺	☺	☺ ☺ ☺
Geometri	☺ ☺	☺ ☺	☺ ☺ ☺
Sum	8 x ☺	8 x ☺	12 x ☺

10.2.3 Valg av skisse

Basert på overnevnte vekting kan vi sette opp følgende rangering av skissealternativene.

Tabell 10.6: *Rangering av skissealternativene.*

Skissealternativ	Rangering
Alternativ 3	1
Alternativ 1	2
Alternativ 2	3

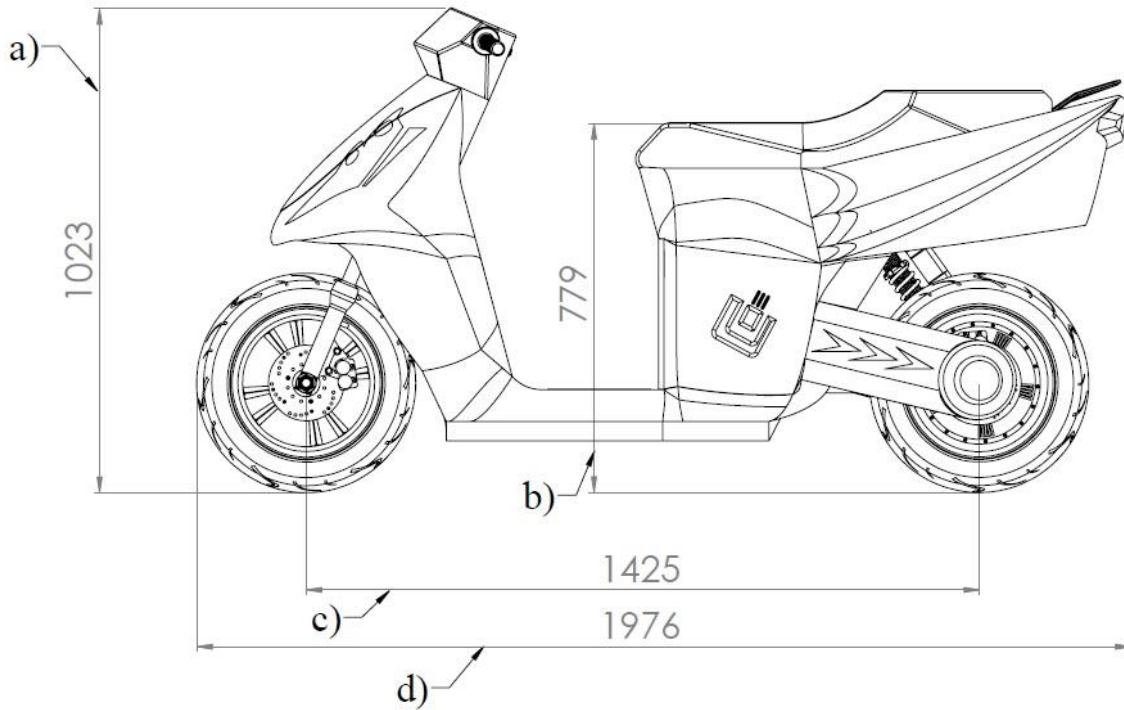
Overnevnte rangering viser at alternativ 3 er den beste løsningen for videre designutredning. Denne scorer best på de fleste kriteriene som skissene ble vurdert etter. De fleste av disse faktorene er vurdert etter skjønnsmessige standpunkt, og valget kan være del av subjektive inntrykk.



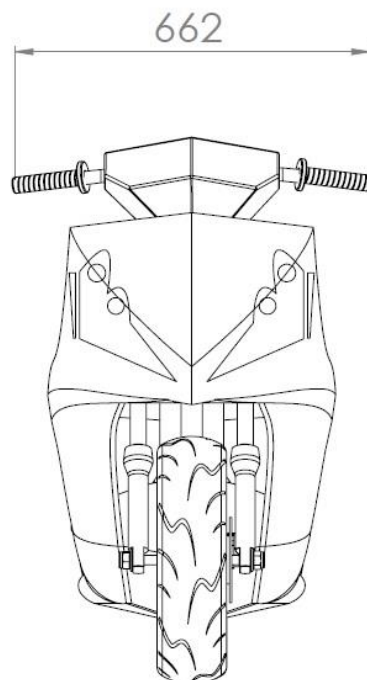
Figur 10.7: *Perspektivbildet av skissealternativ 3*

10.2.4 Totaldesign

Ved å basere oss på faktorer i designutredningen og den valgte designskissen kan vi presentere følgende totaldesign.

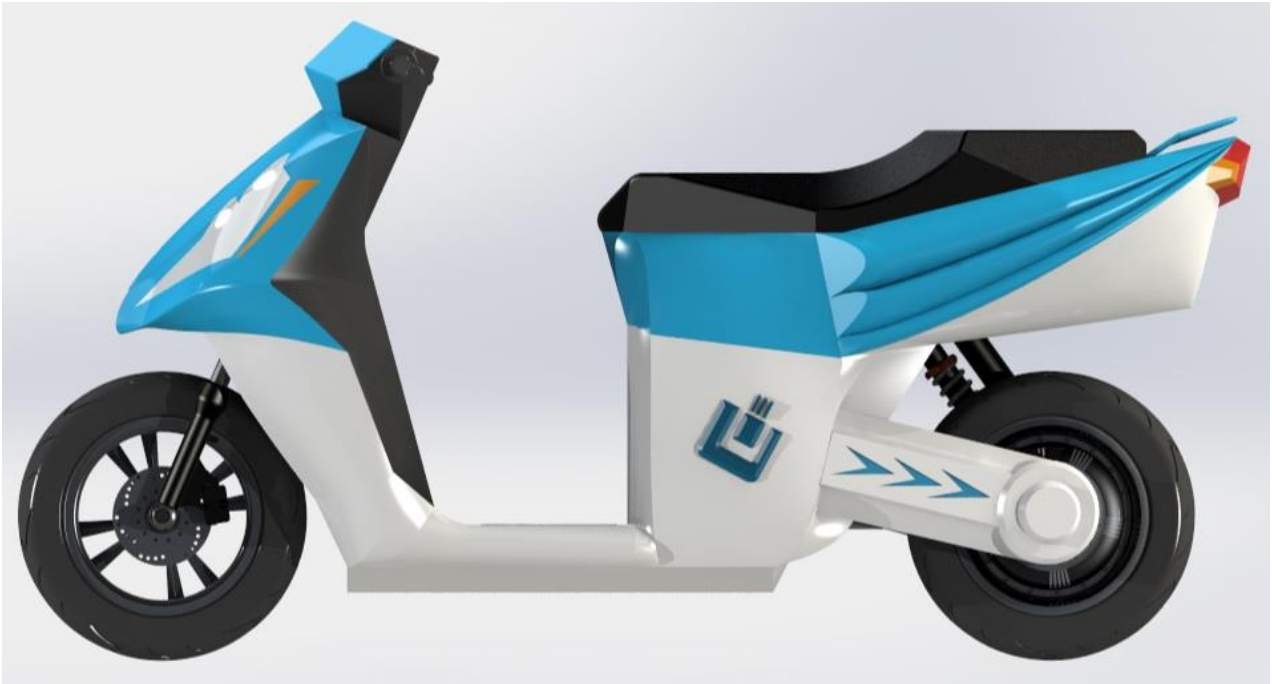


Figur 10.8: Grovdimensjoner for totaldesignet av scooteren i mm. Perspektiv 1.

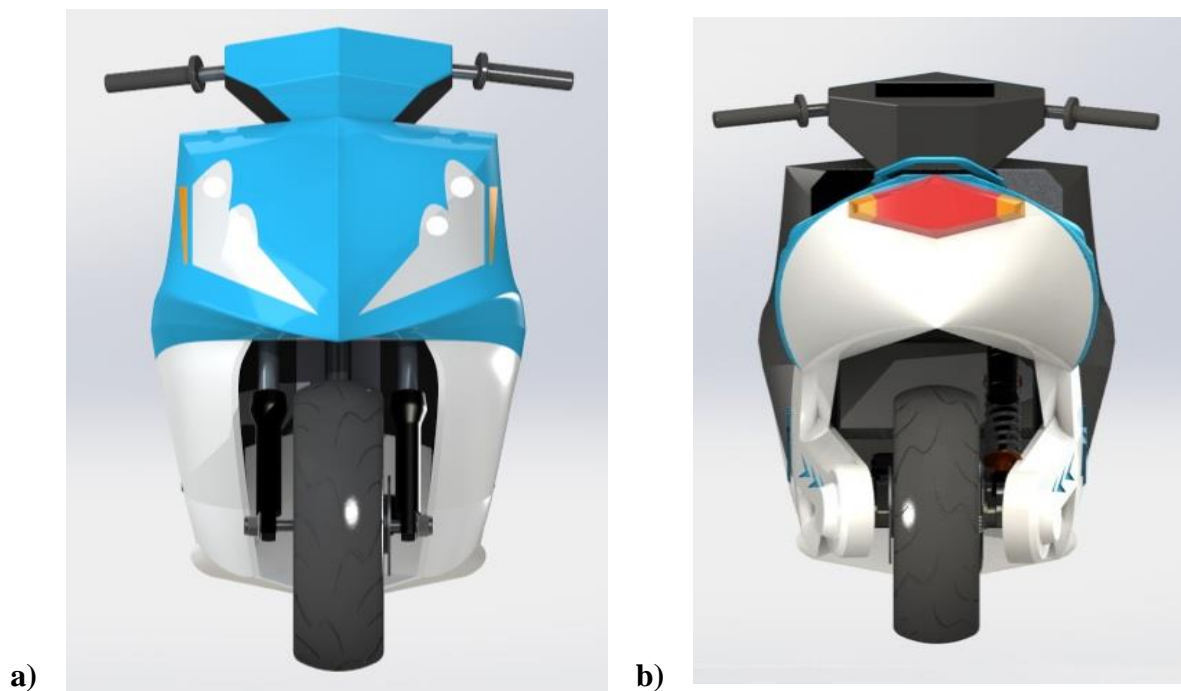


Figur 10.9: Grovdimensjoner for totaldesignet av scooteren i mm. Perspektiv 2.

ELEKTRISK SCOOTER

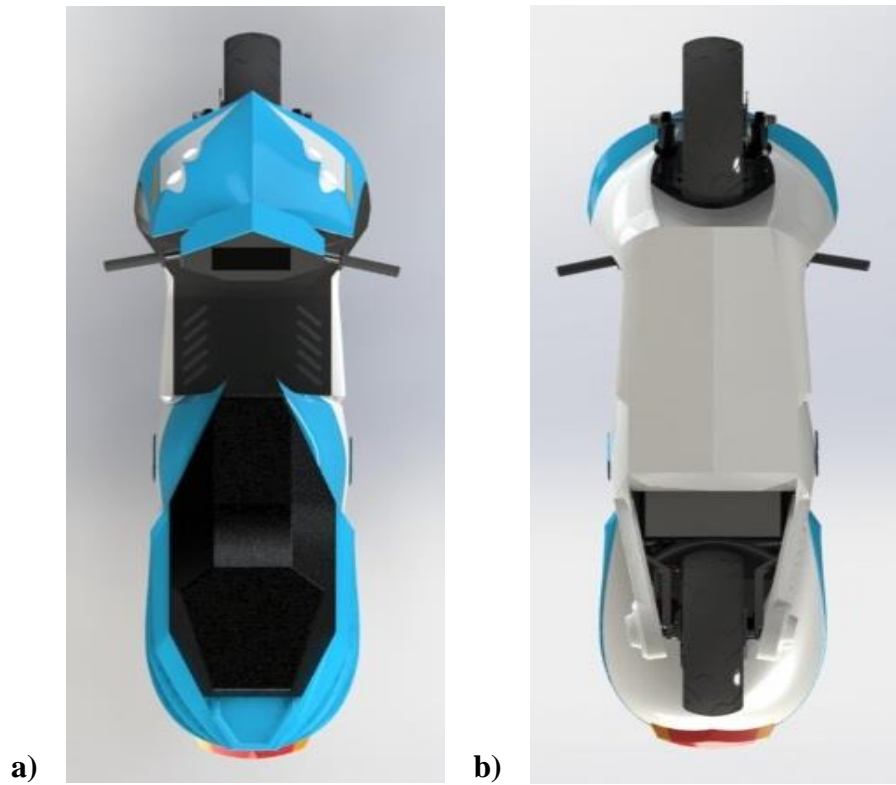


Figur 10.10: Sideperspektiv 1.



Figur 10.11: a) Frontperspektiv b) Bakperspektiv.

ELEKTRISK SCOOTER



Figur 10.12: a) *Topperspektiv* b) *Bunnperspektiv*.



Figur 10.13: *ISO-perspektiv 1.*



Figur 10.14: *ISO-perspektiv 2.*



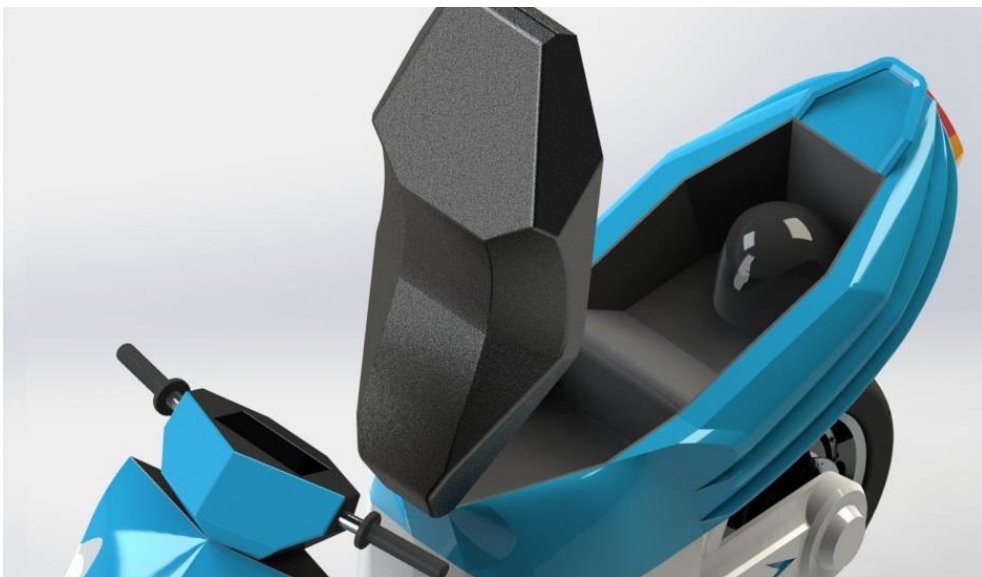
Figur 10.15: *Utskiftning av batteri 1.*



Figur 10.16: *Utskiftning av batteri 2.*



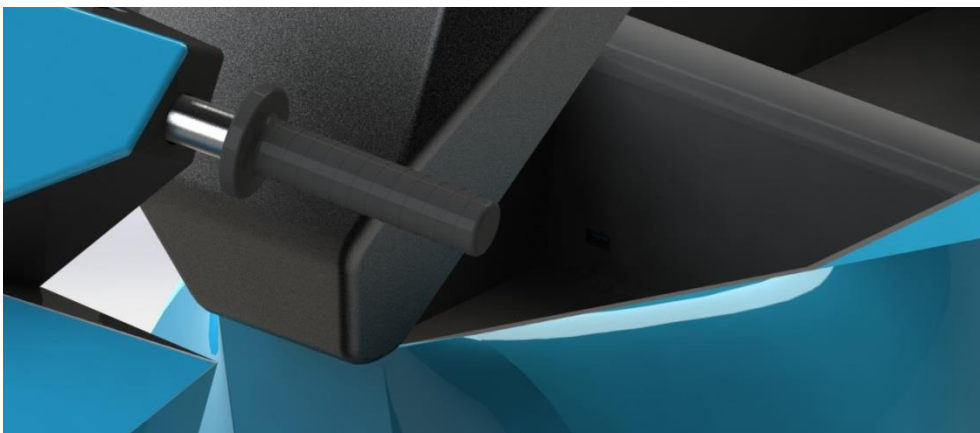
Figur 10.17: *Batteri- og controllerplassering.*



Figur 10.18: *Oppbevaringsrom 1.*



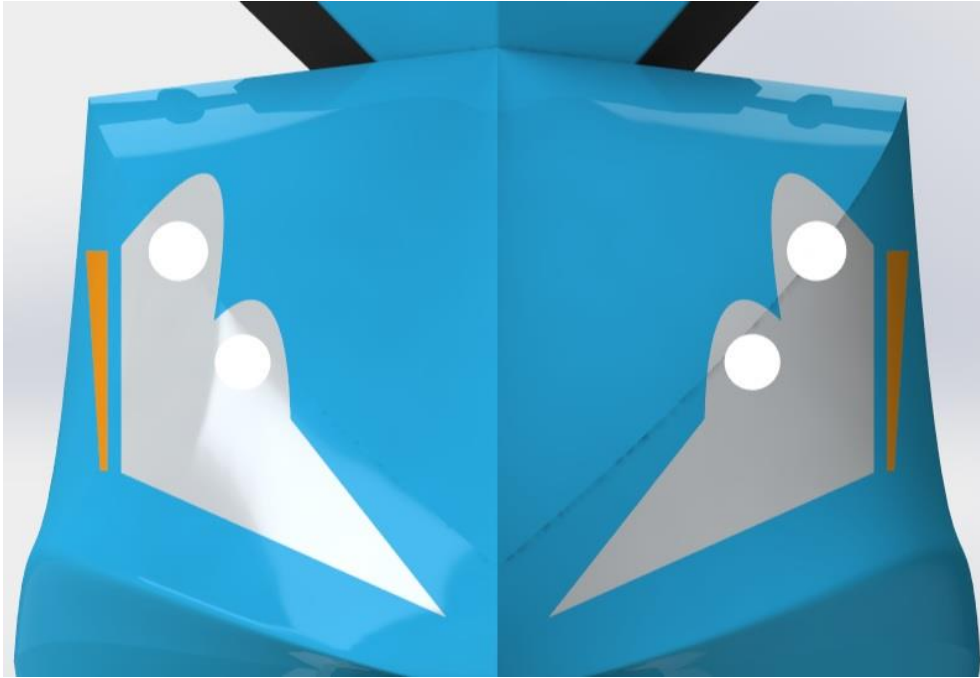
Figur 10.19: *Oppbevaringsrom 2.*



Figur 10.20: *Oppbevaringsrom 3.*



Figur 10.21: *Multimediatilkobling.*



Figur 10.22: *Frontlys.*

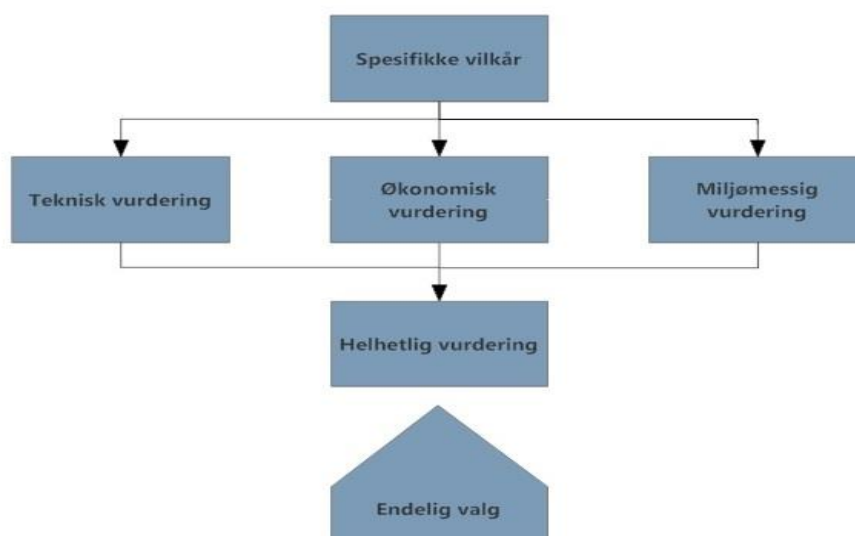
11 MATERIALER

Materialvalg er en signifikant del av utviklingsarbeidet for en scooter. De fleste designarbeid som involverer fysiske gjenstander, krever en utdypning når det kommer til materialbruken. I den forbindelse er det svært viktig at utviklerne setter seg inn i materialet som velges, og at det drøftes forskjellige egenskaper og konsekvenser et materialet kan ha. Ut ifra en jungel av materialkvaliteter, må man ta et valg på hva man vil prioritere, og hva som er nødvendig med tanke på sikkerhet og drift.

Før vi kan sette igang med å vurdere aktuelle materialer, må vi se på gjenstanden vi utvikler. Her må vi fokusere på hva man ønsker produktet skal utføre. Sammen med forventningen om hva den vil gjøre, må vi også analysere hvordan arbeidet vil bli utført, og hvordan arbeidsprosessen gjennomføres. Arbeidsprosessen er avhengig av hvor den gjennomføres, og hva slags driftsmiljø materialet må kompensere for. Videre må man kombinere dette med forbrukeren, og hva slags målgruppe man har. Dette kan påvirke utformingsegenskapene og ytelsen. En vital del av forbrukernes ønsker har ofte en økonomisk aspekt. Dette vil ofte sette grenser på hvor dyre materialer man kan gå inn for, og hva slags spesifikasjoner som på velges. Her vil miljøaspektet også kunne være en tilleggsfaktor.

For å forstå materialbruket er også en systemanalyse viktig. Det vil si ettersom du har kartlagt forskjellige aspekter ved bruken av materialet, må man også se hvordan de påvirker hverandre. Hvordan vil funksjonene knyttet til produktet være avhengig av formen, og andre relevante faktorer som bearbeiding av materialet.

Overnevnte tankegang kan nå trekkes opp mot materialvalget for en scooter. Det må vurderes hva slags materialoppbygning som kan gi optimal drift og slik at man må vedlikeholdet materialene minst mulig. Her kan utformingen av scooteren, og fargevalget være viktige referansepunkter. Videre må man også vurdere hvordan materialvalget vil påvirket selvkostkalkylen og hvordan vil vi komme ut i forhold til konkurrentene. En slik økonomisk avveining må settes opp mot ytelsesspesifikasjonene og velge en totalprofil for scooteren. I denne utvelgelsesprofilen må man også se til forholdet mellom de tekniske komponentene, og hvordan deres egenskaper er i forholdet til totaldesignet, og mellom hver av dem.



Figur 11.1: Utvelgelsesprosess for materialer.

Før vi kan gå videre å definere materialene, ønsker vi å klassifisere hva slags material kategorier vi skal operere med. For en scooter må vi vurdere om den skal betraktes som en helhetlig materialkomponent, eller bestå av flere. Deretter må hver komponent betraktes som en egen materialkategori, og dermed gjøres rede for. For hver av komponentene må de mekaniske egenskapene vurderes, sammen med en funksjonsanalyse. Her må vi også se på hva slags prosess det skal brukes for å produsere delene, og ta forbehold for om det er flere komponenter som har samme prosess [5].

For vår scooterutvikling har vi delt inn materialene innen for to hovedkategorier. I den første har vi rammemateriale, som innbefatter rammen og forgaffelen. I den andre kategorien tar vi for oss det ytre designet, og det som kommer innen kapsel og karosseri. Nedenfor har vi først sett på hva slags materialer kriterier vi skal bruke for hver av kategoriene, og deretter valgt materialkomponenten.

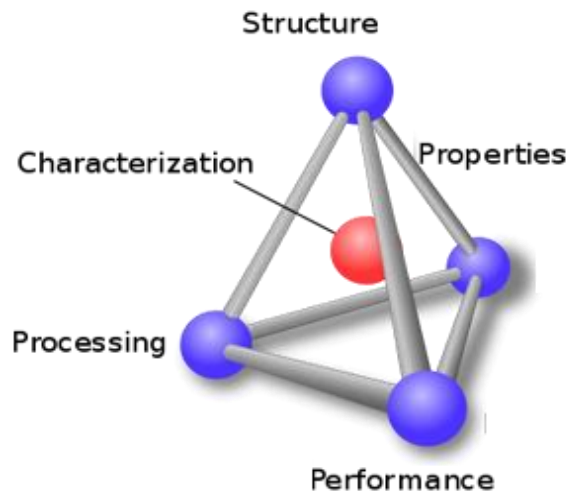
11.1 Rammemateriale

Rammen er en viktig del av scooteren, og er drøftet i hovedsak under kapitlet som omfatter design og ergonomi. I materialbetraktningen har vi kategorisert dette som en klasse som ikke omfatter bare rammen i sin generelle form, men også forgaffelen og svingarmen som hjulopphenget til bakhjulet er knyttet opp mot.

For et materialvalg skal være vellykket er det viktigste å ha god informasjon om materialene som er aktuelle. God informasjon vil gi oss et godt bilde innenfor hva slags muligheter som finnes på markedet, og hva som vil være profitabelt med tanke på vår bruk og de ytelsene som vår målgruppe vil etterspørre. I denne prosessen er det også viktig å vite hva slags produksjonsmetoder som er best for de ulike materialene, og om noen av disse metodene fører til at materialet mister helt eller delvis noe av kjennetegnsegenskapene sine.

Ofte vil informasjon relatert til produksjonsmetodene egentlig kun være tilgjengelig for produsenter, men man trenger kun en generell anbefaling slik at man knytte den opp mot andre kriterier. En av disse kriteriene for rammematerialet er om hva slags vektanslag man skal ha. Vektvalget kan avgjørende for å utelukke flere materialer, og valget mellom lett materialet og styrket er ofte det viktigste valget som foretas. Selv om rammen skal bære mange av de tidligere valgte tekniske komponentene, kan valget av en tung materialet gjøre at totalvekten blir tyngre enn konkurrentene. Med en elektrisk motorsystem og batteri som energilager, vil materialets vekt kriteriet spille en viktig rolle.

Til sist må vi vurdere hva slags pålitelighet materialet har, og hvor lang driftstid den vil kunne gi. Her kommer vi igjen i en situasjon man må avveie hva slags prioriteringer man ønsker å gjøre. Ofte vil de mest formbare rammematerialene ikke ha lang driftstid, og dermed må man vurdere om materialets levetid skal prioriteres istedenfor hva slags produksjonsprosess man legger opp for. Her kommer også sikkerhetsfaktoren inn og må sees på om materialet har en pålitelig arbeidssyklus slik at man vet hva slags egenskaper man får ved materialvalget [127].



Figur 11.2: Kulemodell som viser kompromiss som foretas ved materialvalg [148].

11.1.1 Aluminium

Et av materialene som har fått oppmerksomhet i dette prosjektarbeidet er aluminium. Dette faller innenfor klassifiseringen metaller. Metaller er et avansert fagområde, og kan bestå av enkelte grunnstoffer eller fremstilles i legeringer der flere grunnstoffer er smeltet sammen til å skape nye metaller. Den kjemiske sammensetningen av metallene i periodesystemet er gitt av at de enkelt kan gi fra seg elektroner, men kan også sammen med andre grunnstoffer lage elektronskyer. I periodesystemet har vi på den ene siden grunnstoffer som har disse metallegenskapene, og de som ikke har det. Disse skiller fra hverandre ved hjelp av de grunnstoffene i periodesystemet som er halvmetaller. De har metallegenskapene kun delvis. Metaller brukes utstrakt i industrien, mye på grunn av deres robusthet og evne til å lede strøm.

Aluminium er et ganske velutviklet metall og grunnstoff. Den ble første gang produsert i et forskningsinstitusjon i starten av 1800-tallet. Aluminium ble klargjort som et stoff noen år senere av Freidrich Wöhler, og kom i industrielt bruk sent på 1850-tallet. Verdien av metallet aluminium var lenge høyt på grunn av en vanskelig produksjonsmetode, dette gjorde at den ble verdsatt på lik linje med gull og andre høyt prioriterte gjenstander. I senere tid har metallet blitt et mye mer vanlig metall, og tall fra 2008 som stammer fra den amerikanske geotekniske myndighet viser at man hadde en årlig totalproduksjon på rundt 38 millioner tonn aluminium, der hovedproduksjonen stammer fra Kina. Likevel er produksjonen i Norge betydelig og man leverer over 1 million tonn aluminium til industrielt bruk pr. år.

Når man snakker om aluminium tenker man på et materiale som har en god motstand mot korrosjon, som er en fordel for kjøretøy, og diskuteres ytterligere etter hvert. Videre er materialet ikke magnetisk og har i sitt vanlige form en sølvfarge som er karakteristisk for metaller. Aluminium i sitt rene form kan smeltes enkelt, og betraktes ikke ofte som særlig sterk i sitt naturlige form. Naturlig finnes aluminium som isotoper av forskjellige arter, og derfor betraktes aluminium ofte som et materiale som må bearbeides.

ELEKTRISK SCOOTER

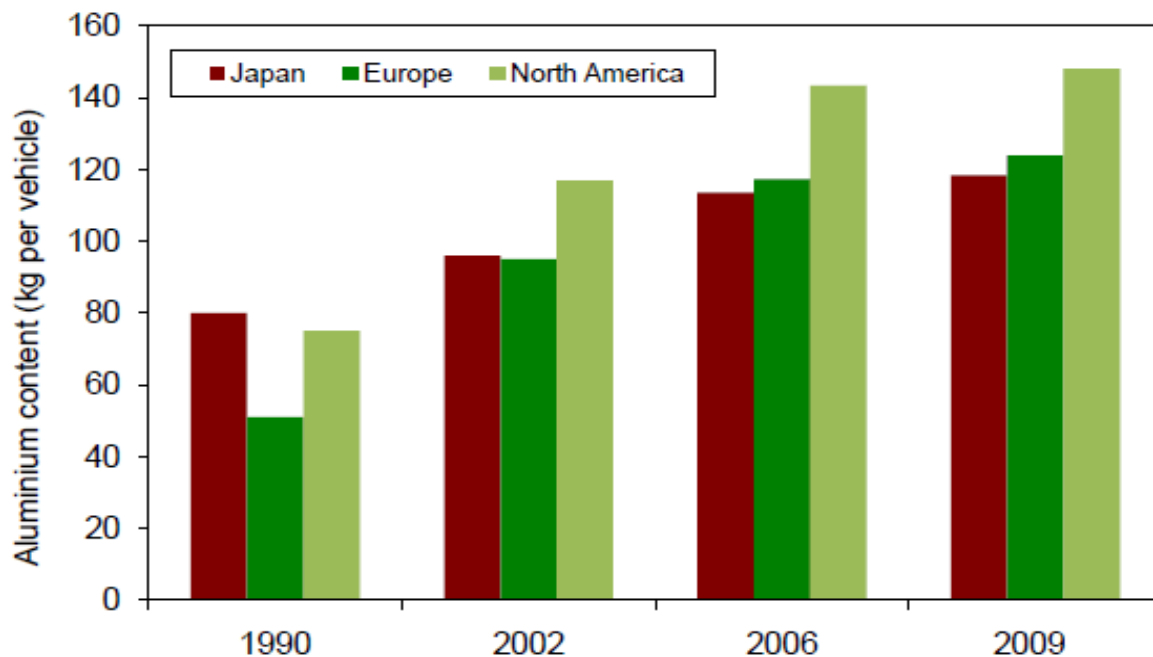
Når det kommer til bearbeidingen finnes aluminium vanligvis i mineralet feltspat. Feltspatet utgjør bortimot 60 % av jordskorpen. Ut i fra de isotopene man får frem gjennom denne delen av skorpen, utnytter man spesielt de delene som utgjør bauksitt og lateritt. De ustabile delene av aluminium kommer av at den er ganske reaktiv med oksygen, og utelukker flere enklere metoder som brukes for andre metaller. En slik kombinasjon som for eksempel stål utvinnes fra, er en kjemisk sammensetning i en kobling sammen karbon. Denne metoden har forskere jobbet med å utvikle i flere år, og Norge er blant de som ligger fremst i denne og krever enorm høyt temperatur.

Istedenfor bruker man en elektrolysemetode, som har vært vital opp gjennom årene. Denne metoden erstattet den opprinnelige utvinningsmetoden som i prinsippet var vanskelig å gjennomføre, og førte til høye aluminiumspriser. Metoden går ut på at man bruker aluminiumoksid i pulverisert tilstand. Ved å blande disse sammen med mineralet kryolitt og aluminiumflourid og kalsiumflourid i en saltvannsløsning. Disse løses opp ved en temperatur like i overkant av 900° C.

Selve elektrodene består av karbon, og utgjør polene i systemet og danner et elektrisk felt. Dette elektriske feltet kommer i bruk når man i løsningen har fått dannet ioner, på grunn av at aluminiumoksidet har løst seg opp og dannet bindinger med kryolittmineralet. Ettersom man dermed i løsningen får negativtladde oksygenioner vil de trekke seg mot den positive elektroden, og dermed oppheve den sterke reaktiviteten til aluminium. Denne opphevelsen vil føre til at man kan få aluminium tilknyttet andre ioner som er enklere å skille fra på et senere tidspunkt. Denne elektrolysen vil kreve enorme energiresurser, og videreføres ofte til et nytt elektrolyseprosess. Den siste elektrolyseprosessen bruker sodium og kalsiumflourid, og gjennomfører en ny utskillelse. Ved hjelp av disse to prosessene vil man kunne få en renhet i aluminium som nærmer seg opp mot 99,99%, og kan betraktes som aluminium i sin mest fullstendige form.

Materialet aluminium ble brukt i kjøretøysammenheng allerede på slutten av 1800-tallet, og ble offisielt vist frem i en bilkonstruksjon til 1901, av datidens store bilbaron Carl Benz. I dagens marked er det ganske populært å bruke det på kjøretøy. Spesielt har bilbransjen hatt store forskningsprosjekter innenfor materialbruken, og spesielt tyske produsenter har sett på aluminium som et alternativ. Det fokuseres på å bruke aluminium som hovedkarroseri, men blitt mer og mer vanlig å bruke den også til rammen og andre bærekonstruksjonselementer.

Det som skiller aluminium fra andre materialer er i hovedsak den store vektforskjellen. Den har en tetthet på rundt 2700 kg/m³, noe som gjør at den vil kun veie bortimot en tredjedel av for eksempel stål. Vektreduksjonen kan gi mange fordeler, og for et elektrisk kjøretøy vil besparelsen på energibruket være det mest essensielle. Vi vet fra kalkulasjonen at kreftene som påvirker scooteren, uten om aerodynamikken vil være styrt av massen til scooteren. Videre vil en redusert vekt gi en mer konstant akselerasjon på scooteren, ettersom dette avhenger av forholdet mellom massen og effekten som den utnytter. Med en lettere vekt vil man også kunne få fordeler med tanke på sikkerheten. Bremskonstanten blir lavere, som igjen blir bremselengden kortere. Utover bremselengden blir styringen også påvirket i stor grad. Man vil med et lettere kjøretøy kunne enklere manøvrer unna i nødssituasjoner, og kunne ha økt stabilitet. Lavere vekt vil gi et lavere tyngdepunkt, og som vil hindre at scooteren vil kunne tippe over. Dette vil totalt sett føre til økt kjøre glede, spesielt med lettere kobling i forgaffelen opp mot hjulet.



Figur 11.3: *Utviklingen i aluminiumsbruken i løpet av de siste tiårene, sammenligning mellom produsenter med forskjellig etninsitet [149].*

Aluminium vil være ideelt også i forhold til korrosjon, ettersom materialet er ganske beskyttende når det kommer til dette. Først og fremst er aluminium mest korrosjonsbeskyttende i sitt rene form. Den vil i denne sammenheng naturlig dannet et oksidasjonslag over materialet. Dette vil forhindre fremtidig oksidering, og oksidasjonslaget er ikke gjennomtrengbar. Dette oksidasjonsfilteret vil følge aluminium ganske godt, og hvis det ødelegges ved hjelp av spesialutstyr som et kjøretøy kan komme over ved bruk av for eksempel en spesialsåpe kan det repareres enkelt. Vanligvis skjer dette av seg selv over en periode, og forenkler også vedlikeholdsarbeidet. Selv om aluminium er et av de mest korrosjonsbeskyttende materiale burde man ta forbehold for pH-området. Materialet kan være sensitiv for pH utenfor området 4 – 9. Videre er det fordel om materialet ikke er utsatt for de generelle faremomentene for korrosjon, og ikke beholdes i kontakt med vann i lengre periode samt unngår urene kroker og ujevnheter.

I tillegg til umiddelbare fordeler ved bruk av aluminium har den også fordeler på lang sikt. Materialet kan altså så godt som fullstendig gjenvinnes. Denne gjenvinningsprosessen har blitt en essensiell del av aluminiumproduksjonen og hvis det sammenlignes med produksjonen av aluminium utgjorde den resikulerte delen 3,5 millioner tonn, av den totale produksjonen som har blitt nevnt tidligere. Gjenvinningen er også ganske energieffektivt, og man anslå at rundt 95 % av aluminium som brukes i kjøretøy gjenvinnes og brukes på nytt. I offisielle sammenhenger skiller man ofte dette mellom primær- og sekunderaluminium, men teknisk sett utgjør de samme type egenskaper. Likevel vil sekundærtypen bli brukt mest mulig i legeringer og ikke i rent form [5, 8, 150, 151].

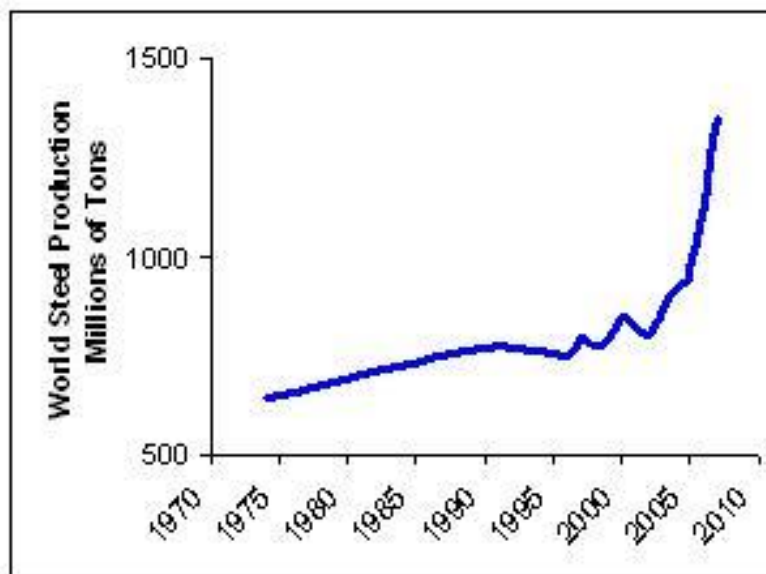
11.1.2 Alternative løsninger

Hvis man ser på en av de største konkurrentene til aluminium som materialet for rammen, er det flere alternativer som kun vært aktuelle. Ofte nevnes en sammensetning som kalles stål, og er en kjemisk

ELEKTRISK SCOOTER

kobling i hovedsak mellom jern og karbon. I denne kjemiske blandingen er ofte jernet det dominerende stoffet, mens karbon brukes som et tillegg for å modifisere egenskapene. Teknisk defineres denne legeringen som en sammensetning med opptil et karboninnhold på 6,7 %. Likevel vil man oppleve at tradisjonelt stål vil kunne ha enkelte elementer fra fosfor, mangan og silikon, i tillegg til karbonet. I andre tilfeller tilsetter man større mengder med andre metaller for å oppnå mer tilpassede løsninger. I denne sammenheng brukes også metaller som mangan, krom, nikkel og titan.

Stål og jern er historisk sett materialer i industrien som har vært lengst i bruk. Likevel økte bruken av stål og stålprodukter dramatisk rundt midten av 1850-tallet. Først og fremst skyldtes det krigsutrustningen på denne tiden, og stålet var et yndet materiale i krigsindustrien. Dette kombinert med en enklere prosess for å produsere stål utviklet av Henry Bessemer gjorde at bruken etter hvert ble mer og mer populært. I løpet av de siste årene har utviklingen innenfor materialet forandret seg dramatisk, og produksjonsmetodene er mer effektive og krever mindre personell for drift. Mye av produksjonen har blitt flyttet til Kina og India. I mange tilfeller kan stålproduksjonen gi en pekepinn på den økonomiske tilstanden med tanke på hvor mye stål som forbrukes til konstruksjon og utvikling. Før Bessemer-metoden ble introdusert ble stål mesteparten brukt til å lage håndredskaper, men dette har sakte men sikkert utviklet seg. I dag bruker man stål i et bredt produktspekter, der man kan nevne store konstruksjoner som bygninger og broer til elektriske enheter og kretser. Dette kan utvides til medisinsk utstyr, og helt frem til klokker og industrielt maskineri.



Figur 11.4: Utviklingen i stålproduksjonen fra 1970 og utover [152].

Fra et teknisk perspektiv kan man si at stål består på mikronivå av atomer av jern i en krystallstruktur, mens karbonatomene ligger i det ledige rommet som oppstår mellom bindingene av jernatomer i krystallgitteret. Dette gjør at jernatomene holder seg i system. Produksjonsmessig vil man på den andre siden oppleve at den opprinnelig jernmalmen som utvinnes inneholder veldig mye karbon. Dermed bruker man mekaniske prosesser for å redusere karboninnholdet, og i enkelte tilfeller tilsetter andre metaller for å få til dette. Gjennom forskjellige produksjonsmetoder får man ulike ståltyper. De mest kjente er karbonstål, som forholdsvis består av mesteparten jern og karbon. Dette utgjør en sterk

kombinasjon og er også enkel i produksjon. Dette er et godt likt type i industrien og brukes mest som konstruksjonsstål. I mer sensitive sammenhenger brukes ofte det som kalles rustfritt stål. Denne vil kunne være beskyttet mot korrosjon, dersom man ikke bryter oksidasjonslaget som blir lagt tynt over metalloverflaten.

Produsentene av stål har også i løpet av de siste årene fått oppmerksomhet rundt gjenbruk. Det brukes store ressurser på å gjenvinne stålet som brukes, slik at man kan skape et mer miljøvennlig perspektiv på bruken. Finanskrisen har gitt gjenvinningsindustrien en mer sentral posisjon, og spesielt i USA har man satt opp store gjenvinningsanlegg. I 2008 hadde man rundt 80 % gjenvinning av stålmaterialet, som stammet i fra alt som hverdagslige materialer til store avfall fra nedbygninger av oljeplattformer som inneholder blant annet bjelker. I Norge har AF Decom i gang store prosjekter når det kommer til gjenvinning av løfteåker og andre oljeanlegg, både offshore og onshore.

Stålmaterialets oppbygning kan gi oss to spesielle sett med egenskaper, til industrielt bruk. Disse egenskapene avhenger av hva slags behandling vi foretar på materialet når det kommer til temperatur og tilsetningsrekkefølge på andre stoffer. Først har vi en kategori som går under navnet austenitt. Austenitt former det som vi kjenner som karbonstål, og dette skjer ved oppvarming over 727°C. Når vi kommer til de andre typen, kalles den ferritt. Den vil formes under 727°C, og med en temperatur over 1394°C og kan betraktes som en ståltipe som ofte oppleves som magnetisk. Karboninnholdet varierer mye, men ferritisk stål har minst en andel på 0,022% karbon. Så lenge vi snakker om vanlig stål vil den kun opereres opp til 2,1 % karboninnhold, over dette innholdet og opp til grensen på 6,7% vil man ha støpejern. Varmebehandling er også en viktig del av komposisjonen til et stålmateriale, og vil ikke diskuteres i denne sammenheng på grunn av relevansen i forhold til temaet [5, 8, 151, 153].

11.1.3 Sammenligning

Før vi går videre kan vi sette opp fordelene og ulempene med aluminium og stål.

Tabell 11-1: Oversikt over fordeler og ulemper for de aktuelle materialene.

Materiale	Fordeler	Ulemper
Aluminium	Lett vekt Gjenvinning Energiabsorpsjon Korrosjonsbeskyttelse	Dyr pris Lav styrke i sitt rene form Tilgang
Stål	Lett tilgang Billig Stor styrk	Høy vekt Korrosjon

Etter å ha sett litt nærmere på de mest populære alternativene, er det på sin plass og kunne sette disse materialene opp mot hverandre. Dette vil utdype vårt valg ytterligere. Sammenligningen mellom aluminium og stål har vært bred i en stor del av materialhistorien, og ble for alvor et tema i bilindustrien i slutten av 1900-tallet. Begge materialene har i sin naturlige form en god del fordeler, og har vært satset på innovativt for å oppveie ulempene sine, i løpet av de siste 50 årene. Nedenfor drøftes noen av forskjellene mellom materialene.

ELEKTRISK SCOOTER

Først og fremst vil aluminium være fordelaktig i forhold til stålet på grunn av vektforskjellen. Vektforskjellen er utredet tidligere i materialdiskusjonen, og aluminium antas å være tre ganger lettere enn stålet. Selv om stålprodusentene har prøvd å utligne aluminiums vektfordel, er det fortsatt en god del tekniske aspekter som må kompenseres for at man kan oppnå like mye vektreduksjon. Utover dette regnes aluminiumet å være miljøvennlignere og et mer bærekraftig alternativ. Med en kjøretøyindustri som hele tiden pålegges ytterligere krav til å skape en mer signifikant miljøprofil, er aluminiumet langt mer gjenvinnbar. Teknisk sett vil man kunne oppnå en fullstendig gjenproduksjon, noe som gjør den til blant de beste i klassen. På den andre siden er stålproduksjonen mye større enn aluminium, noe som gjør at man kan oppleve stålet som et mer tilgjengelig materiale og enklere tilgang. Ved valg av materialtype og produksjon av aluminium må også enkelte forbehold taes ettersom den kan være sensitiv i forhold til varmebehandling.

Et annet viktig moment for aluminium er at den også er mer driftssikker for kjøretøy. Den kan blant annet ta opp dobbelt så mye energi ved en eventuell kollisjon. Dette fremhever sikkerhetsaspektet, og en faktor som har økt aluminiumsbruken i blant annet biler. Vedlikeholdsmessig vil også aluminium være fordelaktig med tanke på korrosjonsbeskyttelse, som igjen vil føre til mindre verkstedsbesøk og økonomisk drift. Ettersom aluminiumsmaterialet holder seg bedre, vil også videresalg av scooteren gi en høyere verdi enn stålmaterialet [5, 8, 150, 151, 153].

Til slutt kan vi sette opp tekniske spesifikasjoner for både aluminium og stål opp mot hverandre.

Tabell 11-2: Oversikt over noen tekniske fakta, for aluminium og stål.

Egenskaper	Materiale	
	Aluminium	Stål
Tetthet (kg/m^3)	2700	7800
E-modul (N/mm^2)	70000	210000
Skjærmodul (N/mm^2)	27000	81000
Poissons ratio	0,33	0,3
Termisk ekspansjonskoeffisient ($1/\text{K}$)	23×10^{-6}	10×10^{-6}

11.1.4 Aluminiumlegeringsstyper

Vi deler inn aluminiumslegeringer etter måten de er blitt produsert på. Vi har to hovedtyper, der de blir kategorisert etter om materialet er støpt eller blitt til gjennom smedarbeid. Begge typene betegnes først etter hva slags behandling de får, før en nummerserie beskriver hva legeringen består av og hvilke hovedtype den tilhører

a) Aluminiumsbehandling

Aluminiumslegeringen kan være behandlet på ulike metoder, og for dette materialet blir det betegnet med en stor bokstav som enkelte ganger blir etterfulgt av en tall. Hvis vi ser alfabetisk på dette har vi først en F-betegnelse som står for en standardisert fremstillingsmetode som ikke defineres ytterligere. Dette er den mest enkle aluminiumslegeringen som ikke får spesiell behandling. H-betegnelsen står for kaldbearbeidet legering, og den første nummerbetegnelse etter bokstaven forteller oss om

kaldbearbeidningen ble etterfulgt med en varmebehandling for utjevning av påkjenninger innad i materialet eller ikke. Den andre nummerbetegnelsen foreslår hardheten i materialet.

Etter dette følger en O-betegnelse som står for myke materialer, og etterfølges av T-serien. T-betegnelsen står for varmebehandlede legeringer som avsluttes med ulik grad av kaldbearbeiding. Denne graden blir betegnet med forskjellige tallkombinasjoner 1 til 10. Til slutt har vi W-betegnelsen som står for kun varmebehandlet legering.

b) Nummerserier

Nå det kommer til nummerserier er disse definert etter en 4-tallskombinasjon. For smedarbeidede legeringer har man definert disse fra 1000-8000, der 1000 står for 99 % ren aluminium og resten av kombinasjonen uttrykker materialet som aluminium er legert sammen med, og hvilke egenskaper som legeringen vil fremheve. På den andre siden har vi støpte legeringer som er definert med samme 4-tallskombinasjon, bare at kombinasjonene er delt med en punktum etter de to første tallene. Her har vi også 1-serien som betegner 99 % aluminium, og resten av tallkombinasjonene opp til 8-serier som forteller legeringsmateriale og hovedegenskaper [5, 8, 150, 151].

11.1.5 Valg av aluminiumtype

Når vi nå skal velge ut en aluminiumslegering ut av de mange alternativene, ønsker vi et materiale som er bedre enn stålmaterialet på styrke og energiabsorpsjon. Med legeringen 7075-T6 vil vi få et godt bearbeidet materialet, som er en av de beste med tanke på styrke og utholdenhet. Materialet er hovedsakelig legert med metallet sink, men har også delkomponenter av magnesium, kopper, titan og krom. Den har en styrke på over 570 MPa, og har en lengdeutvidelse på bortimot 10 %.

Valget av 7075-T6 er ikke uvanlig i transportindustrien, og den ble allerede i førkrigstiden brukt i japansk flyindustri. Materialet brukes i kjøretøybransjen på grunn av det høye styrke-tetthet forholdet og sin varmeabsorpsjonsegenskaper.

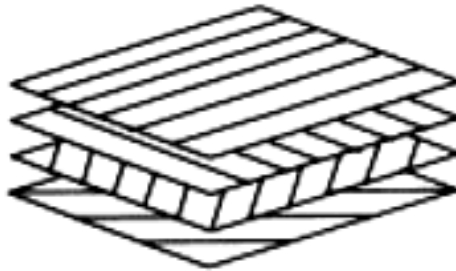
11.2 Dekselmaterialet

Når det kommer til materialet for kåpen og den ytre delen av scooteren, må vi betrakte noen andre faktorer som viktige, enn de for rammematerialene. I denne sammenhengen må vi velge et materiale som gir kvalitetsfølelse, og som vil tiltrekke fremtidige kunder og forbrukere. Vi må velge et materialet som øker komforten under kjøreturen og som føles behagelig for føreren. I tillegg til å ha utseende og ytelsesmessige kvaliteter må konstruksjonen også tåle de ytre belastningen som værforholdene kan gi, spesielt i Skandinavia. For å beholde tankegangen om en lettest mulig konstruksjon vil også vekt være en viktig faktor under materialvalget.

I denne delen av diskusjonen har vi kun betraktet ønsket materialet. Dette ettersom denne delen av konstruksjonen ikke krever utdypende vurdering og det ikke er definert klare alternative materialer, hvis vi ser bort ifra aluminium og stål. Dette materialet vil være med på og gi scooteren vårt særpreg, og de tekniske spesifikasjonene får mindre prioritering.

Komposittmateriale – karbonfiber:

Materialet vi har valgt er en komposittmaterialet. Dette komposittmaterialet skal være fiberarmert plast, med karbonfiber som hovedmaterialet. Et slikt komposittmaterialet kan produseres til å være så egenspesifisert så mulig. Dette kan gjøres på forskjellige metoder, og materialet betegnes som ortotrop. Dette vil si at de tekniske spesifikasjonene kan variere i ulike retninger, spesielt den mest viktigste for oss, styrken. Den vil være høy hvis det blir påført påkjenning parallelt med fiberretningen. En sammensetning av karbonfibrene i ønskede retninger kalles laminat.



Figur 11.5: Laminat, sammensetningen av fiberene [15].

Videre er det viktig å vite at man må velge et matrisemateriale som kobler karbonfibrene sammen, og måten hver enkelt fibermaterialet legges på er hovedsaklig gitt ut ifra vinkelretningen. I følge resultatene fra Roskvas prosjektoppgave som tok for seg dette materialet, ble det anbefalt at vi valgte matrisematerialet til å være epoxy. Dette materialet har lav styrke, men skal kun brukes som et tilleggsmaterialet, og de totale styrkeegenskapene vil fortsatt blir ganske høye. Den totale styrken vil ikke ha så stor effekt for vår scooter, ettersom dette kun er et deksel. Vi vil derfor nøye oss med tre lag av karbonfiber. Vanlige konstruksjoner som tar i bruk dette materialet, bruker ofte en selv bærende rammeløsning spesielt innen bilindustrien, og vil kreve flere lag.

Når vi kommer til selve karbonfiberen består den av karbonatomer, som er satt sammen i et krystallisk mønster. Det er denne mønsterkombinasjonen som gjør at fiberen får stor styrke i forhold til vekten. Karbonfibrene er i seg selv små strå med diameter på ca. 0,01 mm. Selv om det er forklart mange gode sider med karbonfiberen, må vi oss ta forbehold om ulempene. Her kan blant annet dårlig motstand mot spenningskonstruksjoner og punktlaster nevnes. Dette fordi karbonfiberen er et sprøtt materialet og karbonstrukturen blir best utnyttet ved belastning i lengderetningen [15].

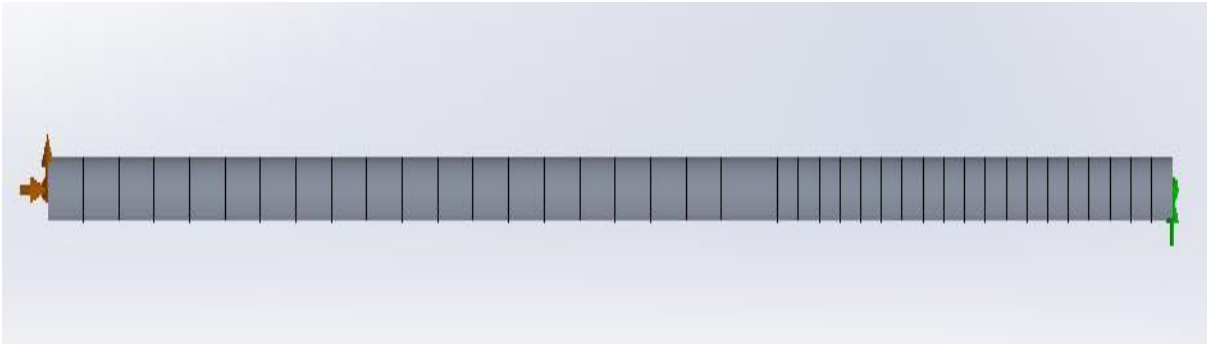
12 STRUKTUROPTIMERING VED FEM

Simuleringsdelen skal hjelpe oss å se om rammekonstruksjonen er bærekraftig og i god nok stand til å brukes i utviklingsprosjektet. Vi starter først med å sette opp en forenklet modell for hovedkonstruksjonen, som består av rammen, svingarmen og forgaffelen, som sammenlignes med håndberegningene. Videre ser vi på noen lasttilfeller som også kompenserer for den dynamiske belastningen.

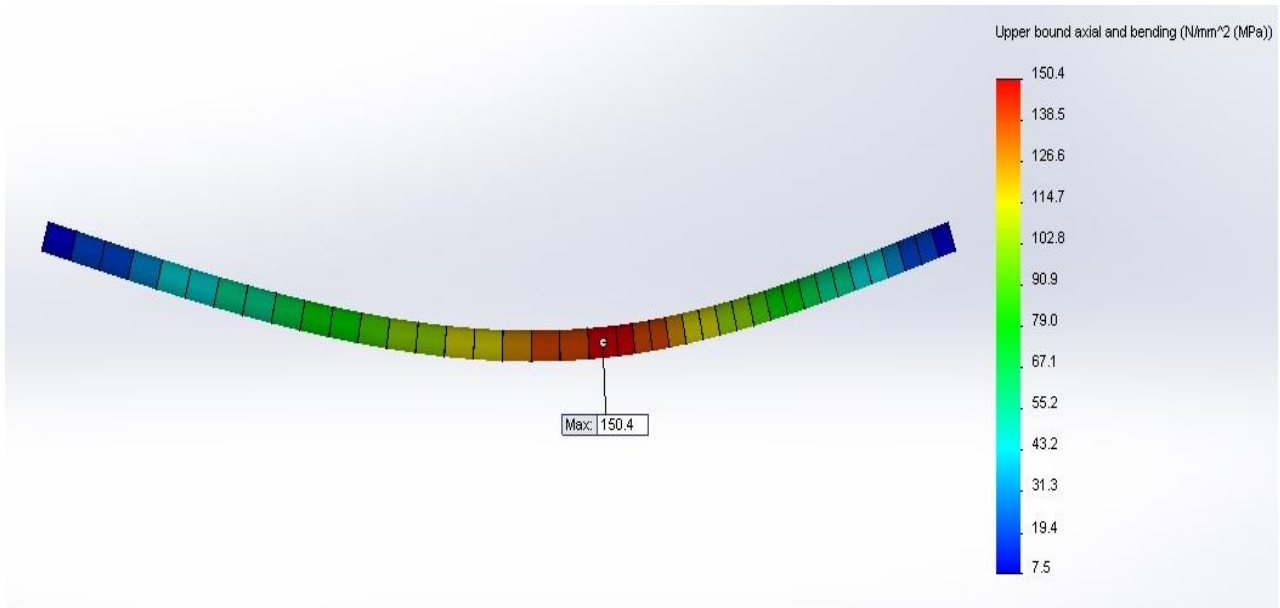
Simuleringen foregår ved hjelp av FE-analyse, som er en analyse som verifiserer designpresentasjonen vi har lagt frem. For analysen legger man inn data som hentes ut av CAD-programmet, og CAD-modellen blir satt opp i en meshet utgave. Deretter påføres materialegenskaper, belastninger og grensetilfeller. Ved hjelp av disse variablene kan man definere prosessen og utføre simulasjonen. Simuleringen vil dermed gi tilbakemelding bestående av spenninger, deformasjoner og andre designparametre. Når det kommer til scootermodellen, har vi for enkelhetens skyld valgt å kun definere de bærende delene av konstruksjonen.

12.1 Forenklet modell

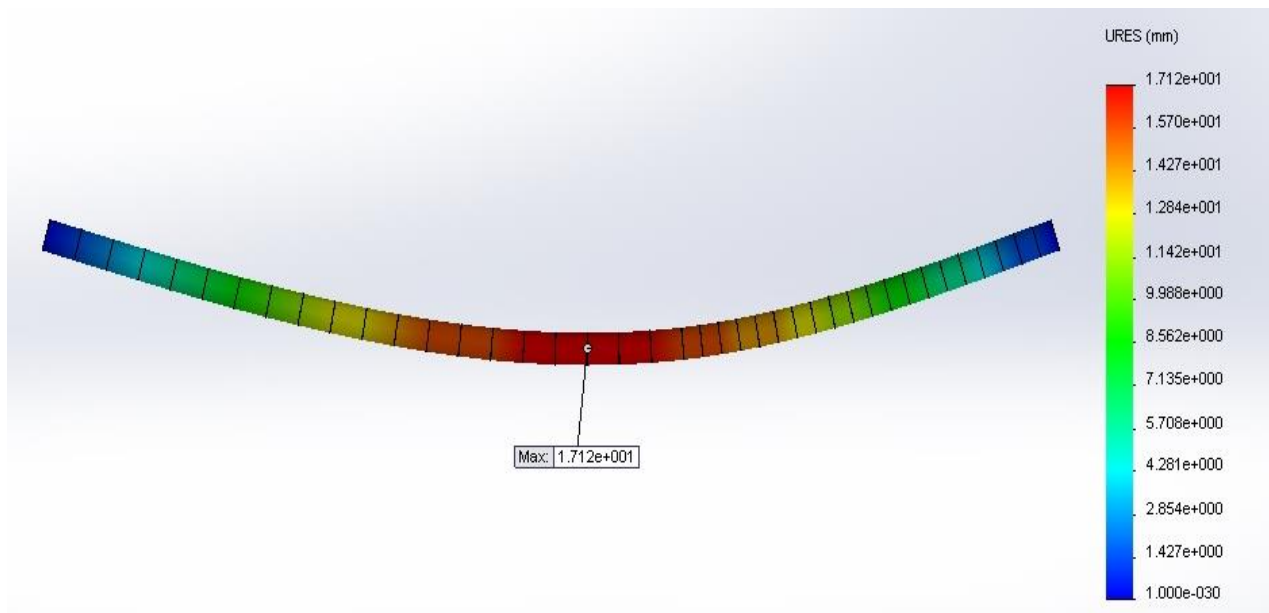
Når vi nå skal sammenligne håndberegningen med en modell, vil det taes mange forenklinger og begrensninger. Slik vi gjorde under håndberegningen har vi forenklet modellen med en bjelke. Denne bjelken er løst med tre frihetsgrader på venstre side, og to på høyre, ettersom vi operer med 3D. Modellen er i statisk form.



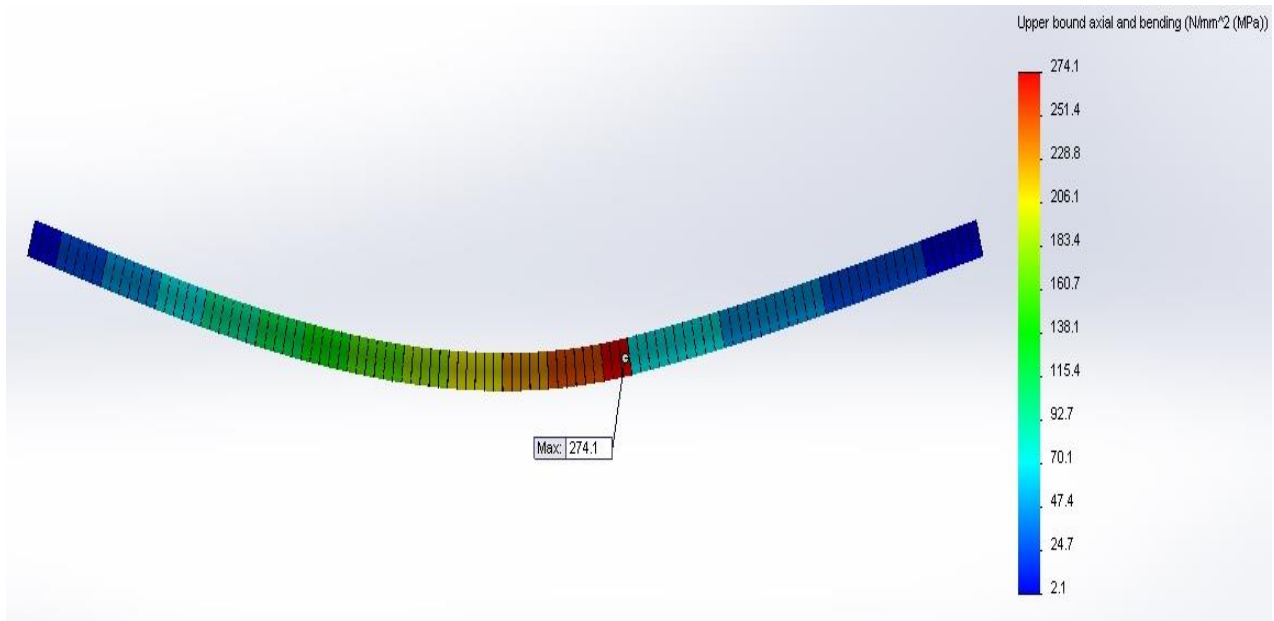
Figur 12.1: *En meshet utgave av den forenklete modellen.*



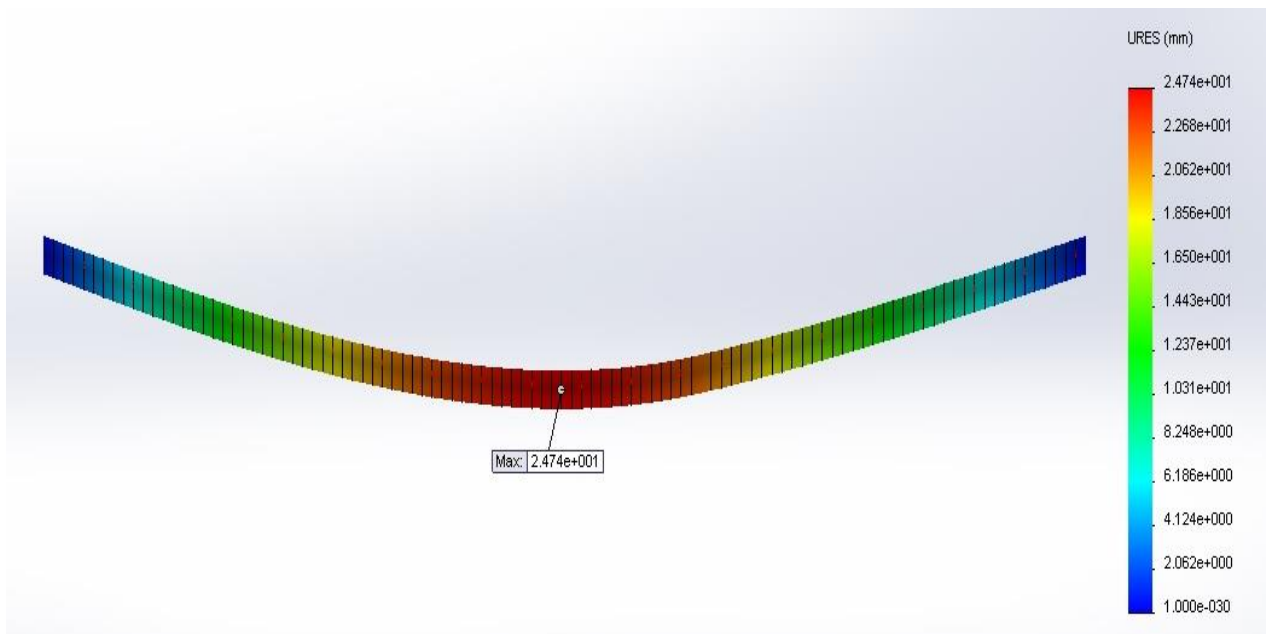
Figur 12.2: *Maksimal bøyespenning i den forenkede modellen i statisk utgave ligger på 150,4 MPa.*



Figur 12.3: *Statisk deformasjon i den forenkede modellen ligger på 17,12mm.*

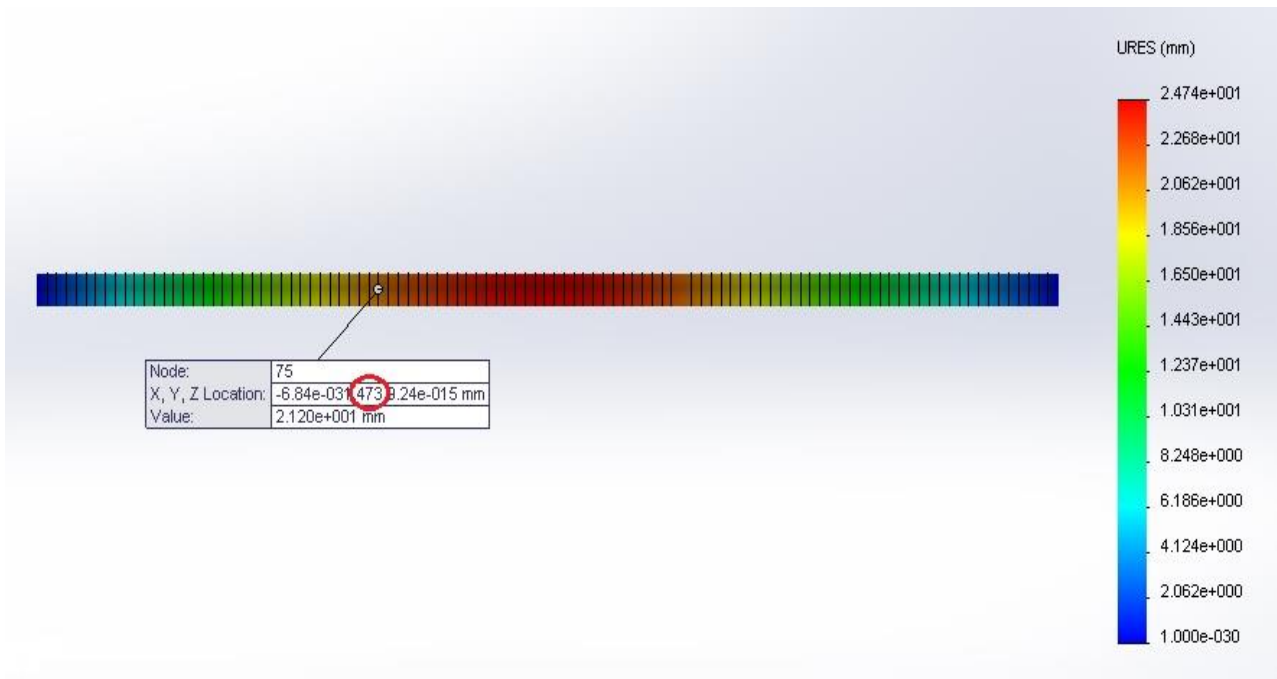


Figur 12.4: Maksimal bøyespenning ved bremsing i den forenklede modellen ligger på 274,1 MPa.

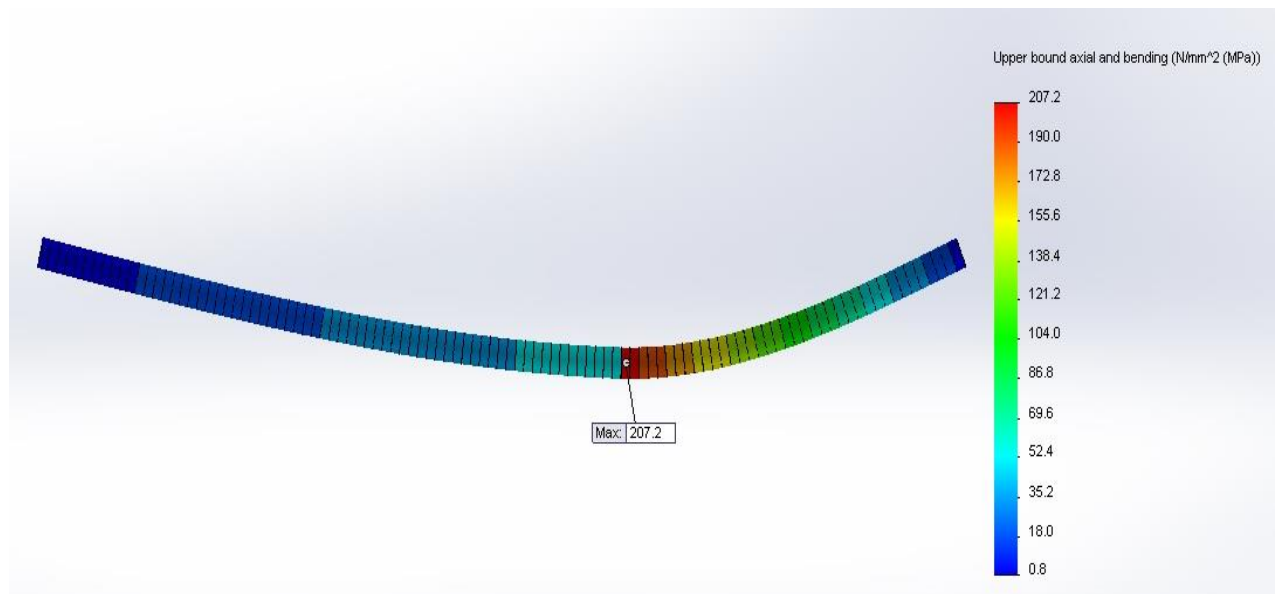


Figur 12.5: Maksimal nedbøyning ved bremsing i den forenklede modellen ligger på 24,74 mm.

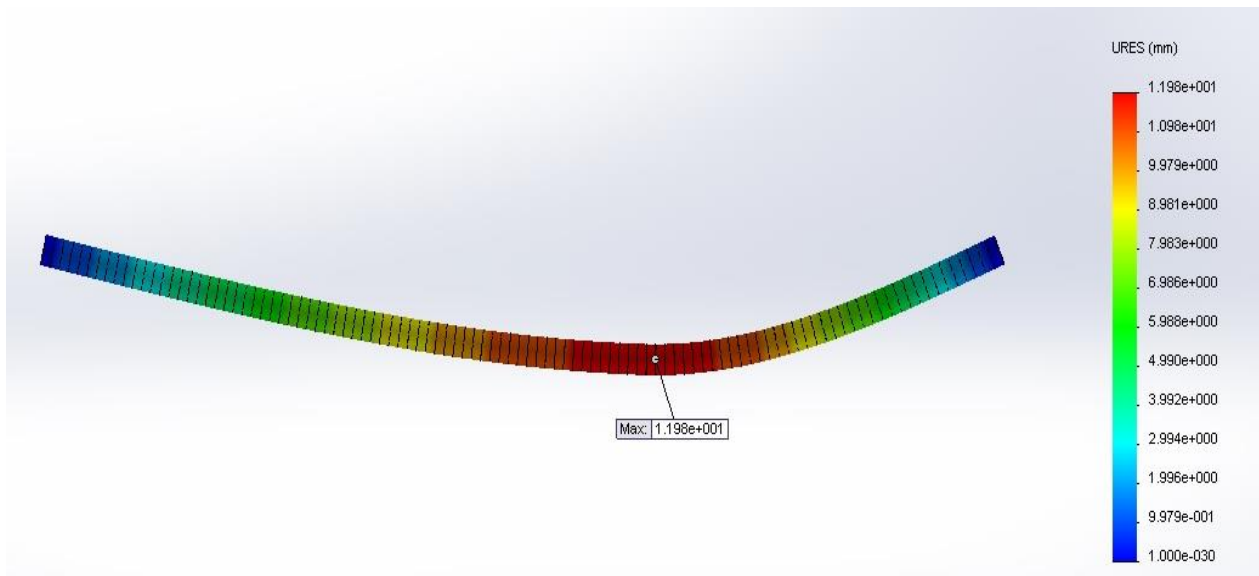
Et avvik i resultatet for maksimal nedbøyning ved bremsing, men ved innsatt verdi for nedbøyning i punktet for den beregnede nedbøyningen gir samme deformasjon, jfr. figur 12.6.



Figur 12.6: Nedbøyning ved punktet beregnet ved hånd for bremsing i den forenklede modellen ligger på 21,2 mm.



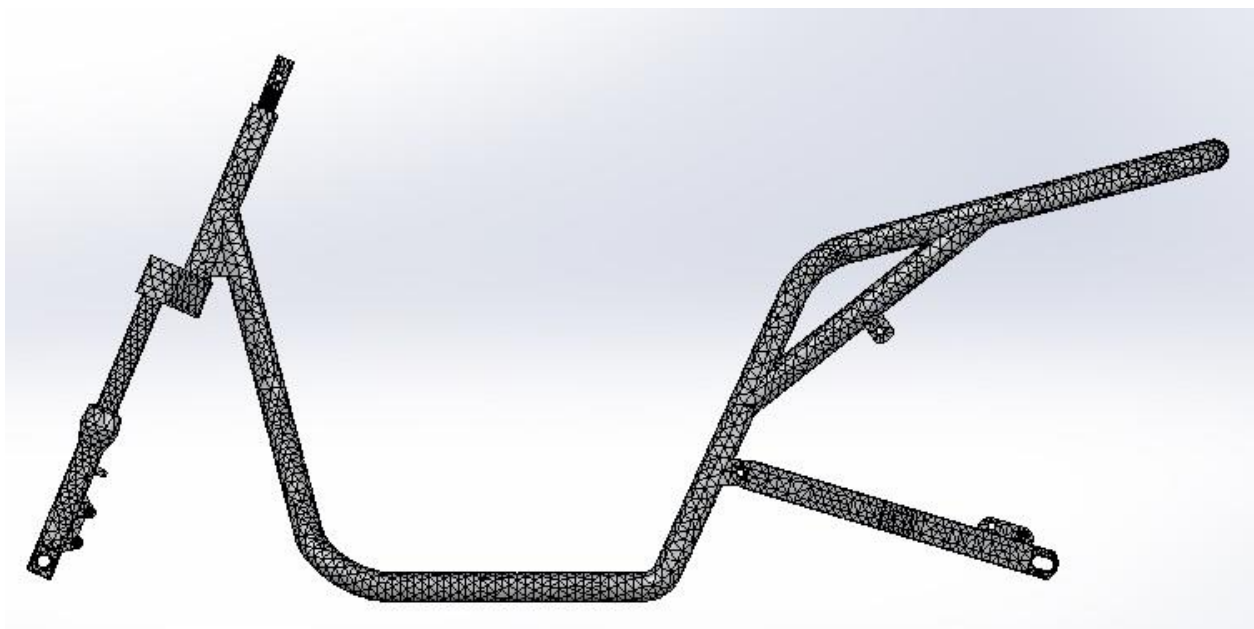
Figur 12.7: Maksimal bøyespennning ved akselerasjon i den forenklede modellen ligger på 207,2 MPa.



Figur 12.8: *Maksimal nedbøyning ved akselerasjon i den forenklede modellen ligger på 11,98 mm.*

12.2 Mesh

Når vi bruker hovedkonstruksjonen for analyse, tar vi en meshet utgave. En slik utgave deler konstruksjonene opp i noder, og knytter dem samme i et nett. Jo tettere nodeplasseringen er, mer presis blir beregningene vi gjør. Vi har i programalternativene valgt blant en fin meshingstype, slik at vi får bedre anslag på våre analyser.

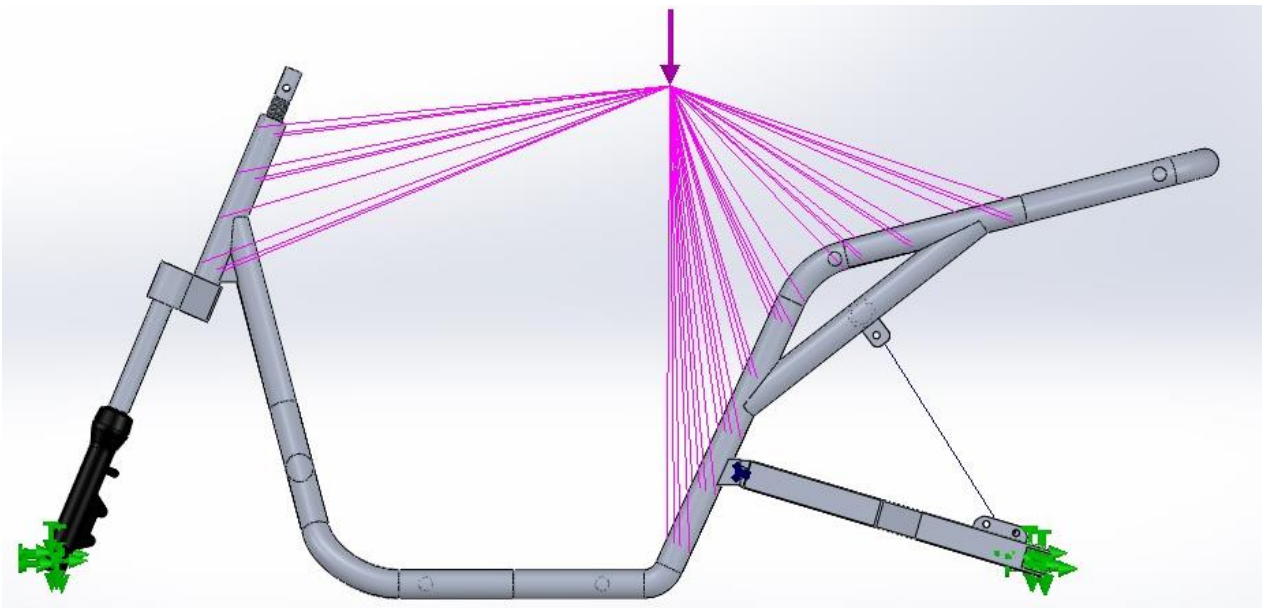


Figur 12.9: *Meshet utgavet av hovedkonstruksjon.*

12.3 Definerer av lasttilfellene

For lastetilfellene er de faste punktene i konstruksjonen koblet opp mot tyngdepunktet slik at lastene inntreffer utifra det punktet. Tyngdepunktet har blitt definert tidligere ved håndberegning. De faste punktene ligger ved forhjulet og bakhjulet, og siden vi på dette tidspunktet ikke vil inkludere de eksterne komponentene og designdetaljene har vi brukt en Remote Load/Mass-funksjon til å koble tyngdepunktet med koblingspunkter mellom rammen og de andre delene av hovedkonstruksjonen. Disse delene er i hovedsak forgaffelen og svingarmen. Videre er det også definert en pin-kobling for rotasjonen, mens en stiv link (rigid link) som skal kompensere for bakhjulsopphenget. En stiv link vil føre til at vi får større verdier for kreftene, og sikkerhetsfaktoren blir lavere. Dermed vil testingen gi oss en mer sikrere konstruksjon.

Vi vil nedenfor betrakte situasjoner som regnes som dynamiske og de fleste av situasjonene i virkeligheten regnes innenfor denne kategorien. Ettersom vi kjenner E-modulen på $7,2 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ og strekkfastheten på 570 MPa for aluminiumstypen 7075-T6, gir disse egenskapene oss et utgangspunkt med tanke på energiabsorpsjons- og tøyingsreservene i materialet. Dermed kan vi sette opp en sikkerhetsfaktor som er større enn 1,5-2. For å være på den sikre siden definerer vi minste sikkerhetsfaktor til å være 2. Vi må ved sikkerhetsberegningen likevel gå ut i fra at det finnes en usikkerhet i dynamiske beregninger og det ofte er vanskelig å forholde seg til en bestemt sikkerhetsfaktor. Videre er sikkerhetsfaktoren definert som $n_{SF} = \frac{\sigma_y}{\sigma_{vm,maks}}$, og flytegrensen, σ_y er satt til 505 MPa for aluminiumsmaterialet. Ved å se på flytgrensen og ut fra et rent statisk belastningsscenarie, vil man med en sikkerhetsfaktor på 2.0 mot flyt sette opp en maks tilatt Von-Misesspenning spenning på $\sigma_{vm,maks} = \frac{\sigma_y}{n_{SF}} = \frac{505 \text{ MPa}}{2} = 252.5 \text{ MPa}$. Denne maksspenningen vil dermed måtte kontrolleres for de lastscenarioene vi tar for oss.



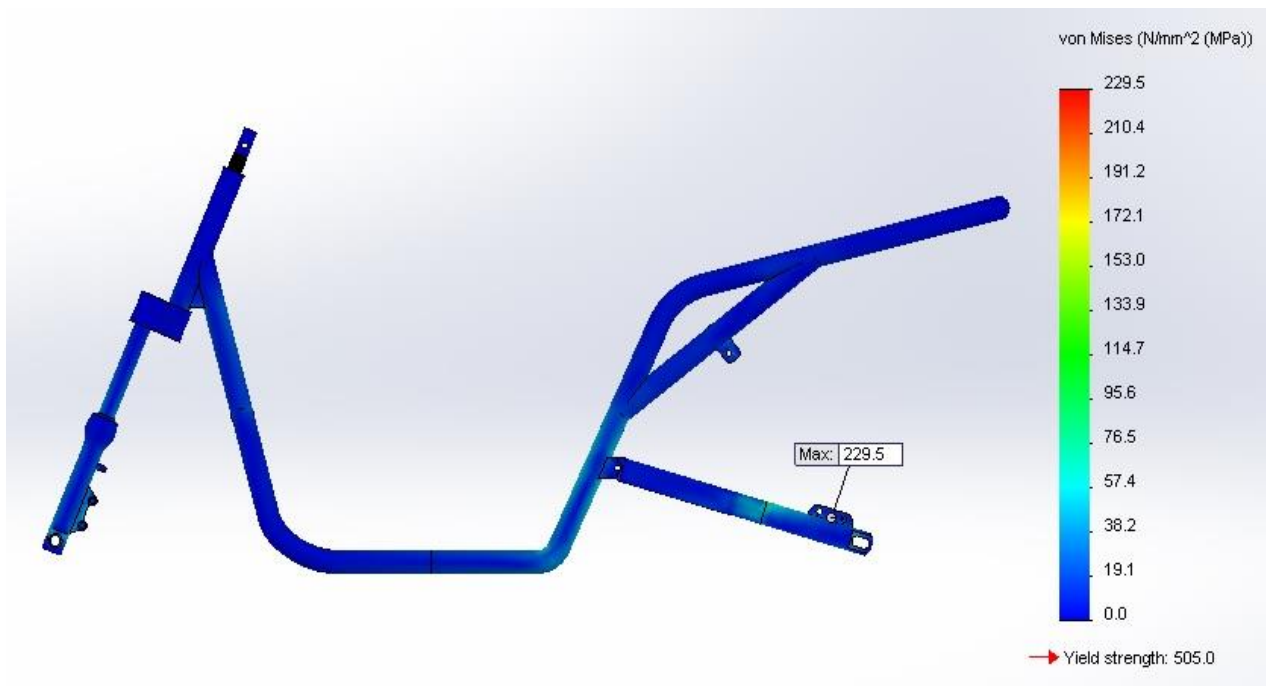
Figur 12.10: De faste punktene er koblet opp mot tyngdepunktet.

De lasttilfellene som vi presenterer nedenfor er situasjoner som scooteren møter på i det virkelige liv, og hensikten med en slik simulering er at vi får verifisert konstruksjonen slik at den også vil stå imot ved noen av de mer harde belastningene som den blir utsatt for under drift. Videre brukes det også en dynamisk lastfaktor på 3 i disse beregningene ettersom disse er statisk, og vi må kompensere for den dynamiske effekten som ble nevnt tidligere. Teknisk sett vil vi dermed ikke bare ha en sikkerhetsfaktor på 2, men ha en sikkerhet på $3 \times 2 = 6$. Faktoren på 3 er innkalkulert med lastene i alle de påfølgende belastningssituasjonene. Akselerasjonen i disse tilfellene vil være lik gravitasjonskoeffisienten g , ettersom dette er vanlig praksis i kjøretøyindustrien for å definere den mest belastende akselerasjonen.

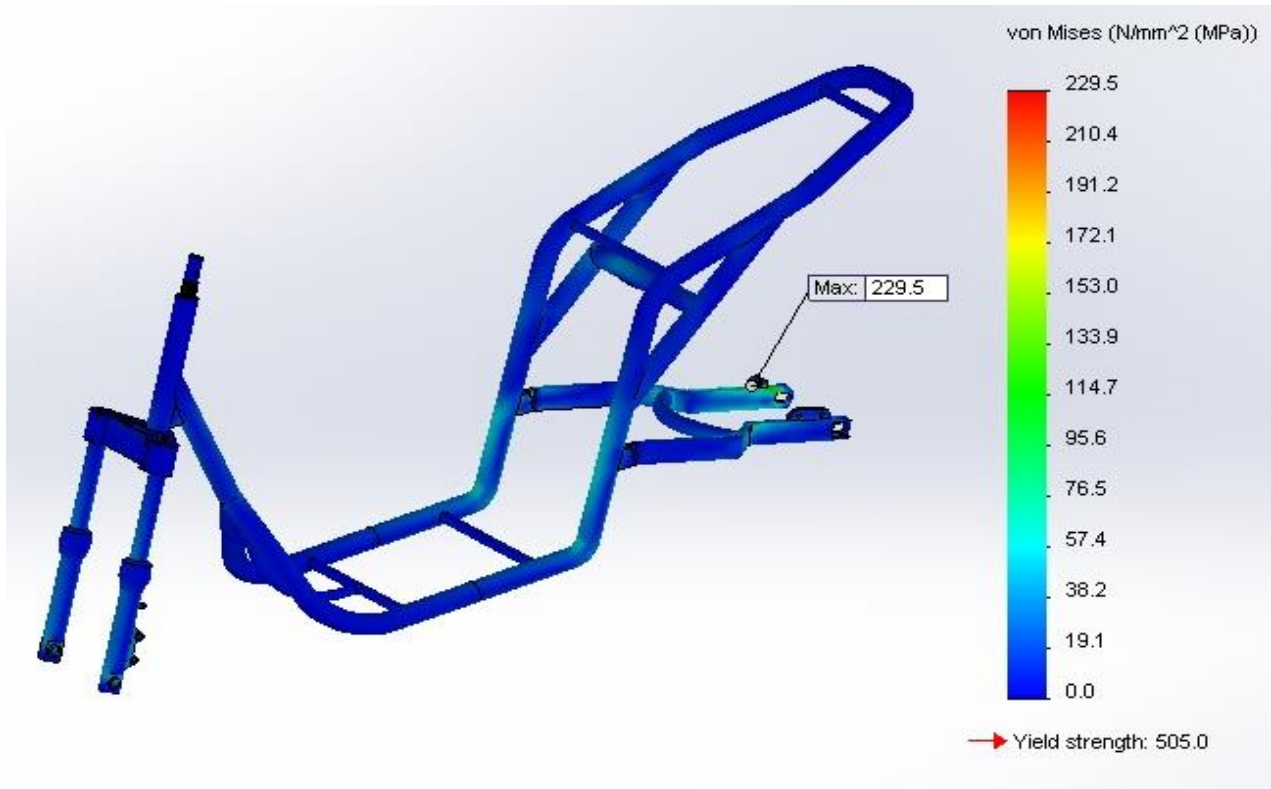
Under har vi definert noen lastscenarier der vi starter med å fokusere på bremsing i lastscenario 1, akselerasjon i lastscenario 2, fortsetter med hull og ujevnheter på undersiden av veibanen i lastscenario 3 og avslutter med fartsdumper og ujevnheter på oversiden av veibanen i lastscenario 4.

12.3.1 Lastscenario 1

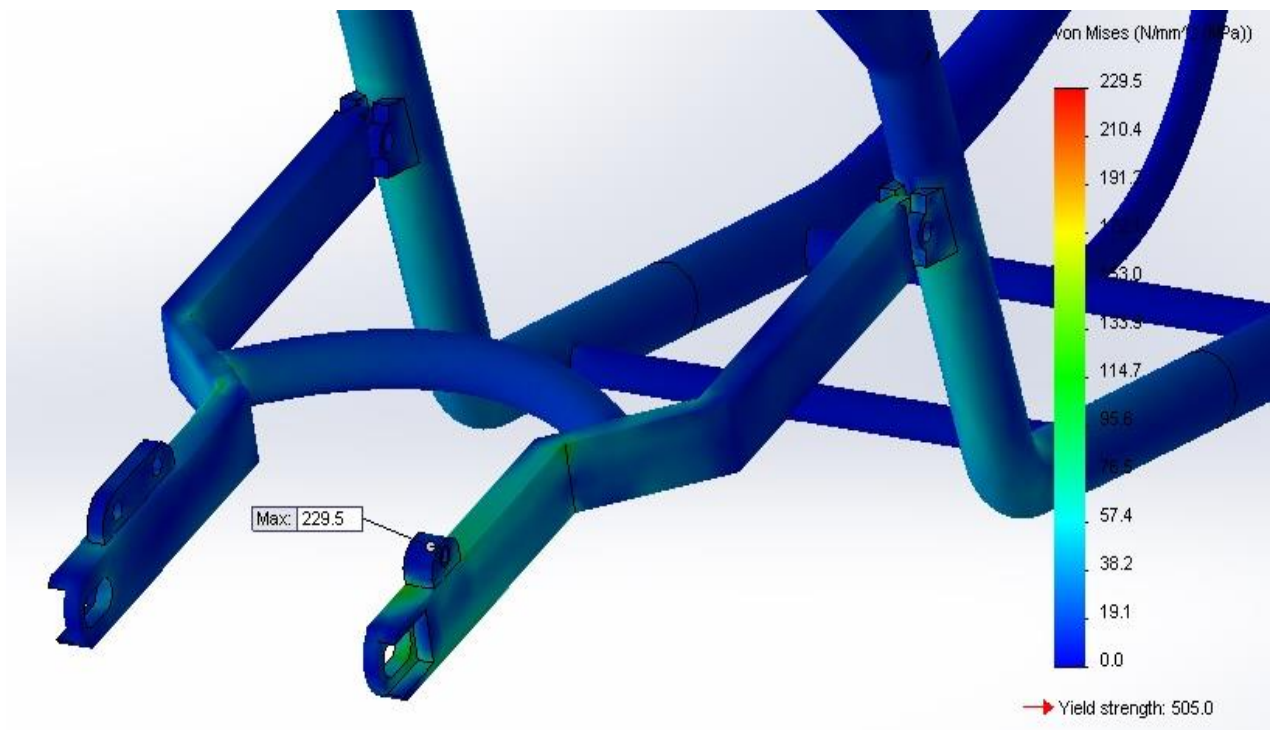
For det første lasttilfelle fokuserer vi på belastningene i samme retning som scooteren beveger seg i. Denne lasten vil utgjøre en vekt som er tre ganger så stor som scooteren og føreren. Dette tilfelle er med tanke på kraften som oppstår ved bremsing.



Figur 12.11: Spenning i forhold til Von-Mises – lasttilfelle 1, gir maks spenning på 229,5 MPa.

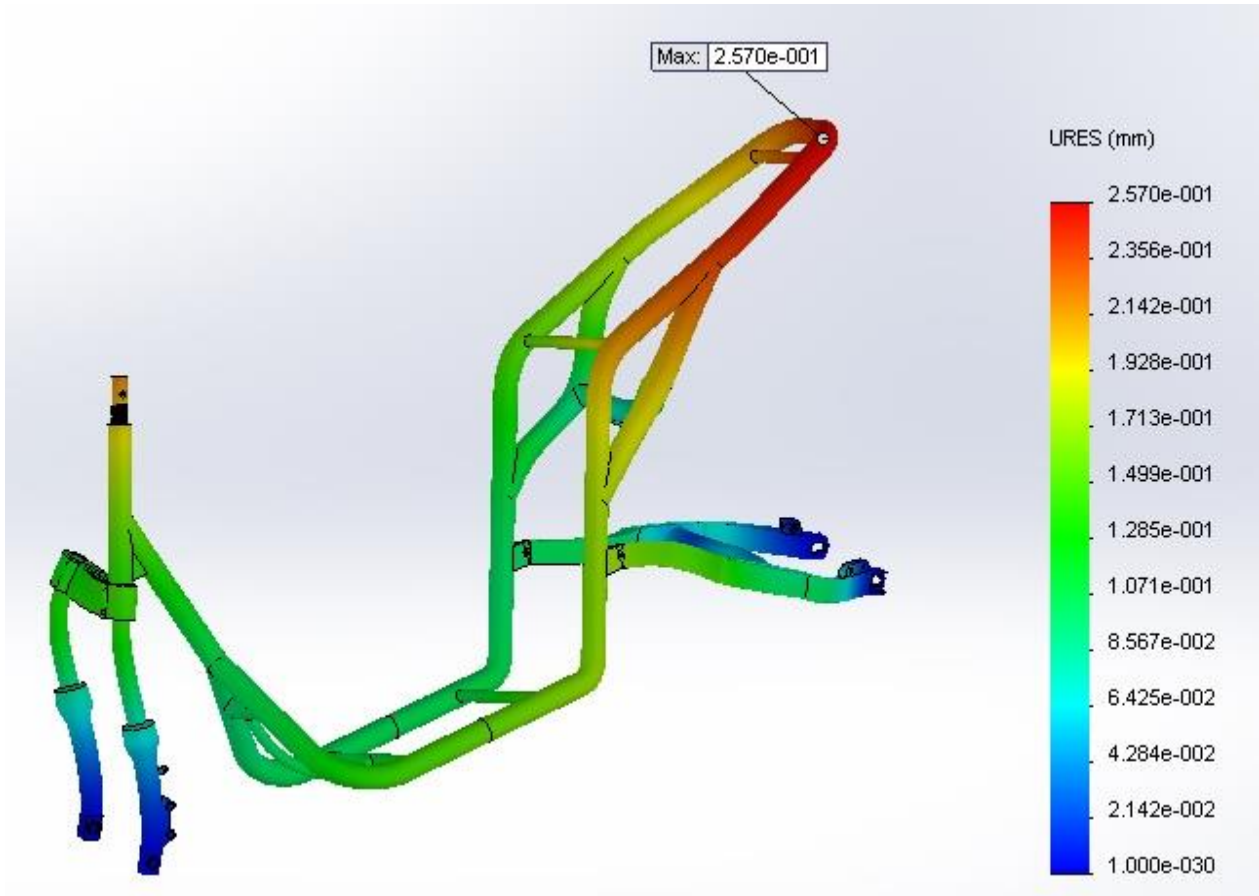


Figur 12.12: Spenningsperspektiv 1 i forhold til Von-Mises – lasttilfelle 1, som gir maks spenning på 229,5 MPa.



Figur 12.13: Spenningsperspektiv 2 i forhold til Von-Mises – lasttilfelle 1, som gir maks spenning på 229,5 MPa.

Figur 12.13 viser at maksimal Von-Mises spenning som er på 229,5 MPa < 252,5 MPa og er dermed innenfor grensen.

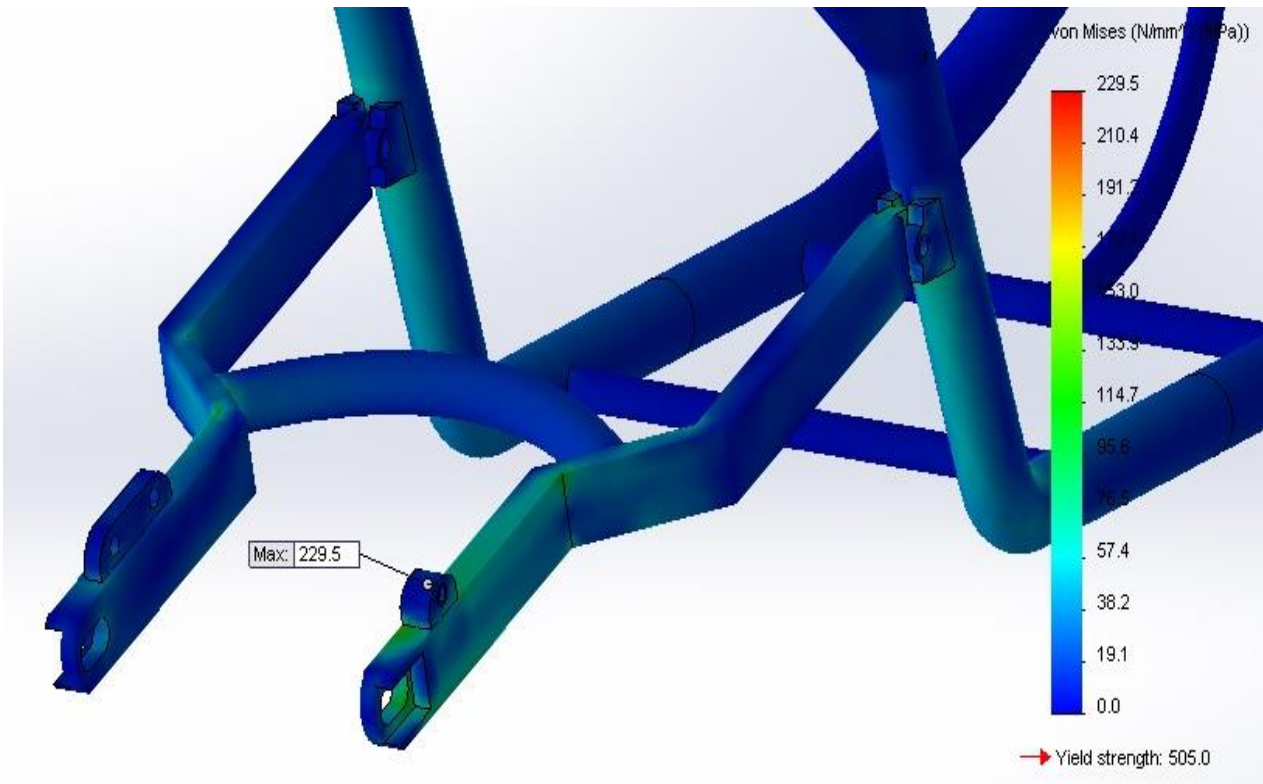


Figur 12.14: Maksimal deformasjon – lasttilfelle 1, er gitt til å være 0,257 mm.

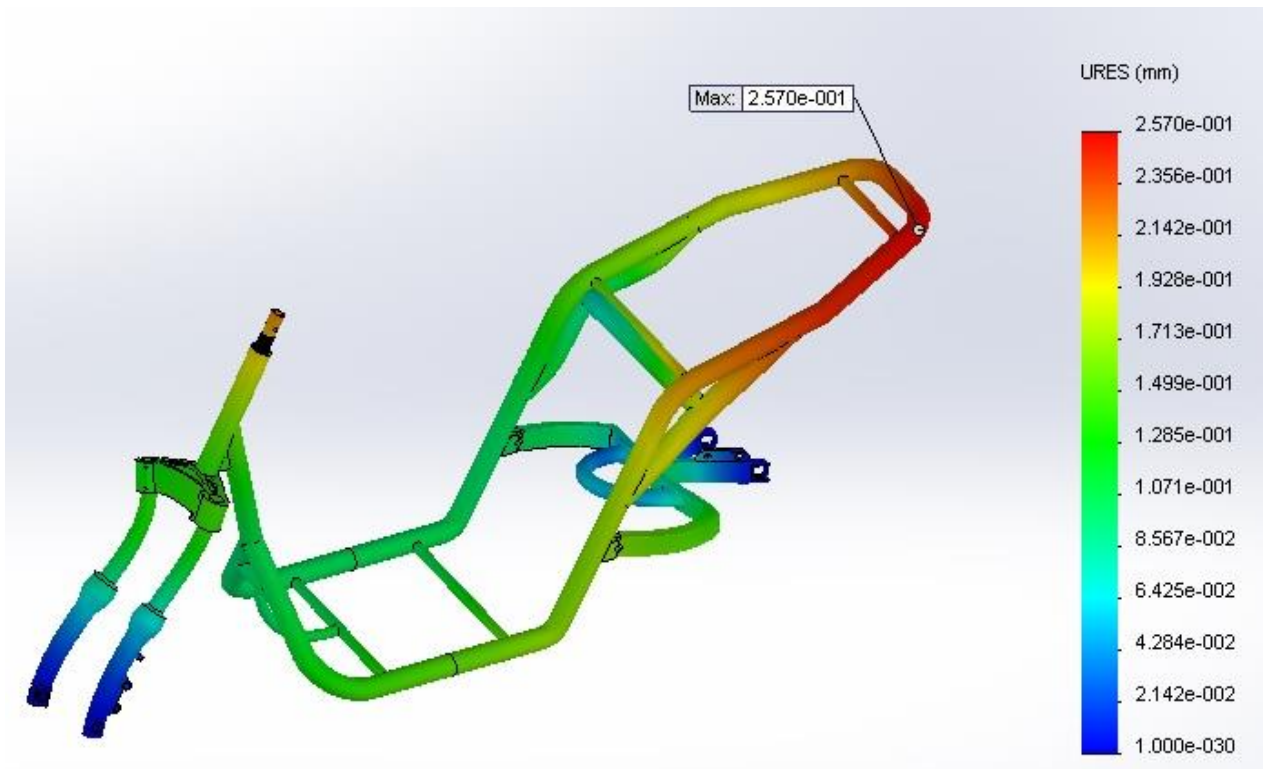
I lasttilfelle 1 får vi maks nedbøyning på 0,26 mm.

12.3.2 Lastscenario 2

For det andre lasttilfelle fokuserer vi på belastningene i motsatt retning som scooteren beveger seg i. Denne lasten vil også utgjøre en vekt som er tre ganger så stor som scooteren og føreren. Dette tilfelle er med tanke på kraften som oppstår ved akselerasjon. Resultatet vil være lik for den maksimale spenningen og nedbøyningen, siden størrelsen på belastningen er den samme. Dermed viser figur 12.15 samme resultat med en maksimal Von-Mises spenning som er på 229,5 MPa < 252,5 MPa og også innenfor grensen.



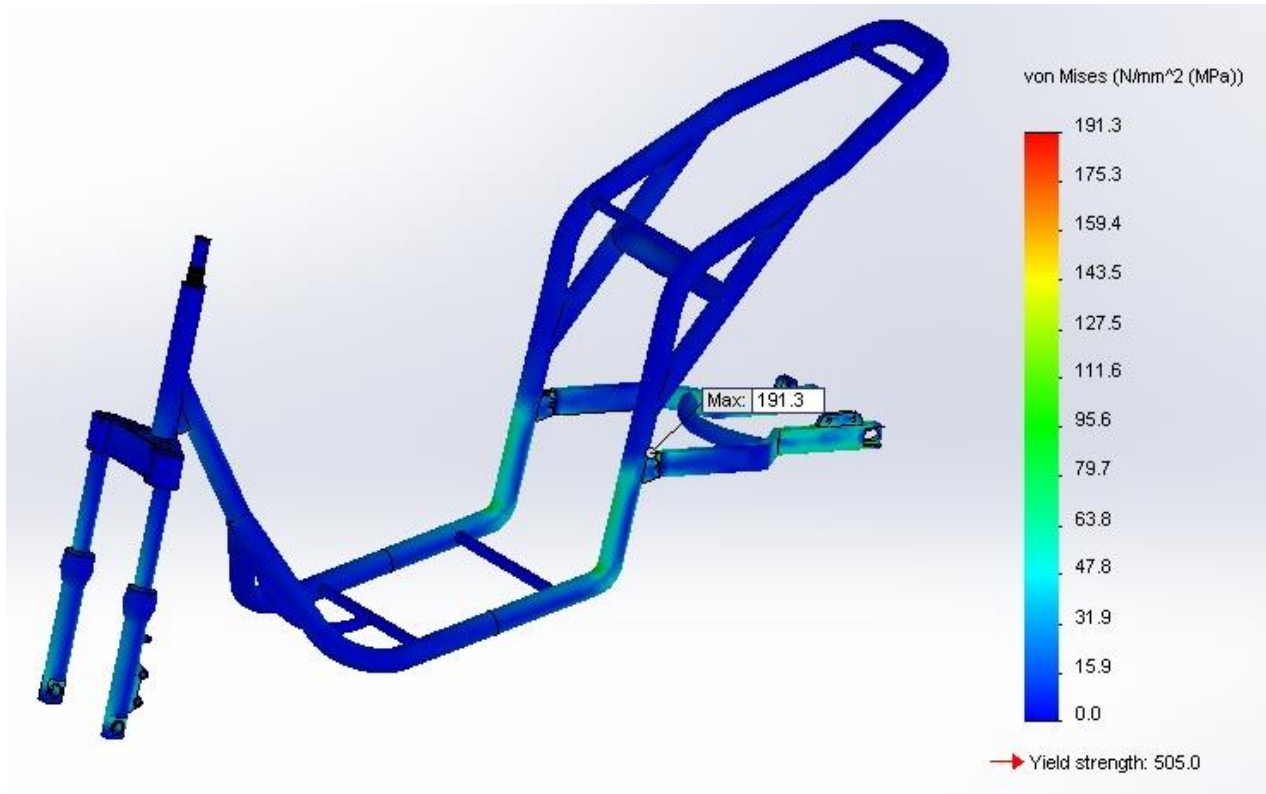
Figur 12.15: *Spenningsperspektiv i forhold til Von-Mises – lasttilfelle 2, som gir maksverdi på 229,5 MPa.*



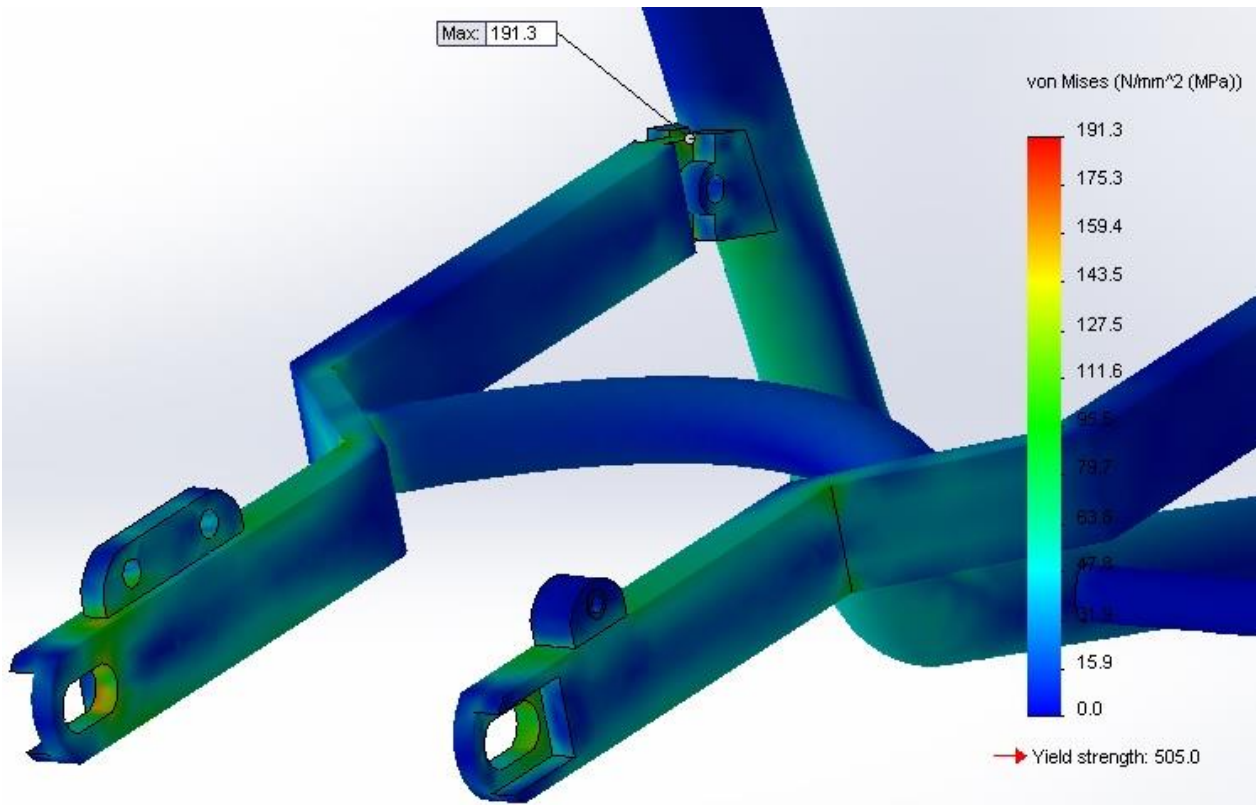
Figur 12.16: *Maksimal deformasjon – lasttilfelle 2, ligger på 0,257 mm.*

12.3.3 Lastscenario 3

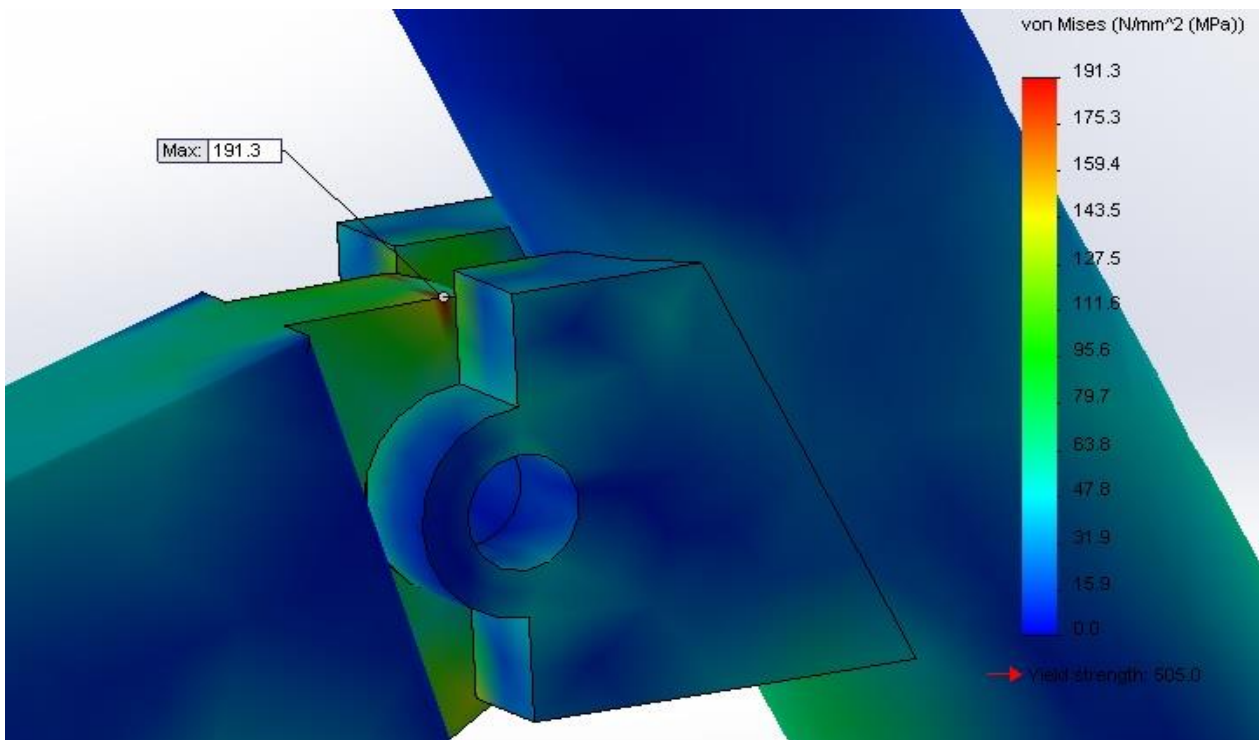
For det tredje lasttilfelle har vi på belastningene i en vertikal nedover retning. Denne lasten vil også utgjøre en vekt som er tre ganger så stor som scooteren og føreren. Dette tilfelle er med tanke på kraften som oppstår ved hull i veibanen og andre ujevnheter under kjøringen.



Figur 12.17: *Spenning i forhold til Von-Mises – lasttilfelle 3, har maksverdi på 191,3 MPa.*

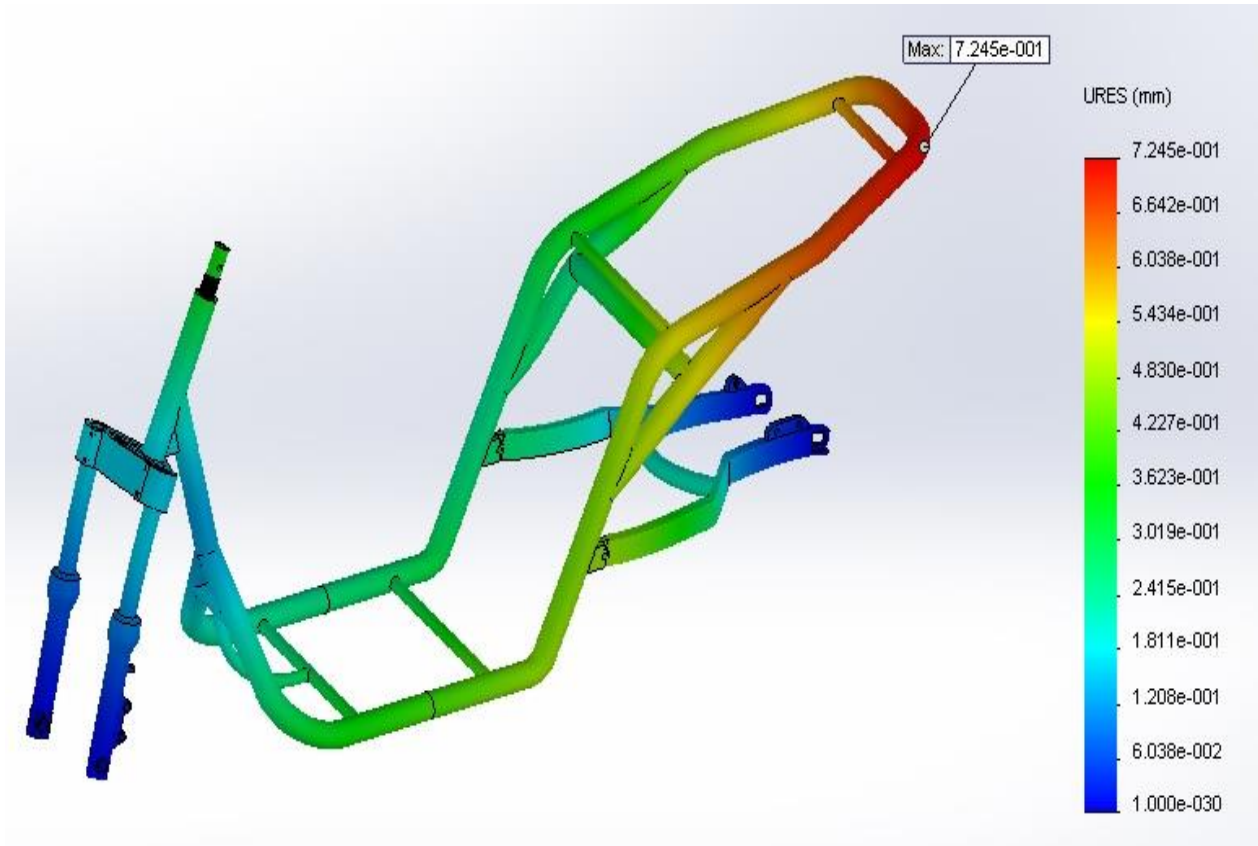


Figur 12.18: *Spenningsperspektiv i forhold til Von-Mises – lasttilfelle 3, som har maksverdi på 191,3 MPa.*



Figur 12.19: *Spenningsperspektiv i forhold til Von-Mises – lasttilfelle 3, som gir maksverdi på 191,3 MPa.*

Figur 12.19 viser at maksimal Von-Mises spenning er på 191,3 MPa < 252,5 MPa og er dermed innenfor grensen.

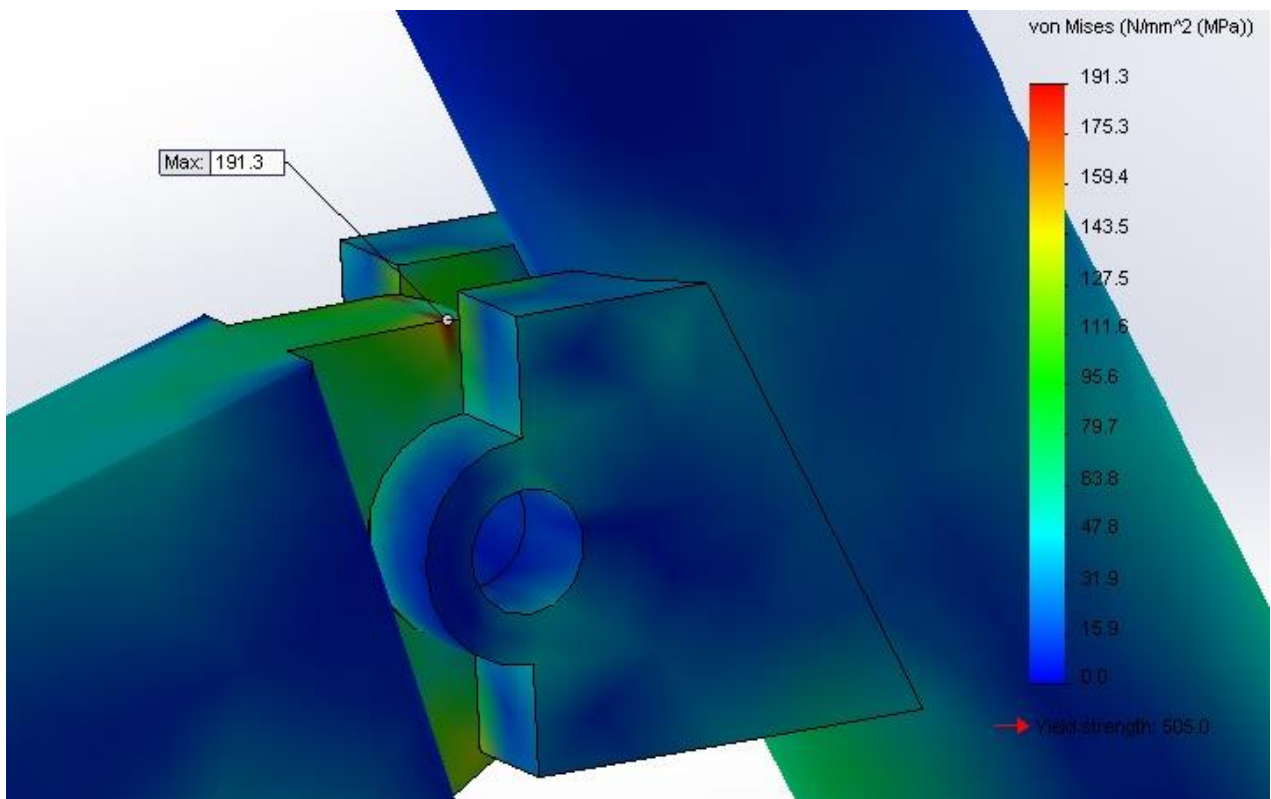


Figur 12.20: Maksimal deformasjon – lasttilfelle 3, ligger på 0,725 mm

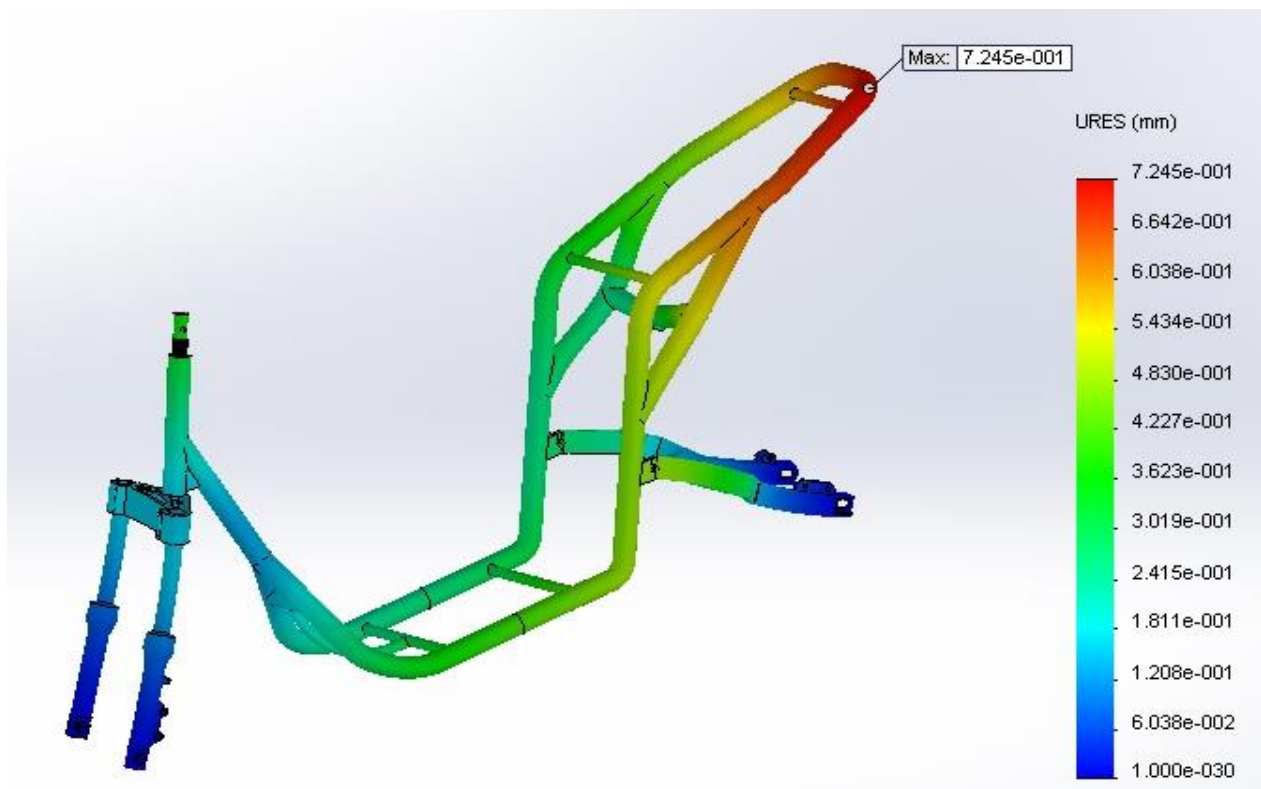
Fra bildet over ser vi at maks nedbøyning på lasttilfelle 3 er på ca. 0,73 mm som er større enn lasttilfelle 1 og 2.

12.3.4 Lastscenario 4

For det fjerde lasttilfelle har vi belastningene i en vertikal oppover retning. Denne lasten vil også utgjøre en vekt som er tre ganger så stor som scooteren og føreren. Dette tilfelle er med tanke på kraften som oppstår ved kjøring over en fartsdump. Resultatet vil være lik for den maksimale spenningen og nedbøyningen, siden størrelsen på belastningene er den samme. Dermed viser figur 12.21 samme resultat med en maksimal Von-Mises spenning som er på 191,3 MPa < 252,5 MPa og også innenfor grensen.



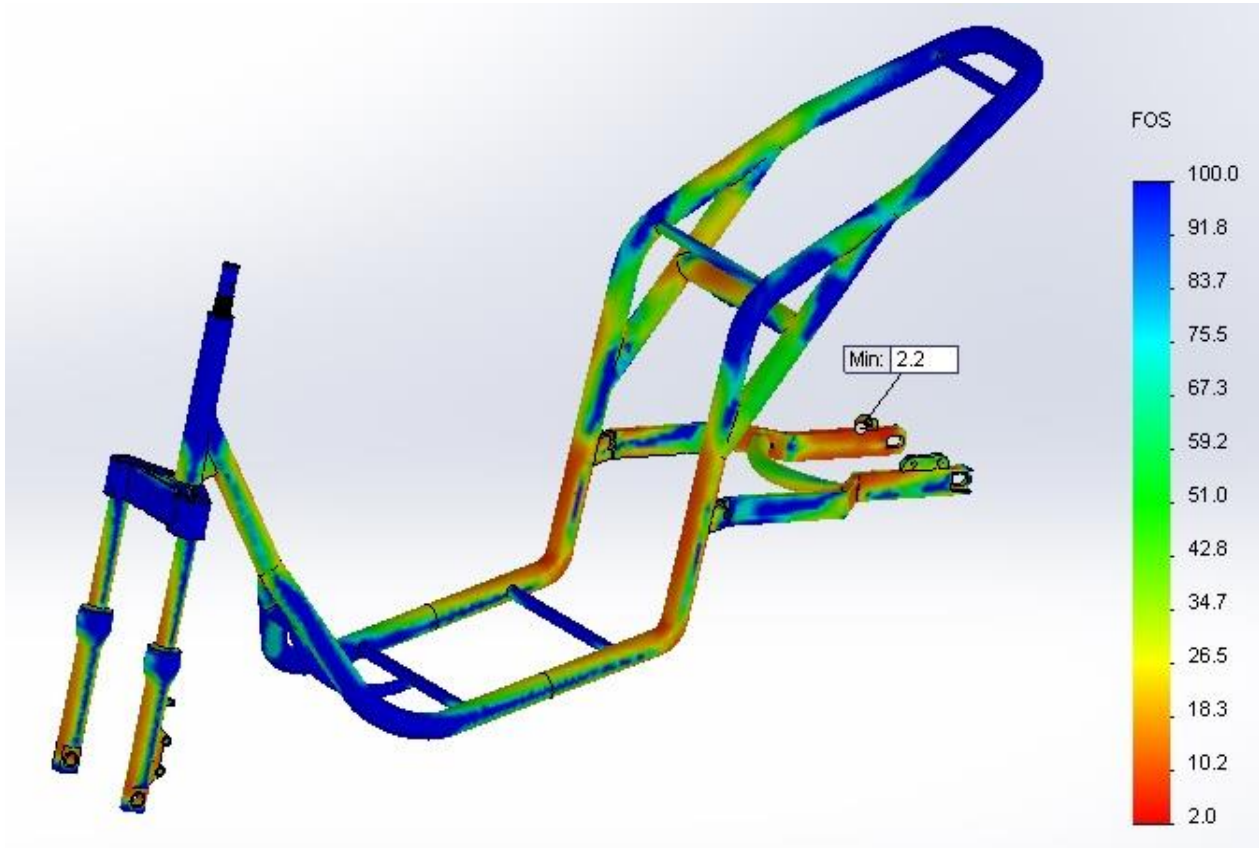
Figur 12.21: Spenningsperspektiv i forhold til Von-Mises – lasttilfelle 4, som gir maksverdi på 191,3 MPa.



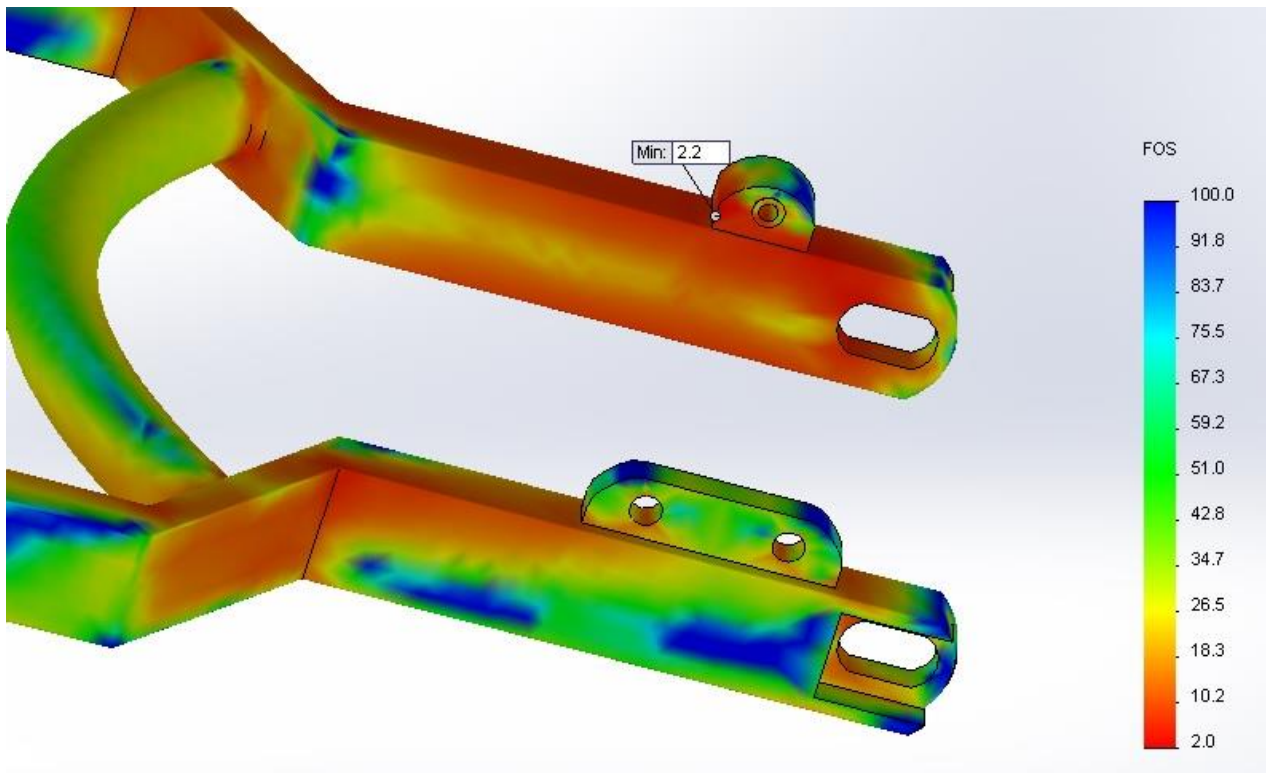
Figur 12.22: Maksimal deformasjon – lasttilfelle 4, som ligger på 0,725 mm.

12.4 Sikkerhetssimulasjon

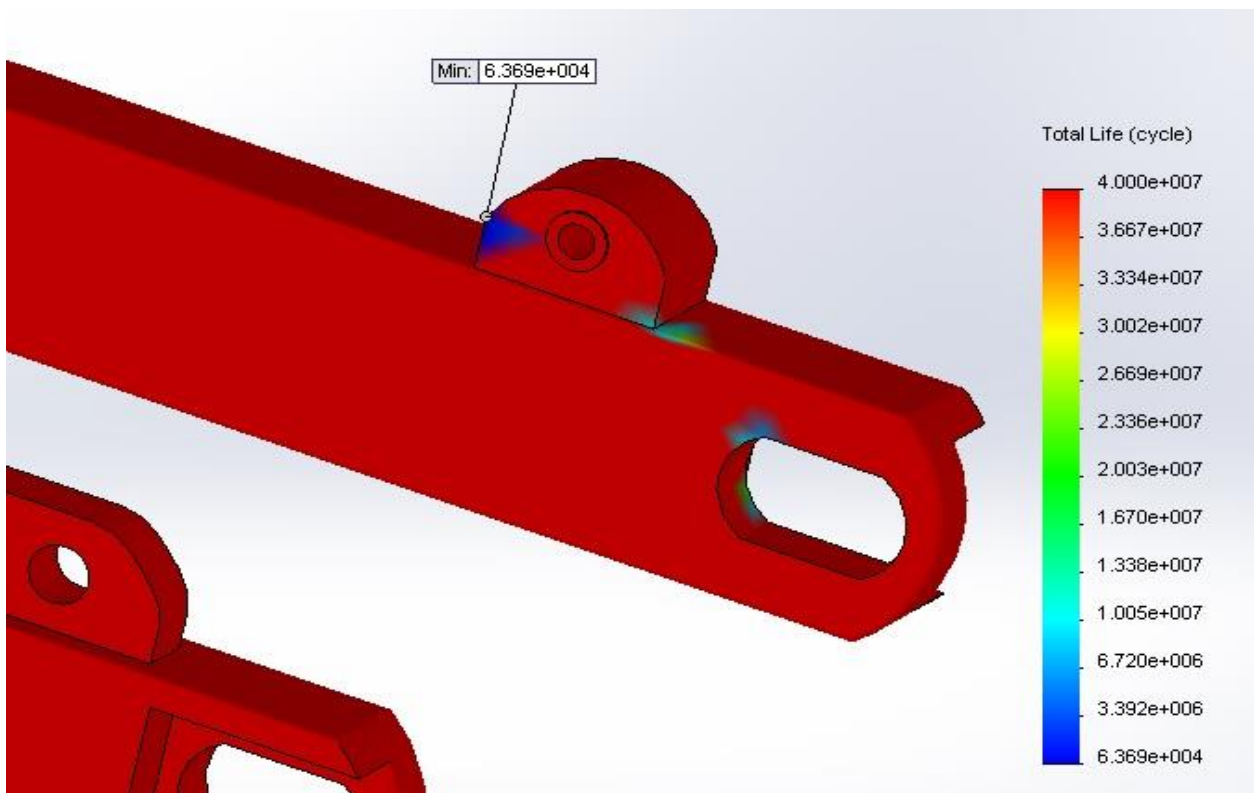
Ettersom lasttilfelle 1 og 2 har de største nedbøiningene har vi valgt også å simulere disse med tanke på at sikkerhetsfaktoren ligger over 2, i tillegg til en utmattingsgrense og antall sykluser den kan tåle.



Figur 12.23: Sikkerhetsfaktorens påvirkning på konstruksjonen – lasttilfelle 1 og 2, den har sin minste verdi på 2,2.



Figur 12.24: Sikkerhetsfaktorens påvirkning på konstruksjonen perspektiv 1 – lasttilfelle 1 og 2, som har sin minste verdi på 2,2.



Figur 12.25: Utmatting – lasttilfelle 1 og 2, som gir oss 63 690 sykluser til brudd.

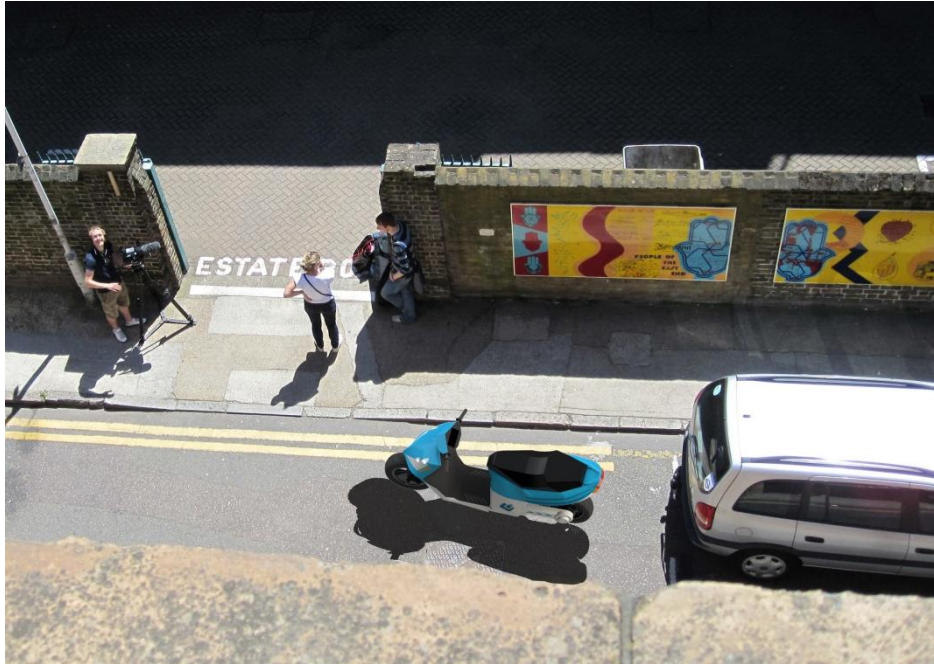
Vi ser av utmattingsfiguren at vi får litt i overkant av 63 000 sykluser på svingarmen, og den utgjør dermed det kritiske punktet. Siden vi har brukt en stiv link, så vil dette punktet være utsatt for større krefter enn ved et virkelig bakhjulsoppheng. Dette gjør at det totale antalle sykluser blir mindre i disse beregningene, enn i realiteten.

12.5 Konklusjon

Fra den første delen med den forenklede modellen kan vi sammenligne resultatene med håndberegningen. Disse stemmer godt, og noen eksempler kan nevnes slik. Den maksimalt beregnede statiske deformasjonen lå på 17 mm, og figur 12.3 viser at FEM-analysen gir også en maksimal deformasjon på litt i overkant av 17 mm for den statiske modellen. Ut ifra figur 12.2 ser vi at den maksimale bøyepeningen er ca 150,4 MPa for den forenklede modellen. Dette stemmer ganske godt med de beregningene som ble gjort tidligere for spenningen i bjelken som var 150 MPa. Vi ser at denne spenningen ligger ved tyngdepunktet for denne bjelken, og som også stemmer med tidligere drøftning.

Vi ser at konstruksjonen vil holde for de fleste lastsituasjonene. Disse lastsituasjonene gir oss en pekepinn på at scooterens bærekonstruksjon vil holde for belastningene som den utsettes for under drift med minst en sikkerhetsfaktor på 2, tatt i betraktning at dette er dynamiske belastningssituasjoner.

13 MARKEDSPRESENTASJON



Figur 13.1: Rendring- perspektiv 1 [174]



Figur 13.2: Rendring - perspektiv 2 [176]



Figur 13.3: *Rendrerin - perspektiv 3 [173]*



Figur 13.4: *Rendrerering - perspektiv 4 [175]*

ELEKTRISK SCOOTER



Figur 13.5: *Rendring - perspektiv 5 [182]*



Figur 13.6: *Rendring - perspektiv 6 [177]*

ELEKTRISK SCOOTER



Figur 13.7: *Rendring - perspektiv 7 [180]*



Figur 13.8: *Rendring - perspektiv 8 [178]*



Figur 13.9: *Rendring - perspektiv 9 [183]*



Figur 13.10: *Rendring - perspektiv 10 [184]*



Figur 13.11: *Rendring - perspektiv 11 [179]*

14 ØKONOMI OG FREMSTILLING

Økonomi og produksjon er en viktig del av utviklingsarbeidet ettersom dette setter mye av føringene for hvordan produktets livssyklus blir. Ettersom dette er en moderat utredningstema med tanke på begrensningene som er satt for dette prosjektet, vil vi i dette kapittelet komme kort inn på hva slags progresjon det har vært i arbeidet og prosjektutredningen, en grov kostnadskalkyle før vi avslutter med en kort presentasjon av produksjonsmetoden og en kostnadsprofil.

14.1 Arbeidskalkyle - egeninnsats

I dette prosjektet har vi utredet for mange forskjellige kategorier som har vært relatert til helt forskjellige fagfelt. Derfor har vi presentert en utredning for hvordan tidsbruken er blitt fordelt utover de forskjellige kategoriene og arbeidsoppgavene. Ettersom arbeidet har vært komplisert og omfattet ulike arbeidsområder har vi måttet være nøyaktig med tidsbruken og holde skjema for å oppnå målene og rekke fristen for innlevering av prosjektet.

Tabell 14-1: Oversikt over kostnader relatert til bakgrunnsanalysen.

	Timer	Kvantum	Pris	Sum
Statistisk analyse	40	-	Kr 600,- /t	Kr 24 000,-
Prosjekt Roskva	30	-	Kr 600,- /t	Kr 18 000,-
Konkurrerende løsninger	50	-	Kr 600,- /t	Kr 30 000,-
Historie	25	-	Kr 600,- /t	Kr 15 000,-
Trender	15	-	Kr 600,- /t	Kr 9 000,-
Delsum bakgrunnsanalyse	160	-	-	Kr 96 000,-

Tabell 14-2: Oversikt over kostnader relatert til konseptgenerering av komponenter.

	Timer	Kvantum	Pris	Sum
Konseptgenerering driftsystem	60	-	Kr 600,- /t	Kr 36 000,-
Konseptgenerering drivlinje	80	-	Kr 600,- /t	Kr 48 000,-
Konseptgenerering energilager	80	-	Kr 600,- /t	Kr 48 000,-
Konseptgenerering ramme	60	-	Kr 600,- /t	Kr 36 000,-
Valg av hovedkomponenter	50	-	Kr 600,- /t	Kr 30 000,-
Valg av tilleggskomponenter (støtdemper osv.)	45	-	Kr 600,- /t	Kr 27 000,-
Delsum konseptgenerering komponenter	375	-	-	Kr 225 000,-

Tabell 14-3: Oversikt over kostnader relatert til kalkulasjon og simulasjon

	Timer	Kvantum	Pris	Sum
Teknisk konstruksjonsanalyse	30	-	Kr 600,- /t	Kr 18 000,-
Begrensningsanalyse og variabeldefinisjon	30	-	Kr 600,- /t	Kr 18 000,-
Forenklet analyse - rammekonstruksjon	40	-	Kr 600,- /t	Kr 24 000,-
Ulike lasttilfeller	40	-	Kr 600,- /t	Kr 24 000,-
Forenklet analyse - simulasjon	30	-	Kr 600,- /t	Kr 18 000,-

ELEKTRISK SCOOTER

Tabell 14-3: Forts.

	Timer	Kvantum	Pris	Sum
Ulike lasttilfeller - simulasjon	30	-	Kr 600,- /t	Kr 18 000,-
Kontroll og etterprøving	70	-	Kr 600,- /t	Kr 42 000,-
Delsum konseptgenerering komponenter	270	-	-	Kr 162 000,-

Tabell 14-4: Oversikt over kostnader relatert til design og markedspresentasjon

	Timer	Kvantum	Pris	Sum
Bakgrunnsanalyse - design	40	-	Kr 600,- /t	Kr 24 000,-
Design rammekonstruksjon	110	-	Kr 600,- /t	Kr 66 000,-
Design kapsel	115	-	Kr 600,- /t	Kr 69 000,-
Design tilleggskomponenter	45	-	Kr 600,- /t	Kr 27 000,-
Detaljarbeid og markedspresentasjon	40	-	Kr 600,- /t	Kr 24 000,-
Produksjonsmetoder	25	-	Kr 600,- /t	Kr 15 000,-
Delsum konseptgenerering komponenter	375	-	-	Kr 225 000,-

Tabell 14-5: Oversikt over kostnader relatert til økonomi og materialutredning

	Timer	Kvantum	Pris	Sum
Bakgrunnsanalyse - material	50	-	Kr 600,- /t	Kr 30 000,-
Materialutredning - ramme	80	-	Kr 600,- /t	Kr 48 000,-
Materialutredning - kapsel	80	-	Kr 600,- /t	Kr 48 000,-
Økonomisk gjennomgang	80	-	Kr 600,- /t	Kr 48 000,-
Delsum konseptgenerering komponenter	290	-	-	Kr 174 000,-

Tabell 14-6: Oversikt over kostnader relatert til rapportering og presentasjon

	Timer	Kvantum	Pris	Sum
Rapportering	250	-	Kr 600,- /t	Kr 150 000,-
Kontrollering av data og presentasjon	80	-	Kr 600,- /t	Kr 48 000,-
Delsum konseptgenerering komponenter	330	-	-	Kr 198 000,-

Tabell 14-7: Oversikt over totale kostnader relatert til utredningen av prosjektarbeidet

	Timer	Kvantum	Pris	Sum
Totalsum utredning, design og kalkulasjon	1800	-	Kr 600,- /t	Kr 1 080 000,-

14.2 Produksjonsanvisning - prototype

Ettersom vi har en begrenset tidsperiode for utviklingsarbeidet, og prosjektet krever mer utredning på enkelte punkter, som vi kommer tilbake til, er ikke bygging av scooteren et mål. Begrensningene som ble presentert på starten av oppgaven la derfor til grunn at produksjonsanvisningene ikke blir drøftet, men blir kort presentert under dette delkapittelet. Med ny teknologi og store fremskritt innenfor produksjonsutstyr og materialer blir stadig nye produksjonsmetoder introdusert på markedet. Under en full utredning av produksjonsanvisningene vil det derfor være et viktig poeng å ta forbehold om nye muligheter man har for å ta i bruk både mer bærekraftige og miljøvennlige løsninger. Vi finner slike

muligheter allerede idag, der man ved hjelp av dataprogramvare kan optimalisere materialforbruket og forbedre livssyklusen til et produkt. Videre er nanoteknologi et fagområde som på sikt vil levere løsninger som fremhever verdien av lav energiforbruk og høy grad av resikulasjon. Dette er verktøy som setter kretsløpet for produktmaterialene i fokus, og som også vil være viktige deler av fremtidig lovverk med tanke på miljøkrav.

For vår scooter-prototype vil vi fokusere på de produksjonsmetodene vi har muligheten til å gjennomføre og vil vi derfor rette blikket mot muligheter som er tilgjengelige ved IMT. I denne sammenheng kan vi dele produksjonen i to deler, der den ene fokuserer på rammen mens den andre tar for seg kapselen. Rammen er konstruksjonens viktigste del, og tar opp en god del belastninger. Materialet som brukes etter tidligere utredning er aluminium og bearbeides vanligvis best enten gjennom støping eller sveising. Etter å ha forhørt oss om hva slags løsninger som både er enklest og økonomisk, faller valget på at ramme-prototypen produseres selv på verkstedet ved hjelp av sveising. Den største avveiningen som taler imot støpingen i forhold til sveising er den kompliserte prosessen og økonomisk utfordrende delen. Vi må likevel kompensere for at vi dermed ikke vil ha muligheten til å kunne definere ønskede spesifikasjoner og redusere faktorer som for styrke som støping kunne tillatt. Videre er det mulig å oppgradere produksjonsmetoden ved videreutvikling av produktet og ved en eventuell serieproduksjon.

Ved sveising må man jobbe med bearbeiding av materialet både før og etter prosedyren, og dermed prøve å redusere faktorene som senker materialeegenskapene. Ved bøying og forming av unde kanter i konstruksjonen kan man benytte seg av enten kaldbøying, ved for eksempel små diametre, mens varmbøying er bedre for å beholde opprinnelig rørradius. I begge tilfeller er det viktig å ha leverandørens minste krav for bøyediameter i fokus. Konstruksjonen bør også sjekkes opp mot FEM-analysen slik at man har gode sikkerhetsfaktorer. Når det gjelder sveising av aluminium følger vi tommelfingerregelen som sier at tykkelse på sveisen (a-mål) bør være lik tykkelsen av røret som er 5 mm for vårt tilfelle. Denne tykkelsen av røret er angitt av rammedesignet.

Når det gjelder kapselen for scooteren vil den ha et karbonfiber-materialet som krever mer tid til fremstilling og tilvirkning. En kort beskrevet utviklingsmetode går ut på å legge flere lag opp på hverandre, som blir koblet sammen ved hjelp av limtypen epoxy. Her operer vi med et lag på 4 mm av epoxyen slik at materialstyrken blir god, og får frem utholdende karbonfiberplater. Selve utformingen av dekselen skjer ved hjelp av kapselformer som produseres med tanke på maskintegningen av dekseldelene. Disse formene lages på forhånd ved hjelp av plastmaterialet kjent som EVA-cell og som består mestparten av platen polyetylen. Disse formene blir laget ved hjelp av pastaen man har av platen, og har gjenbrukskapasitet.

Videre er vil bruk av CNC-maskinering også være viktig ved produksjon av små komponenter, spesielt i utforming av styret. Her vil for eksempel styrebroen være en komponent som krever godt maskineringsarbeid. En god maskineringsprosess starter med riktige maskintegninger, etterfølges av en førsterunde med maskinering, som deretter kontrolleres før den maskineres en siste gang for mer grundig arbeid. Her kan også etterarbeid påregnes der man tar for seg sliping og i enkelte tilfeller overflatebehandling. Når det kommer til overflatebehandling er eloksering et yndet metode for et

ELEKTRISK SCOOTER

materialet som aluminium. Her bruker man blant annet svolsyre, og en slik behandling fører ofte til at materialet ikke lenger kan bearbeides på nytt [21,27].

14.3 Arbeidskalkyle - produksjon

Basert på de produksjonsmetodene som er drøftet tidligere kan vi sette opp en grov oversikt over beregnet tidsbruk for produksjon av en prototype av scooteren.

Tabell 14-8: Oversikt over kostnader relatert til produksjon av prototype for scooteren.

	Timer	Kvantum	Pris	Sum
Produksjon av ramme:				
Maskinering	50	-	Kr 800,- /t	Kr 40 000,-
Bearbeiding og sveising	20	-	Kr 800,- /t	Kr 16 000,-
Sammenstilling	20	-	Kr 800,- /t	Kr 16 000,-
Kontroll og testing - ramme	10	-	Kr 800,- /t	Kr 8 000,-
Produksjon av kapsel:				
Produksjon av kapselformer	40	-	Kr 800,- /t	Kr 32 000,-
Bearbeiding av kapsel	50	-	Kr 800,- /t	Kr 40 000,-
Etterarbeid av kapsel	10	-	Kr 800,- /t	Kr 8 000,-
Kontroll og testing - kapsel	10	-	Kr 800,- /t	Kr 8 000,-
Sammenstilling elektrisk arbeid	20	-	-	Kr 3 500,-
Delsum produksjonsarbeid	210	-	-	Kr 171 500,-

14.4 Sluttalkyle

Basert på overnevnte tall og data for material og komponenter kan vi sette opp følgende sluttalkyle for utviklingen av prototype til scooteren.

Tabell 14-9: Kostnadskalkyle for eksterne komponenter og materialer.

	Timer	Kvantum	Pris	Sum
Komponenter:				
Batteri + lader	-	1 stk	Kr. 7 835,-	Kr. 7 835,-
Controller	-	1 stk	Kr. 2 050,-	Kr. 2 050,-
Navmotor	-	1 stk	Kr. 1 552,-	Kr. 1 552,-
Støtdemper og hjuloppheng foran	-	2 stk	Kr. 176,-	Kr. 352,-
Støtdemper og hjuloppheng bak	-	1 stk	Kr. 1 405,-	Kr. 1 405,-
Bremsekloss	-	2 stk	Kr. 60,-	Kr. 120,-
Bremseplate	-	1 stk	Kr. 300,-	Kr. 300,-
Dekk	-	2 stk	Kr. 403,-	Kr. 806,-
Materialer:				
Aluminium T6-7075	-	20 kg	Kr. 100,-	Kr. 2 000,-
Karbonfiber	-	12 m ²	Kr. 230,-	Kr. 2 760,-
Epoxy	-	6 Kg	Kr. 200,-	Kr. 1 200,-
Eva Cell – pasta og utstyr til former	-	-	-	Kr. 1 500,-
Diverse materiell (skrue, bolter, felg)	-	-	-	Kr. 1 000,-
Kabling og elektriske komponenter	-	-	-	Kr. 2 000,-

ELEKTRISK SCOOTER

Tabell 14-9: Forts.

	Timer	Kvantum	Pris	Sum
Lakk og overbehandlingsmiddel	-	-	-	Kr. 1 200,-
Delsum komponenter og materialer*	-	-	-	Kr. 26 080,-

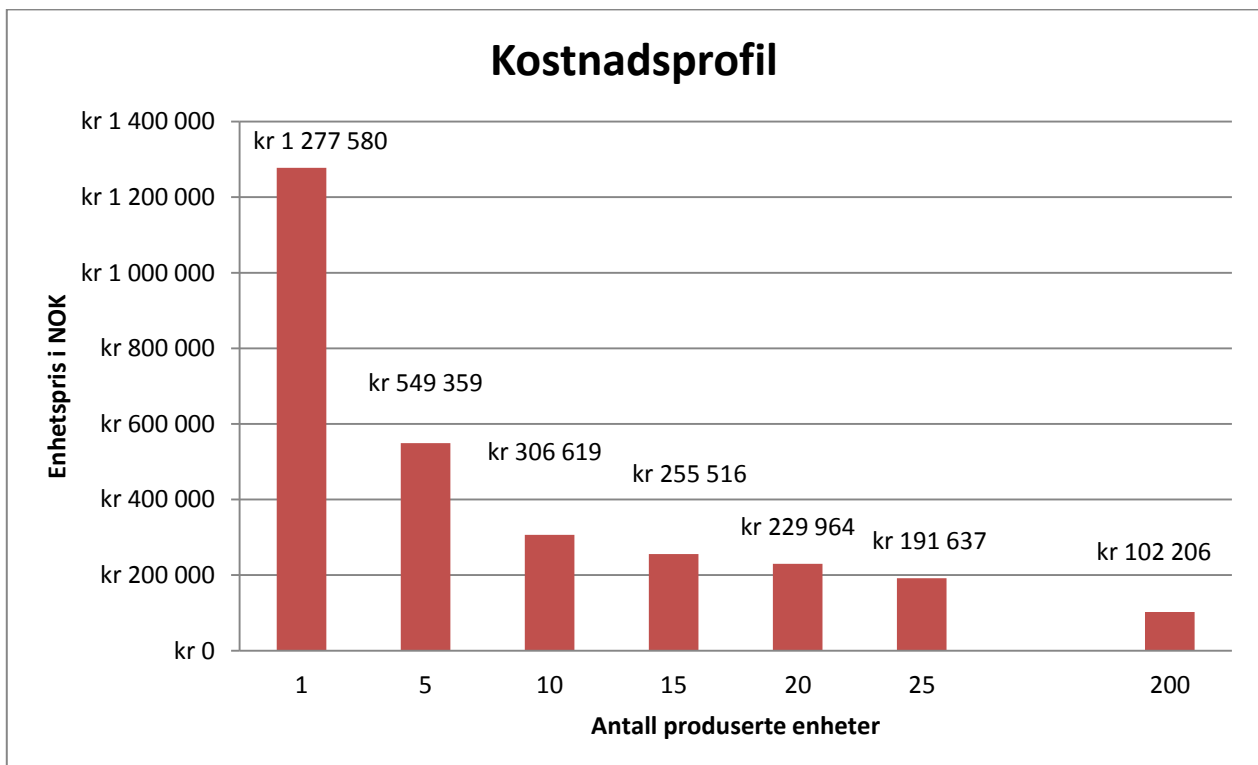
*Unntatt frakt og andre omkostninger

Etter å ha satt opp de fleste kalkylene kan vi få et grov oversalg over hvor mye prisen på å utvikle en prototype av scooteren vil ligge på.

Tabell 14-10: Sluttkalkyle for eksterne komponenter og materialer.

	Timer	Kvantum	Pris	Sum
Totalsum utredning, design og kalkulasjon	1800	-	Kr 600,- /t	Kr 1 080 000,-
Totalsum arbeid med produksjon av prototype	-	-	-	Kr 171 500,-
Totalsum komponenter og materialer				Kr 26 080,-
Totalsum prototypeutvikling	-	-	-	Kr 1 277 580,-

Basert på de økonomiske kalkylene som er presentert kan vi sette opp følgende kostnadsprofil for scooteren.



Figur 14.1: Kostnadsprofil for utvikling av prototype.

Slik figuren over viser vil vi ha en synkende pris på scooteren, og dette er forventet ettersom man opplever stordriftsfordeler ved produksjon i større kvantum. Samtidig er det viktig å få med seg at vi må

ELEKTRISK SCOOTER

opp i høyere produksjonsvolum for å komme i ønsket prisklasse. Prisen vil derimot ikke oppleve samme reduksjonsrate, og kostandene utover vil kun synke i moderate mengder.

Kostnadsprofilen viser at vi ved produksjon av 200 enheter kommer opp i en pris på NOK 102 206,-. Dette tallet er ganske høyt for vårt konkurransemiljø, men likevel logisk med tanke på antall produserte enheter. Derfor må vi fokusere å få kostnadene rundt NOK 15000, og en produksjonsandel på rundt 1500 kan være et naturlig produksjonsmål.

15 PROSESSDISKUSJON

Vi startet med prosjektet i januar 2013, og visste at dette var en ambisiøs og utfordrende oppgave vi hadde tatt på oss. Tidligere erfaringer fra et lignende prosjekt Team Roskva hadde rodd i land året før, viste at det vi langt i fra kunne levere en fullstendig utredning, og også kunne se bort i fra en fremstillingen av prototype for scooteren. Mens Team Roskva utgjorde 5 enkeltindivider og startet arbeidet to år før ferdigstillelse, valgte vi å fokusere på å presentere et helhetsbilde av prosjektet der vi la frem de fleste aspektene en elektrisk scooter bygger på. En slik utredning ville sette opp de grove linjene for utviklingen, samtidig som problemområder lettere kunne identifiseres. Slik ville også prototypeutviklingen kunne settes igang raskere enn om forskjellige studenter bega seg ut på hver sin utviklingsdel.

15.1 Bakgrunnsanalyse og kravspesifikasjoner

I bakgrunnsanalysen fikk vi en innblikk ikke bare i hvordan utviklingen hadde vært for vårt kjøretøysegment, men også for hvordan andre konkurrenter plasserte seg i forhold til oss. Problemet var å finne en konkurrent som passet de lovmessige begrensningene en moped må oppfylle i Norge. På det norske markedet har de fleste elektriske mopedene en større hastighet enn 45 km/t, og plasserer seg derfor i lett motorsykelklassen. Dette skapte også problemer når det kom til oppsetningen av en del grovspesifikasjoner som dermed ikke kunne defineres størrelsesmessig.

15.2 Konseptgenerering

Konseptgenereringen gikk ut på å definere ulike løsningsalternativer for energilager, drivlinje og motor. Disse ble presentert kort, og deretter vurdert der en modifisert utvelgelsesprinsipp ble brukt. Under denne genereringen ble også valgte løsninger spesifisert med aktuelle modeller på markedet. Videre ble også plasseringen av komponentvalgene gjort ved å se på ulike modulalternativer, og vurdert dem opp mot hverandre. En slik genereringsprosess ga oss ikke bare grunnlag for å definere scooterens egenskaper, men også muligheten til å sette oss inn i alternative løsninger. Dermed kan man argumentere for at basert på dagens teknologi er våre løsningsvalg mest ideelle, praktiske og gjennomførbare.

På den andre siden ble noen av sammenligningsgrunnlagene en del diffuse med tanke på at eksakte tallgrunnlag ikke var tilgjengelige for alle alternativene. Dermed måtte mange av beslutningene taes på bakgrunn av den informasjonen vi besitter etter 5 års sivilingeniørutdanning. Som en konsekvens av dette ble utvelgelseskriteriene ikke vektet med tall, slik at noen av vurderingsgrunnlagene ikke skulle bli feilaktig prioritert ovenfor andre. En slik vekting kan være risikofylt med tanke på at enkelte kriterier kan gi for store utslag, og uten eksakt vurderingsgrunnlag kan det gi uønskede vurderingsresultater. Videre er mange av komponentene valgt basert på modeller tilgjengelig på markedet idag, og dette kan være uønsket med tanke på markedvariasjoner i pris og kvalitet. Disse kan variere helt frem til man går til kjøp av komponentene til prototypebygging, men valget var viktig med tanke på å kunne sette opp et kostnadsoverslag.

15.3 Designutvikling

Etter komponentvalgene ble det definert en måte å bygge mopedens konstruksjon på. Konstruksjonen ble definert under rammeutviklingen, der det også ble vurdert ulike alternativer. Disse ble vektet opp mot hverandre. Vurderingen under dette punktet var subjektiv, spesielt med tanke på at forhold vi ønsket å vise frem i designet, ble prioritert. Selv om vi ikke utførte en full designutredning, foretok vi en vurdering av hvordan hovedlinjene i designet skulle se ut. Her fokuserte man på ergonomi, aerodynamikk, produksjon og geometriforhold. Til slutt la man frem et løsnings for totaldesignet.

Hvis man ser på utvelgelsen av de mindre komponentene som svingarm og styrebremse er ikke valget av disse vurdert i særlig grad. Dette er komponenter som kan være vitale for komforten og for å gi god ytelse. Videre er heller ikke designutredningen fullstendig, noe som betyr at man ikke har sett på flere alternativer for totaldesignet.

15.4 Materialvalg og analyse

Når det kommer til materialvalget har vi vurdert to materialkategorier. Den første er sentralisert rundt rammen, og man definerte de to mest aktuelle alternativene. Et hovedmaterialet ble vurdert opp mot det andre alternativet, og disse ble vektlagt opp mot hverandre. Det valgte materialet av disse to ble deretter utdypet slik at vi kunne velge den eksakte materialtypen. Den andre materialkategorien, kapselmaterialet, ble valgt, men ikke vurdert like grundig som rammematerialet. Dette fordi det ble tatt en vurdering om at kapselmaterialet var utredet med tanke på de tekniske aspektene tidligere i en av prosjektoppgavene til Team Roskva. En kort utredning for produksjonsmetodene som ville føre til en enkel produksjon av prototypen ble også presentert, men det ble også fremhevet at disse måtte kunne modifiseres med tanke på større produksjonsvolum.

Under analysedelen ble det først og fremst foretatt en teknisk analyse av konstruksjonen, men også en grov økonomisk analyse ble presentert. Den tekniske analysen gikk ut på å vise gjennom en kortfattet måte at konstruksjonen ville holde for de fleste belastningssituasjonene som en scooter blir utsatt for. Disse resultatene ble deretter sammenlignet med simulering gjort på den designede hovedkonstruksjonen i SolidWorks. Når det kom til den økonomiske analysen satte man opp et kostnadsregnskap der det ble fokusert på egen arbeidsinnsats, materialforbruk og komponentkostnader.

Hvis man ser på den tekniske analysen ble denne vurdert med ulike belastningssituasjoner. For å få en fullstendig oversikt over scooterens levesyklus burde man også foretatt en strømningsanalyse, slik kunne man fått sett på effekten av aerodynamiske faktorer. Andre faktorer som svingninger ble heller ikke satt lys på som kan bli fatale ved uønskede belastningssykluser, og en fullstendig utmattingsanalyse ville også økt sikkerhetsaspektet.

16 KONKLUSJON

I denne oppgaven har vi med bakgrunn i statiske tall valgt ut et tohjulskjøretøy-segment, som videre er blitt sammenlignet med andre konkurrenter. En grundig komponentevaluering er foretatt, og man har kommet frem til et designforslag.

16.1 Resultater og anbefalinger

Vi har slik problemstillingen stadfestet utviklet en elektrisk scooter med optimale løsninger for drivlinje og design. Vi har gjort scooteren mer innovativ og unik i utseende ved bruk av utradisjonelle og nytenkende materialer for scooteren.

- ⤴ Det er blitt valgt en navmotorløsning som drivlinje, som gir en mer effektiv kraftoverføring, og er utredet til å være en elektrisk børsteløs hubmotor på 13 tommer og effekt på 2000 W.
- ⤴ Energilageret består av et batteri med spenning på 60V og 4Ah. Operasjonsradiusen er på rundt 55 km, ved maks hastighet 45 km/t.
- ⤴ Under designarbeidet har vi valgt en åpen rammeløsning som gjør at vi beholder noe av originaliteten ved scooteren, og totaldesignet den med utgangspunkt i dette.
- ⤴ Det har blitt valgt aluminiumstypen 7075-T6 for rammen, materialet gir god styrke og gode maskineringssegenskaper for bearbeiding. For rammen bruker vi et mer moderne materialet i karbonfiber, som ikke skal være bærende men skal øke kvalitetsfølelsen. Denne materialkombinasjonen gjør at totalvekten for scooteren ender på 115 kg, uten fører.
- ⤴ Ved hjelp av grunnlagsberegninger har vi kontrollert våre løsninger med tanke på akselerasjon og bremsing. Disse kalkulasjonene er påfølgende etterprøvd, og gitt oss en sikkerhetsfaktor over 2.

16.2 Videre arbeid

På grunn av begrensninger og tidsperspektiv er følgende utelatt for oppfølging og videreutvikling:

- ⤴ Fullstendig designutredning
 - Utrede for delkomponenter som skal produseres selv f.eks svingarm, forgaffel og styrebrom
 - Utrede flere løsninger for totaldesignet
 - Detaljdesign og design for display
 - Utrede materialløsninger for alle komponenter
- ⤴ Breder analyse
 - Foreta CFD-analyse på totaldesignet
 - Svingningsanalyse
 - Utmattingsanalyse

ELEKTRISK SCOOTER

- ⤴ Utrede for produksjonsmetoder
 - Analyse av produksjonsmetoder for utvikling av prototype
 - Analyse av produksjonsmetoder for masseproduksjon
- ⤴ Elektrisk ledningsnett
 - Utredning av elektrisk tilkobling av komponenter

17 REFERANSER

a) Skriftlige kilder

1. Wildi, T. (2006). *Electrical Machines, Drives and Power Systems*. 6th Edition. New Jersey: Prentice Hall. 934 p.
2. Tilley, A.R. (2002). *The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design*. Revised Edition. New York: Wiley. 104 p.
3. Lesko, J. (1999). *Industrial Design: Materials and Manufacturing*. 1st Edition. Canada: Wiley. 224 p.
4. Ehsani, M., Gao, Y. & Emadi, A. (2010). *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design (Power Electronics and Applications Series)*. 2nd Edition. Boca Raton: CRC Press. 557 p.
5. Callister, W.D. & Rethwisch, D.G. (2010). *Materials Science and Engineering*. 8th Edition. USA: John Wiley & Sons Ltd. 992p.
6. Paynter, R.T. & Boydell, B.J.T. (2008). *Electronics Technology Fundamentals: Conventional Flow Version*. 3rd edition. New Jersey: Prentice Hall. 1040 p.
7. Fuhs, A.E. (2008). *Hybrid Vehicles: and the Future of Personal Transportation*. 1st Edition. Boca Raton: CRC Press. 504 p.
8. Ashby, M. & Johnson, K. (2002). *Materials and Design: The Art and Science of Material Selection in Product Design*. 1st Edition. Italy: Butterworth-Heinemann. 352 p.
9. Farstad, P. (2003). *Industridesign*. 1. utg. Oslo: Universitetsforlaget. 297 s.
10. Pugh, S. (1991). *Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering*. Malaysia: Prentice Hall. 312 p.
11. Vogel, C. (2009). *Build Your Own Electric Motorcycle (Tab Green Guru Guides)*. USA: McGraw-Hill/TAB Electronics. 384 p.
12. Foale, T. (2006). *Motorcycle handling and chassis design: the art and science*. 2nd Edition. Spain: Tony Foale. 560 p.
13. Cossalter, V. (2006). *Motorcycle Dynamics*. 2nd Edition. LULU.com. 372 p.
14. Fossmark, O. R. (1992). *Bilteknikk bremses*. 2. utg. Oslo: Universitetsforlaget 278 s.
15. Kultorp, E. (2012). *Komposittmaterialer - Verifisering av material- og styrkeegenskaper til bruk i motorsykelchassis*. Master. Ås: UMB, IMT. 119 s.
16. Olsvik, E. (2012). *Totaldesign - CFD-optimering av elektrisk motorsykel konsept*. Master. Ås: Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi. 160 s.
17. Krog, H. O. (2012). *Utvikling av svingarm og dempesystem for elektrisk motorsykel konsept*. Master. Ås: Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi. 104 s.
18. Norberg, L. (2012). *Utvikling og optimering av drivlinje for et elektrisk motorsykelkonsept*. Master. Ås: Univeristetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi. 167 s.
19. Skjong, O.A. (2012). *Utvikling av fremre del av motorykkelchassis*. Master. Ås: Univeristetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi. 111 s.

20. Bøe, J.K. (2011). *TIP200:Produktutvikling og produktdesign*. Ås: Univeristetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi. 218 s.
21. Bøe, J.K. (2012). *TIP300:KONSEPT- OG PRODUKTREALISERING*. Ås: Univeristetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi.
22. Terjesen, G.T., *Deformasjon av bjelker og aksler*. Ås: Univeristetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi. 20 s.

b) Personlige meddelser

23. Terjesen, G., *Dynamikk*, 2013: Ås.
24. Ringstad, T., *Energilager*, 2013: Ås.
25. Heyerdahl, P., *Elektronikk*, 2013: Ås.
26. Føyn, A., *Komponentløsning*, 2013: Ås.
27. Brenne, B., *Produksjonsmetoder*, 2013: Ås.

c) Nettkilder

Elektroniske dokumenter:

28. Perspektivmelding (2013). Meld.St.12(2012-2013). Oslo. Lokalisert 15. februar 2013 og tilgjengelig fra: www.regjeringen.no
29. Ntziachristos, L., Mamakos, A., Samaras, Z., Xanthopoulos, A. & Iakovou, E. (2006). Atmospheric environment: Emission control options for power two wheelers in Europe. Thessaloniki. Lokalisert 25. februar 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.sciencedirect.com>
30. Acem (2013). The Motorcycle Industry in Europe: Statistical Overview. Lokalisert 15. februar 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.acem.eu/>
31. GatesFacts™ Technical Information Library: Belt Drive Efficiencies. Colorado. Lokalisert 17. februar 2013 og tilgjengelig fra: www.gates.com/
32. Enidine. Shock Absorbers. Lokalisert 15. februar 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.pneumax.co.th>
33. Headway group. 60V 40Ah LIFEP04 Battery-Specification. Lokalisert 05. april 2013 på personlig email.
34. Kelly controller. Kelly KEB Brushless Motor Controller User's Manual. Lokalisert 23. februar 2013 og tilgjengelig fra: <http://kellycontroller.com>, samt personlig mail
35. Automotive design: Chassis design. Lokalisert 24. februar 2013 og tilgjengelig fra: <http://web.iitd.ac.in/>
36. Jaafarnia, M. (2013). Evolution of Automobile Design, A brief introduction. India. Lokalisert 05. mai 2014 og tilgjengelig fra: <http://iraniandesign.wordpress.com/>.

Nettsider:

37. Utslipp av klimagasser fra transport. Lokalisert 15. februar 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/> .
38. Statistikkbanken. Lokalisert 17. februar 2013 og tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statistikkbanken/>.

ELEKTRISK SCOOTER

39. 4358 elbiler solgt i 2012. Lokalisert 13. februar 2013 og tilgjengelig fra: <http://elbil.no/> .
40. Tesla Model S. Lokalisert 17. januar 2013 og tilgjengelig fra: www.teslamotors.com/.
41. CO2-utslipp fra vei: Lokalisert 04. januar 2013 og tilgjengelig fra:
<http://wwws4.eea.europa.eu/data-and-maps>
42. Statistisk årbok 2012. Lokalisert 07. februar 2013 og tilgjengelig
fra:<http://www.ssb.no/a/aarbok/>.
43. 2-wheeler industry to see 4-5% volume growth. Lokalisert 19. mars 2013 og tilgjengelig
fra: <http://www.business-standard.com/>
44. Kursagenten. Lokalisert 11. februar 2013 og tilgjengelig fra:www.kursagenten.no/.
45. 125cc scooters and motorcycle buck the sales trend. Lokalisert 02. mars 2013 og
tilgjengelig fra:<http://www.telegraph.co.uk>
46. Scooter Trends From Italian Design Vet. Lokalisert 08. mars 2013 og tilgjengelig
fra:<http://www.wired.com>
47. Forskrift om førerkort. Lokalisert 27. februar 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.lovdatabasen.no>.
48. Scooter (motorcycle). Lokalisert 18. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://en.wikipedia.org>.
49. Klassisk scooter. Lokalisert 16. mars 2013 og tilgjengelig fra: [http://classic-
motorbikes.net](http://classic-motorbikes.net)
50. Vespa Ape. Lokalisert 23. mars 2013 og tilgjengelig fra:<http://www.users.globalnet.co.uk>
51. Bajaj Chatak. Lokalisert 17. mars 2013 og tilgjengelig
fra:<http://www.scooterinvasion.com>
52. History of scooters. Lokalisert 10. april 2013 og tilgjengelig
fra:<http://www.larkscoters.com>
53. Moveo Fordable Electric Scooter. Lokalisert 14. mars 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.tuvie.com>
54. Moveo Fordable Electric Scooter. Lokalisert 28. februar 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.tuvie.com>
55. Peugeot Speedfight 3. Lokalisert 29. mars 2013 og tilgjengelig fra: [http://www.skien-
motorsenter.no](http://www.skien-motorsenter.no)
56. Vespa GTS 300 Sport IE. Lokalisert 20. mars 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.vespa.no>
57. Peugeot e-Vivacity. Lokalisert 31. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://madame.lefigaro.fr>
58. Govecs GO! S1.2. Lokalisert 05. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.govecs.com.au>
59. Moped. Lokalisert 16. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://en.wikipedia.org/wiki/Moped>
60. Yamaha YBR125. Lokalisert 21. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.motoliz.com>
61. Derbi Sende DRD 125 SM Racing. Lokalisert 24. februar 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.mcjournalen.no>
62. Govecs GO! S3.4. Lokalisert 06. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.rrmobility.nl>
63. Motorcycle: Lokalisert 07. mars 2013 og tilgjengelig fra:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Motorcycle>.
64. BMW 1300 S. Lokalisert 18. februar 2013 og tilgjengelig fra: <http://pictures.topspeed.com>
65. 883 Roadster. Lokalisert 26. februar 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.mrautomotive.net>
66. Roskva D135RAGS. Lokalisert 15. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.dzgn.co>

ELEKTRISK SCOOTER

67. Peugeot e-Vivacity 2011. Lokalisert 28. mars 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.mbike.com>.
68. Powertrain Design Compact Engines & 2-Wheelers. Lokalisert 15. april 2013 og tilgjengelig fra: <https://www.avl.com>
69. Chain-drive. Lokalisert 17. mars 2013 og tilgjengelig fra:
http://en.wikipedia.org/wiki/Chain_drive.
70. BMW Scooter Chain. Lokalisert 15. mars 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.tourenfahrer.de>
71. Chain. Lokalisert 03. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://enged.com.au>
72. Drive-Shaft. Lokalisert 11. mars 2013 og tilgjengelig fra:
http://en.wikipedia.org/wiki/Drive_shaft.
73. Rear Drive-Shaft. Lokalisert 18. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://scootersparts.net>
74. Belt – Mechanical. Lokalisert 09. mars 2013 og tilgjengelig fra:
http://en.wikipedia.org/wiki/Belt_%28mechanical%29
75. V-belt. Lokalisert 13. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.bounderwheelchairs.com>
76. Tannreim. Lokalisert 06. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.choosemybike.in>
77. Hydrostatic Drives. Lokalisert 19. mars 2013 og tilgjengelig fra:
<http://machinedesign.com>
78. Hydraulic Power Steering System. Lokalisert 14. mars 2013 og tilgjengelig fra:
<http://media.caranddriver.com>
79. Mobile Hydraulic system. Lokalisert 01. april 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.boschrexroth.com>
80. Wheel Hub Motor. Lokalisert 12. april 2013 og tilgjengelig fra:
http://en.wikipedia.org/wiki/Wheel_hub_motor
81. Dette hjulet har innebygget motor. Lokalisert 24. april 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.tu.no>
82. Protean In-Wheel Motor. Lokalisert 24. april 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.blogcdn.com>
83. Direct-Drive Mechanism. Lokalisert 29. mars 2013 og tilgjengelig fra:
http://en.wikipedia.org/wiki/Direct_drive_mechanism
84. In-Wheel Electric Motor. Lokalisert 30. mars 2013 og tilgjengelig fra:
<http://static.ddmcdn.com>
85. Compact Electric Wheelbarrow motor. Lokalisert 05. april 2013 og tilgjengelig fra:
<http://made-in-china.com>
86. CU Front Wheel. Lokalisert 26. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.trikke.com>
87. Elektro Roller. Lokalisert 13. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.proeco.de>
88. Internal Combustion Engine. Lokalisert 19. mars 2013 og tilgjengelig fra:
https://en.wikipedia.org/wiki/Internal_combustion_engine
89. Engine Principle. Lokalisert 23. april 2013 og tilgjengelig fra:
<http://auto.howstuffworks.com/engine.htm>
90. Engine Efficiency. Lokalisert 16. mars 2013 og tilgjengelig fra:
http://en.wikipedia.org/wiki/Engine_efficiency

ELEKTRISK SCOOTER

91. Mazda RX-8 to stop production in Japan by June 2012. Lokalisert 24. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.autoindustryinsider.com>
92. Stirling Engine. Lokalisert 16. mars 2013 og tilgjengelig fra: http://en.wikipedia.org/wiki/Stirling_engine
93. Stirling Mechanism. Lokalisert 16. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.personal.psu.edu>
94. Stirling Principle. Lokalisert 16. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://auto.howstuffworks.com/stirling-engine>
95. Gas Turbine. Lokalisert 17. mars 2013 og tilgjengelig fra: http://en.wikipedia.org/wiki/Gas_turbine
96. Modern Turbine. Lokalisert 17. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://science.howstuffworks.com>
97. Gassturbin. Lokalisert 18. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.energifakta.no/Bilder/gassturbin.gif>
98. Air-filter Turbin. Lokalisert 18. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.dirtstuff.at>
99. Electric Motor. Lokalisert 24. april 2013 og tilgjengelig fra: http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_motor
100. Electric Motor Principle. Lokalisert 13. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.howstuffworks.com/motor.htm>
101. DC-motor. Lokalisert 20. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://studyvilla.com/Images/dcmotor.gif>
102. AC-motor. Lokalisert 25. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu>
103. Traditional Electric Motor. Lokalisert 23. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.allpumpsdirect.co.uk>
104. DC-motor Principle. Lokalisert 13. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://zone.ni.com>
105. DC Shunt Motor. Lokalisert 12. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.crackthehack.com>
106. Compound Motors. Lokalisert 27. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://zone.ni.com>
107. Permanent Magnet DC Motor. Lokalisert 27. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://images.tutorvista.com>
108. Universal Motor. Lokalisert 27. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://wikimedia.org>
109. Universal Electric Motor. Lokalisert 27. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://upload.wikimedia.org>
110. Switched Reluctance Motor. Lokalisert 28. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.robotiksystem.com>
111. Brushed & Brushless Motor. Lokalisert 27. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.thinkrc.com>
112. Brushless DC Motor. Lokalisert 29. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://4.bp.blogspot.com>
113. Hubmotor – QS7230-13403. Lokalisert 30. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://img.diytrade.com>
114. Brenselcelle. Lokalisert 07. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://no.wikipedia.org/wiki/Brenselcelle>

ELEKTRISK SCOOTER

115. Hydrogen Fuel Cell. Lokalisert 08. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.alternative-energy-news.info>
116. Battery Principle. Lokalisert 08. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.rsc.org>
117. Capacitor. Lokalisert 08. april 2013 og tilgjengelig fra:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Capacitor>
118. Capacitor Principle. Lokalisert 10. april 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.howstuffworks.com/capacitor.htm>
119. Plate Capacitor. Lokalisert 15. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://wikimedia.org>
120. Solar Cell. Lokalisert 16. april 2013 og tilgjengelig fra:
http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell
121. Winston Solar. Lokalisert 16. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.winstonsolar.org>
122. Solar Cel Principle. Lokalisert 15. april 2013 og tilgjengelig fra:
<http://science.howstuffworks.com>
123. Lead Battery Components. Lokalisert 09. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.lead-battery-recycling.com>
124. Battery Comparison. Lokalisert 11. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://robocup.mi.fu-berlin.de>
125. Lithium-Ion Battery. Lokalisert 11. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://e2af.com>
126. Lithium Polymer Battery. Lokalisert 11. april 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.scootersmotorworks.com>
127. Lithium Ion Batteries Grid System. Lokalisert 12. april 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.homepower.com>
128. LiFePO4 Rechargeable Batteries. Lokalisert 12. april 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.lifepo4rechargeablebattery.com>
129. Disc Brake Rotor. Lokalisert 17. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://scootersparts.net>
130. Motorcycle Forks. Lokalisert 17. april 2013 og tilgjengelig fra:
https://en.wikipedia.org/wiki/Motorcycle_fork
131. Moped Fork. Lokalisert 17. april 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.scooterparts4less.com>
132. Motorcycle Suspension. Lokalisert 20. april 2013 og tilgjengelig fra:
http://en.wikipedia.org/wiki/Suspension_%28motorcycle%29
133. DNM Scooter Shock. Lokalisert 20. april og tilgjengelig fra: <http://dnmshock.com>
134. Maxima Tyres. Lokalisert 20. april og tilgjengelig fra: <http://ssl.delti.com>
135. Motorcycle Frames. Lokalisert 23. april 2013 og tilgjengelig fra:
http://en.wikipedia.org/wiki/Motorcycle_frame
136. Twin Changes – New Frames. Lokalisert 23. april 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.ajs-matchless.com>
137. Double Cradle. Lokalisert 24. april 2013 og tilgjengelig fra:
<http://classicvelocity.squarespace.com>
138. Backbone Frame. Lokalisert 24. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.diseno-art.com>
139. Double Backbone. Lokalisert 25. april 2013 og tilgjengelig fra:
<http://farm5.static.flickr.com>
140. Honda Moped Frame. Lokalisert 25. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://wikimedia.org>

ELEKTRISK SCOOTER

141. Teralis Frame. Lokalisert 26. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://motomalaya.net>
142. Vespa Piaggio MP5. Lokalisert 17. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://classic-motorbikes.net>
143. Swingarm. Lokalisert 25. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://en.wikipedia.org/wiki/Swingarm>
144. Swingarm Art. Lokalisert 25. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.influx.co.uk>
145. Human Factors. Lokalisert 26. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://humanfactors.ir>
146. Cycle-Ergonomics. Lokalisert 26. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://cycle-ergo.com>
147. Cycle-Ergonomics – Archive Server. Lokalisert 26. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.ar15.com>
148. Pin-model Material Criterias. Lokalisert 28. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://ocf.kfupm.edu.sa>
149. Aluminium Usage. Lokalisert 27. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.tipthepplanet.com>
150. Aluminium. Lokalisert 28. april 2013 og tilgjengelig fra: <https://en.wikipedia.org/wiki/Aluminium>
151. Material Data. Lokalisert 28. april 2013 og tilgjengelig fra: www.matweb.com
152. World Steel Production. Lokalisert 29. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://true-progress.com>
153. Steel. Lokalisert 27. april 2013 og tilgjengelig fra: <http://en.wikipedia.org/wiki/Steel>
154. 2000 W 13” Brushless Hubmotor. Lokalisert 17. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.hs-escooter.com>
155. Controller KEB72601X. Lokalisert 23. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://kellycontroller.com>
156. 4-takts motorfaser. Lokalisert 02. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://biphome.spray.se>
157. 2-stroke motors. Lokalisert 02. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.roymech.co.uk>
158. Diesel Motors 4-stroke. Lokalisert 02. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.maxxtorque.com>
159. Diesel Motors 2-stroke. Lokalisert 02. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://4.bp.blogspot.com>
160. Wankelmotor. Lokalisert 03. mars 2013 og tilgjengelig fra: <http://s1.aecdn.com>
161. BMW Motorcycles. Lokalisert 26. februar 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.bmwmotorcycles.com>
162. Harley Davidson Roadsters. Lokalisert 26. februar 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.harley-davidson.com>
163. Roskva Electric – Tekniske Spesifikasjoner. Lokalisert 26. februar 2013 og tilgjengelig fra: <http://roskva-electric.com>
164. Yamaha 125YBR -125 CC. Lokalisert 26. februar 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.yamaha-motor.eu>
165. Derbi UK Motors. Lokalisert 26. februar 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.derbi.com>
166. Derbi Senda DRD. Lokalisert 26. februar 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.mcjournalen.no>
167. Peugeot Scooters. Lokalisert 26. februar 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.erling-sande.no>

ELEKTRISK SCOOTER

168. Vespa Modellspesifikasjoner. Lokalisert 26. februar 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.vespa.no>
169. Peugeot Product Services. Lokalisert 26. februar 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.peugeot.com>
170. Govecs Motorcycles. Lokalisert 26. februar 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.bikez.com>
171. Bicycle and motorcycle geometry. Lokalisert 21. mars 2013 og tilgjengelig fra:
https://en.wikipedia.org/wiki/Bicycle_and_motorcycle_geometry
172. KP-E(600W) Charger. Lokalisert 28. mars 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.evassemble.com>
173. Technological Nature Wallpaper. Lokalisert 7. mai 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.wallpaperpin.com>
174. Soup Kitchen Top Flat View. Lokalisert 7. mai 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.jewisheastend.com>
175. Car Charging. Lokalisert 8. mai 2013 og tilgjengelig fra:
<http://d1p2ydm3tiy6cn.cloudfront.net>
176. Scooter Shop. Lokalisert 8. mai 2013 og tilgjengelig fra: <http://media.courierpress.com>
177. London Back Street. Lokalisert 8. mai 2013 og tilgjengelig fra: <http://sevendesktop.com>
178. Garage. Lokalisert 8. mai 2013 og tilgjengelig fra: <http://www.mojacesta.sk>
179. Empty Space. Lokalisert 8. mai 2013 og tilgjengelig fra: <http://fc07.deviantart.net>
180. Ballantyne Garage Solution. Lokalisert 8. mai 2013 og tilgjengelig fra:
<http://www.ballantynegs.com>
181. Spring Trees. Lokalisert 9. mai 2013 og tilgjengelig fra: <http://crazy-frankenstein.com>
(forsidebilde)
182. Parking Spots. Lokalisert 9. mai 2013 og tilgjengelig fra: <http://0.static.wix.com>
183. Urban Street At Night Wide. Lokalisert 9. mai 2013 og tilgjengelig fra: <http://photosof.org>
184. Empty Stage In Spot Lights. Lokalisert 9. mai 2013 og tilgjengelig fra:
<http://lisabuffingtonshonoringyourself.files.wordpress.com>

VEDLEGG

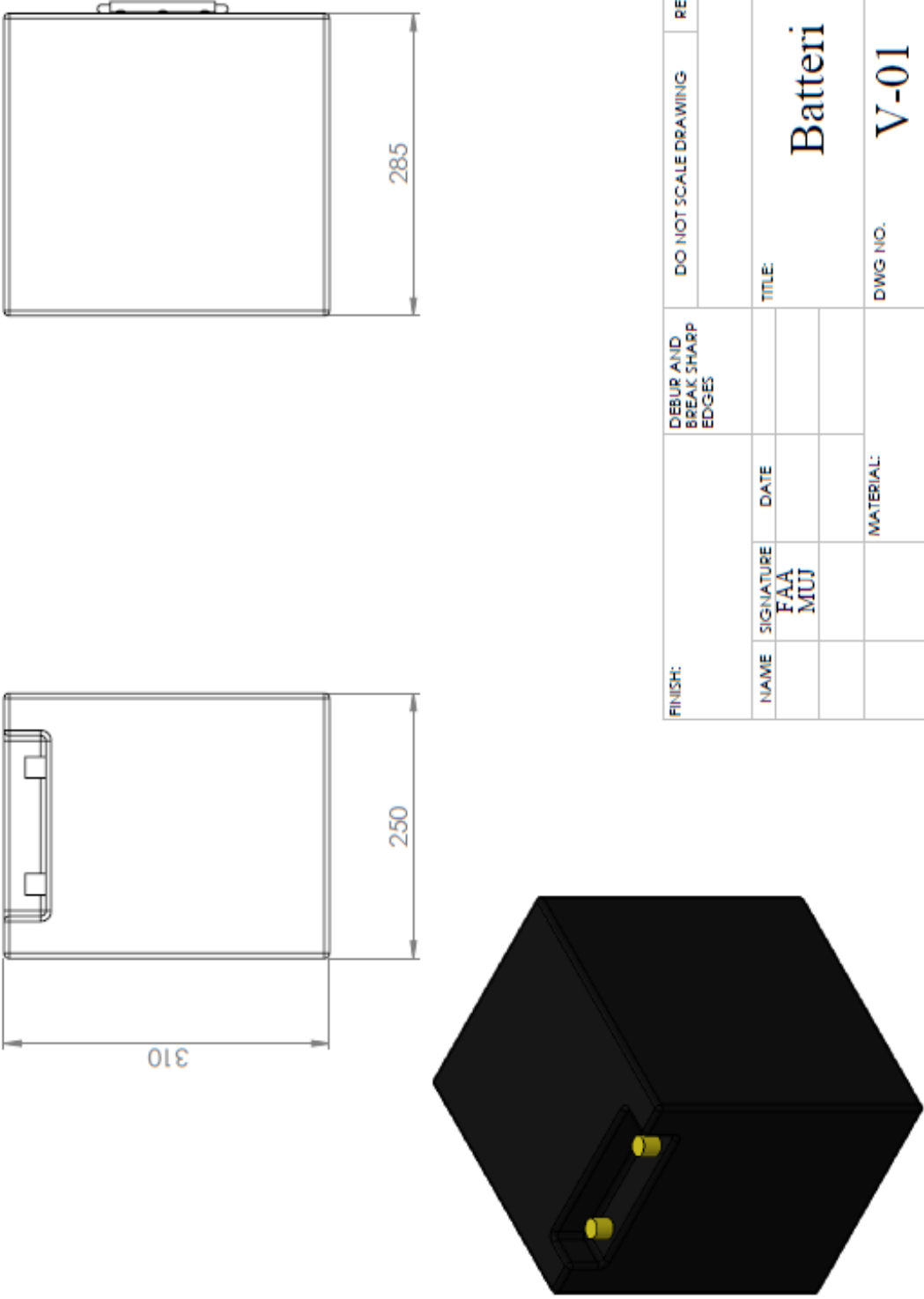
Tegningsliste:

V-01	Batteri
V-02	Navmotor
V-03	Controller
V-04	Ramme
V-05	Svingarm
V-06	Styrebro
V-07	Støtdemper - foran
V-08	Styretilkobling
V-09	Styringsledd
V-10	Støtdemper – bak
V-11	Eksplosjonstegning I
V-12	Eksplosjonstegning II

Tekniske beskrivelser:

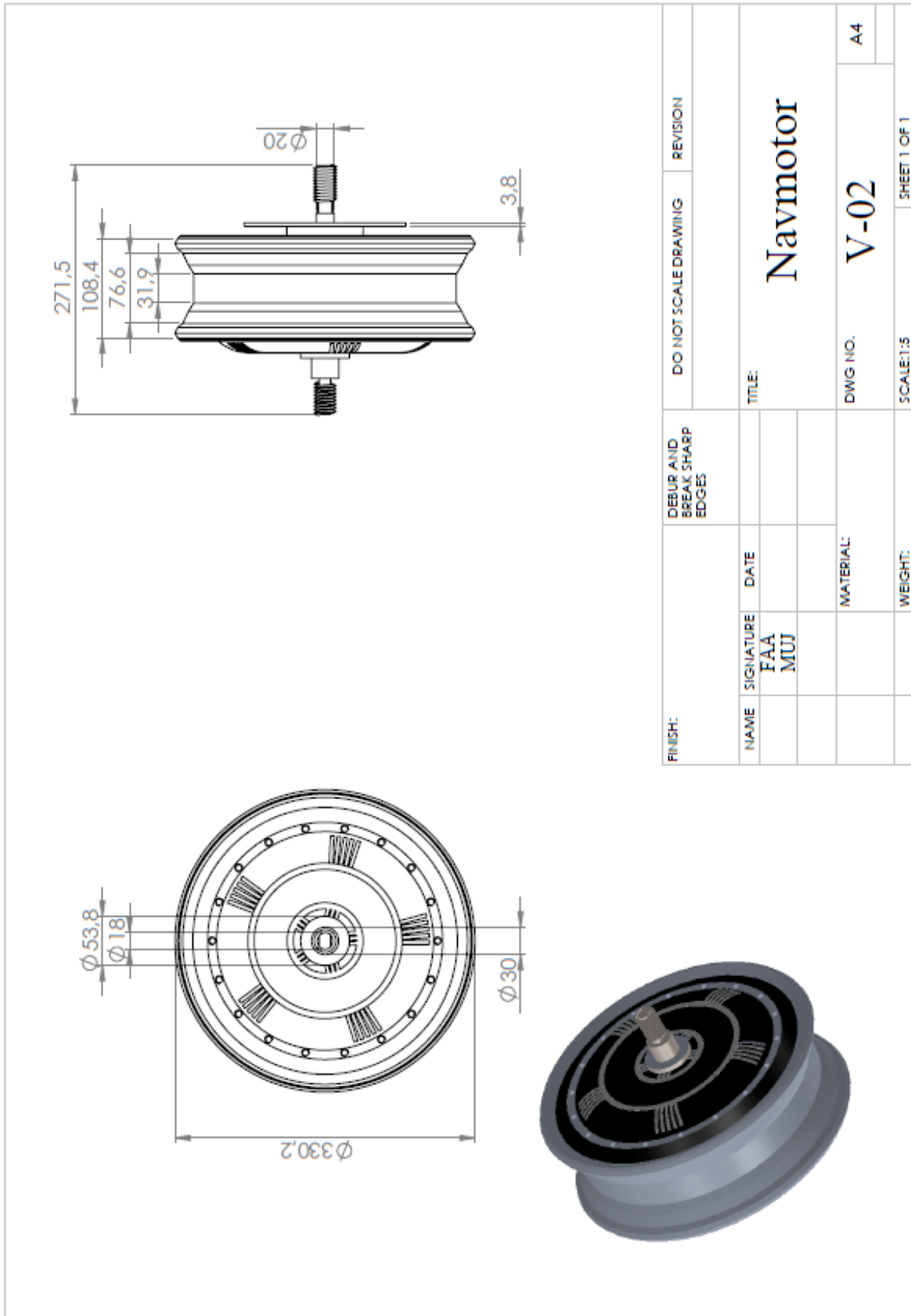
T-01	Motorspesifikasjoner
T-02	Motortest
T-03	Batterispesifikasjoner
T-04	Controllerspesifikasjoner
T-05	Forbrenningsmotorer

V-01 Batteri

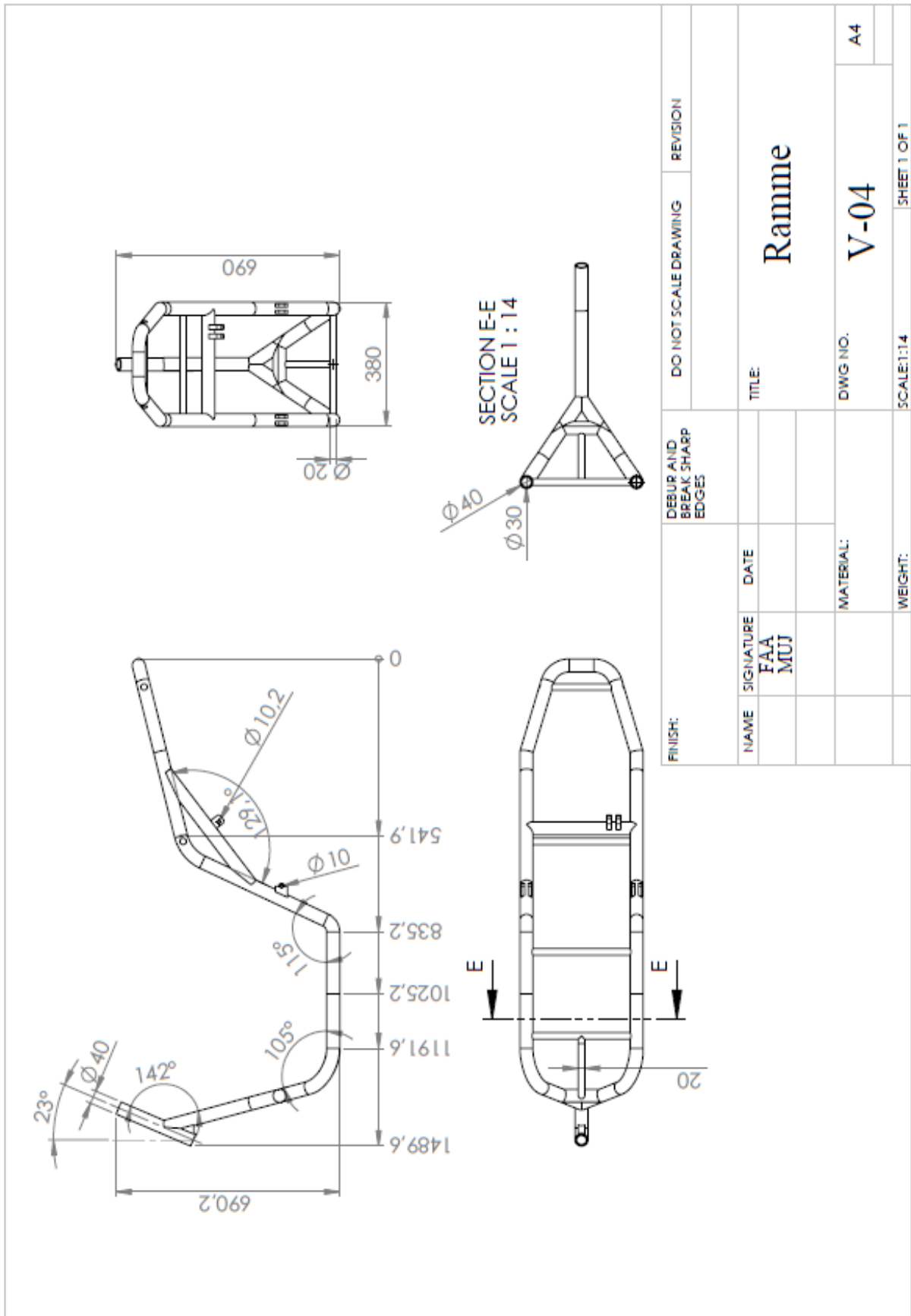


FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:		DWG NO.		A4
	FAA MUJ		Batteri		V-01		
			MATERIAL:		SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1
			WEIGHT:				

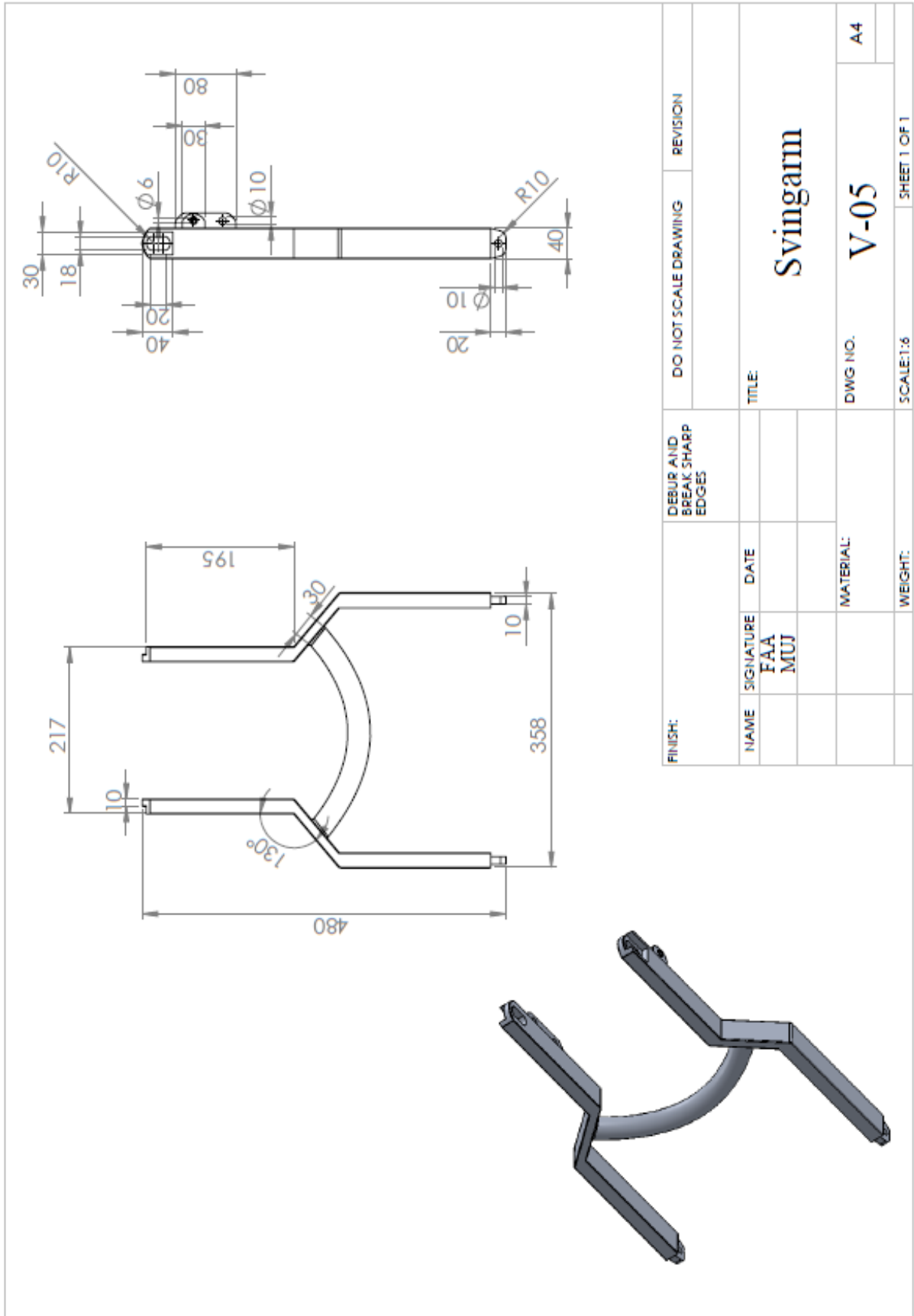
V-02 Navmotor



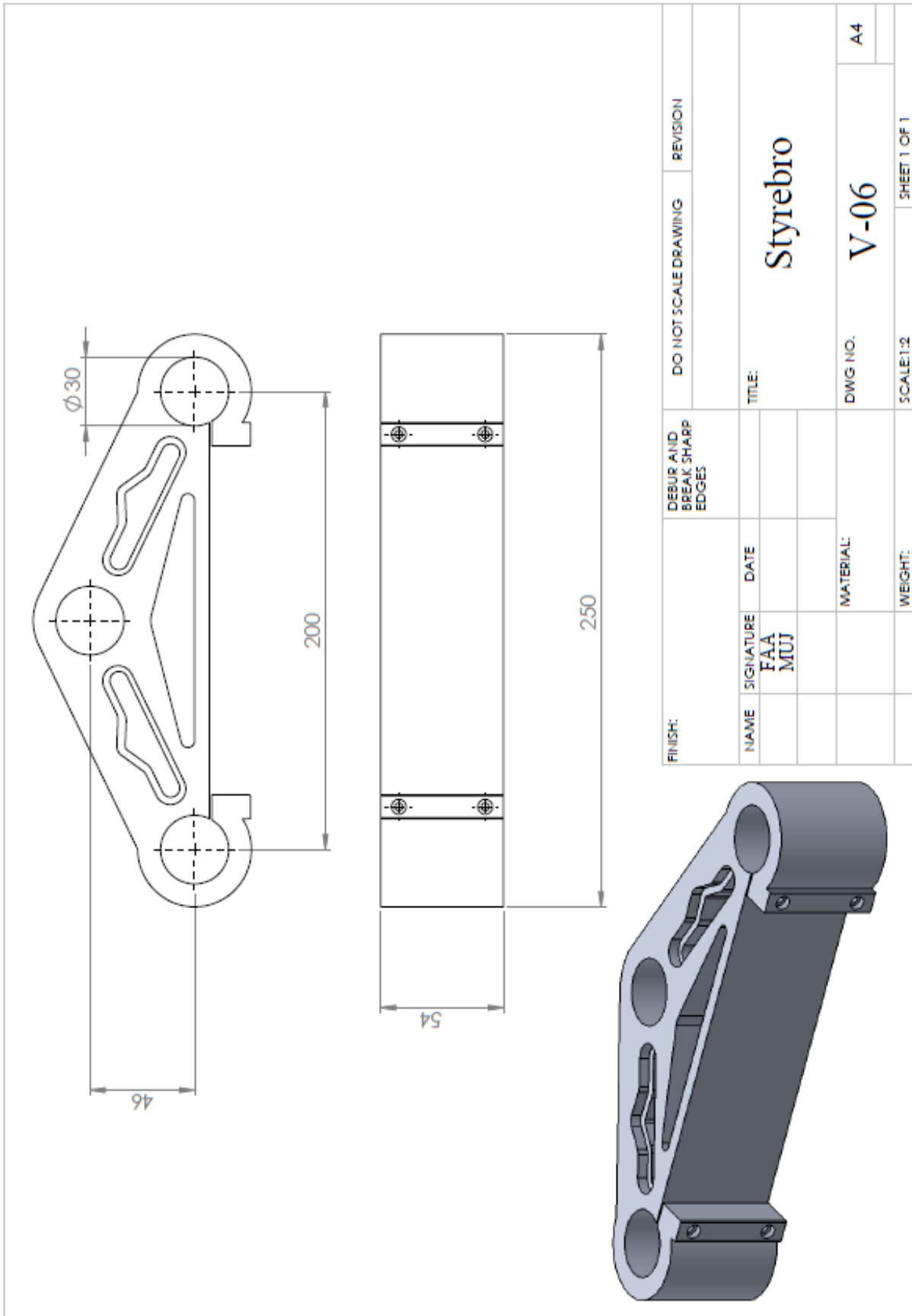
V-04 Ramme



V-05 Svingarm



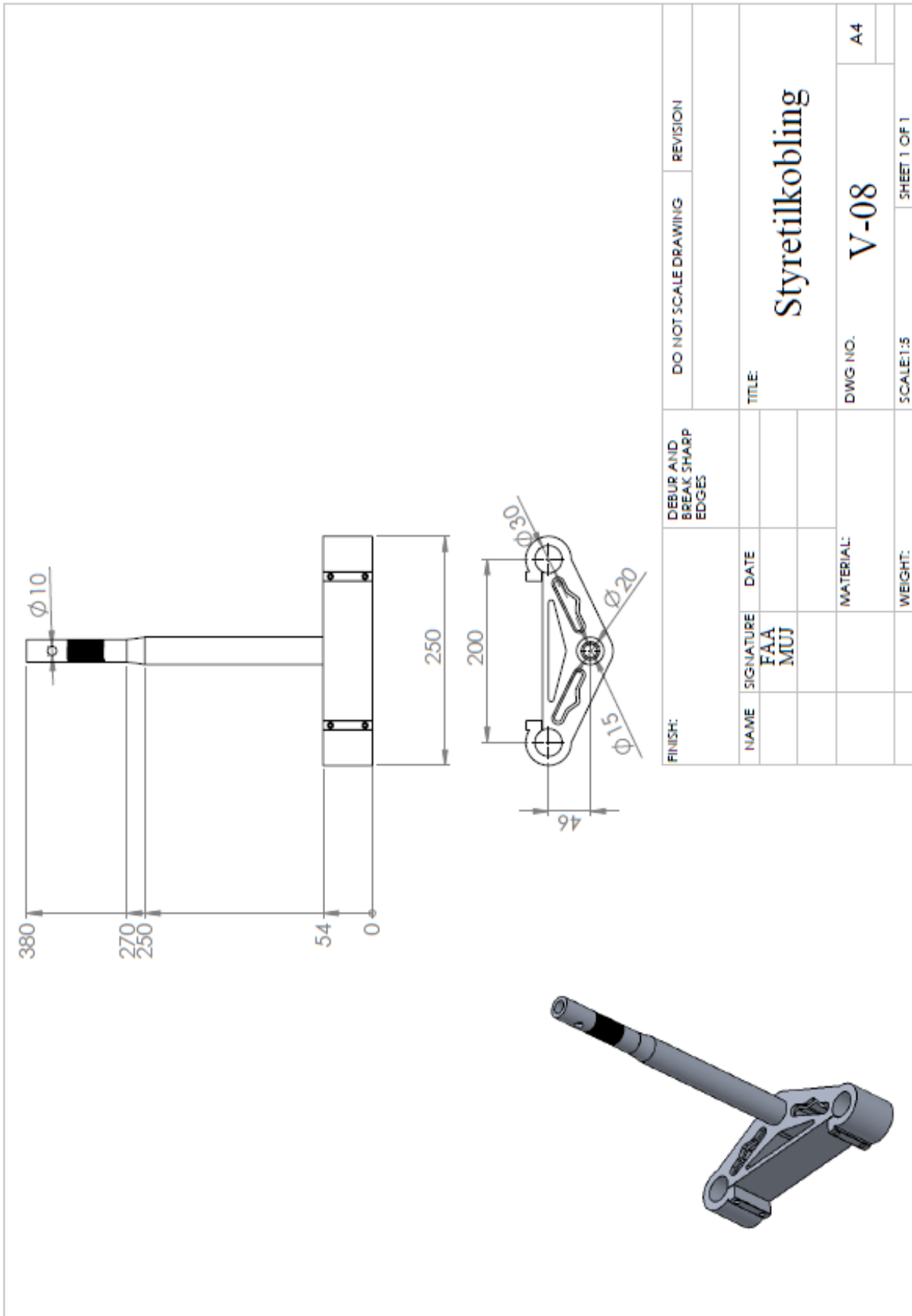
V-06 Styrebro



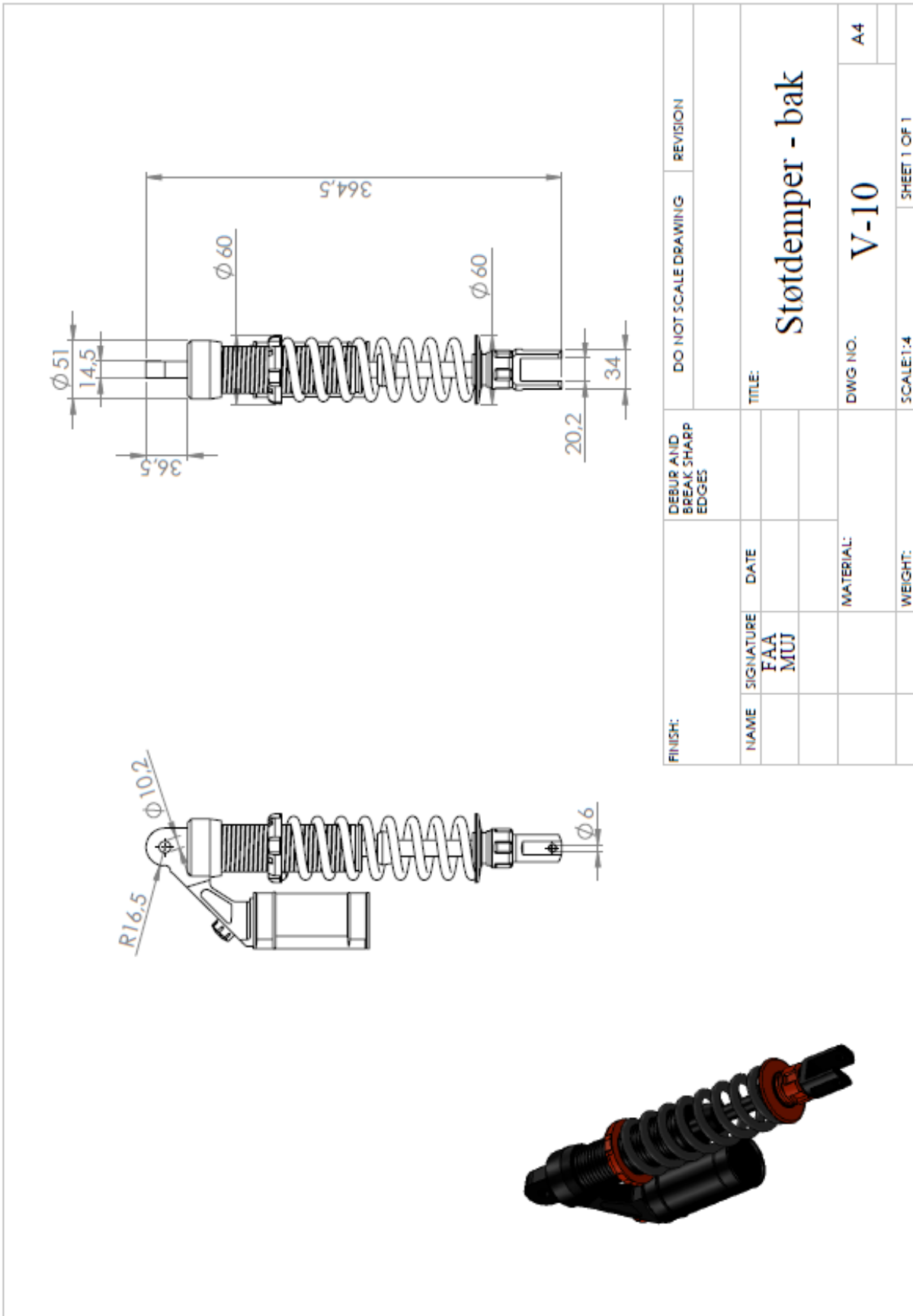
V-07 Støtdemper - foran

FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
		NAME		SIGNATURE		DATE	
		FAA		MUJ			
						TITLE:	
						Støtdemper - foran	
				MATERIAL:		DWG NO. V-07	
				WEIGHT:		SCALE:1:3	
						SHEET 1 OF 1	
						A4	

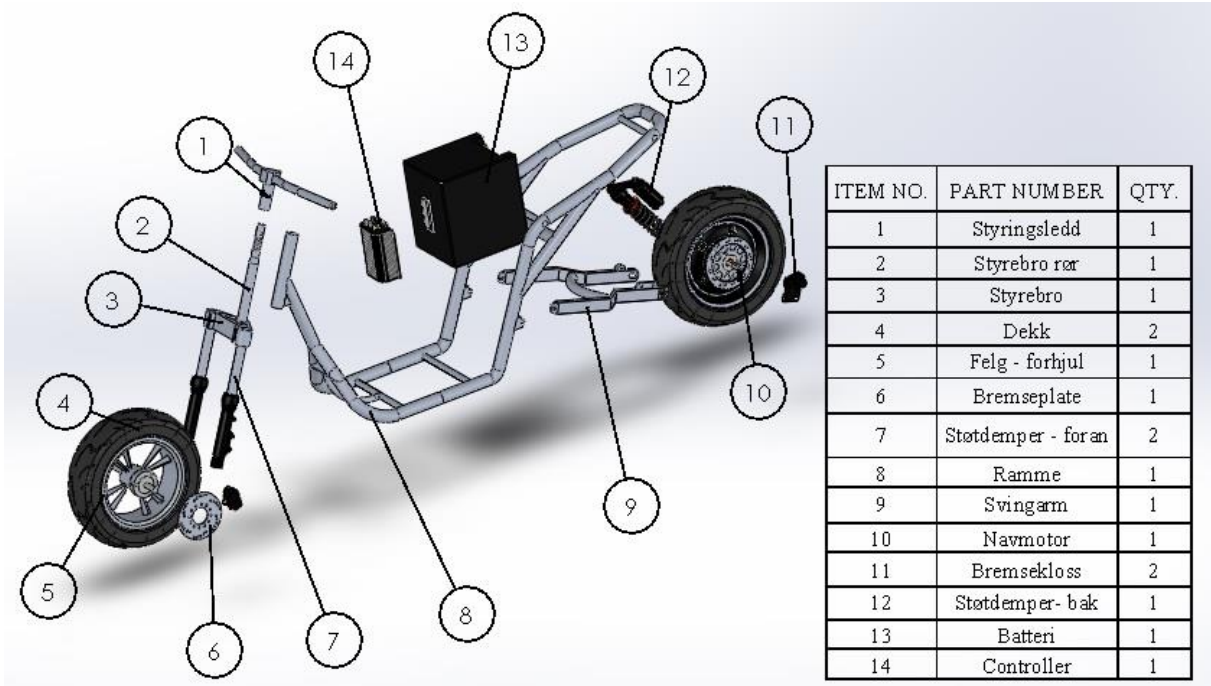
V-08 Styretilkobling



V-10 Støtdemper – bak



V-11 Eksplosjonstegning I



V-12 Eksplosjonstegning II



T-01 Motorspesifikasjoner

Brushless hub motor [154]:



Motor type :	High power brushless motor
Rated voltage :	72V/60V/48V
Power range :	2000W
Max speed :	400 - 850r/min (no load)
Max top speed :	≥65km/h
Max efficiency :	≥ 85%
Max torque :	≥ 110 N.m
Wheel size :	13 inch
Material :	Aluminum wheel
Brake type :	Disc brake
Tire type :	130/60 - 13 inch
Installation size :	200 mm
Climbing capacity:	≥25°
Dry weight:	(1pcs) : 16.8kg
Gross weight :	(1pcs) : 17.8kg
Carton size :	43cm×32cm×43cm / pcs

T-02 Motortest fra Kelly Controller [155]

U	I	P1	T	n	P2	Eff
(V)	(A)	(W)	(N.m)	rpm	(W)	-
59.83	4.455	266.6	0.5	774.8	40.88	15.3
59.84	4.501	269.3	0.7	774.5	59.03	21.9
59.83	4.848	290.0	0.9	773.3	79.02	27.2
59.82	5.470	327.2	1.3	771.3	105.9	32.3
59.77	7.194	429.9	2.3	765.5	186.5	43.3
59.72	8.893	531.1	3.8	759.4	309.7	58.3
59.66	11.26	672.3	5.7	751.7	455.2	67.7
59.61	13.65	813.9	7.3	744.1	574.0	70.5
59.53	16.66	991.8	9.7	734.0	752.5	75.8
59.45	19.68	1170	12.2	723.6	928.5	79.3
59.36	23.04	1368	14.8	712.8	1111	81.2
59.26	26.60	1576	17.6	702.0	1298	82.3
59.18	30.39	1798	20.9	690.5	1514	84.2
59.08	34.39	2032	23.8	678.9	1696	83.4
59.00	37.68	2223	27.5	649.8	1871	84.1
58.97	38.86	2292	30.9	593.6	1922	83.8
58.94	40.50	2387	34.8	553.4	2018	84.5
58.90	41.80	2462	38.1	514.0	2050	83.2
58.86	43.35	2552	41.9	478.7	2103	82.4
58.83	44.09	2594	45.5	435.4	2077	80.0
58.83	44.37	2611	49.7	399.1	2077	79.5
58.81	45.40	2670	53.5	369.1	2068	77.4
58.79	46.07	2709	57.1	337.6	2019	74.5
58.76	46.99	2761	61.2	314.1	2013	72.9
58.78	46.69	2744	64.9	286.0	1946	70.8

T-03 Batterispesifikasjoner [33]

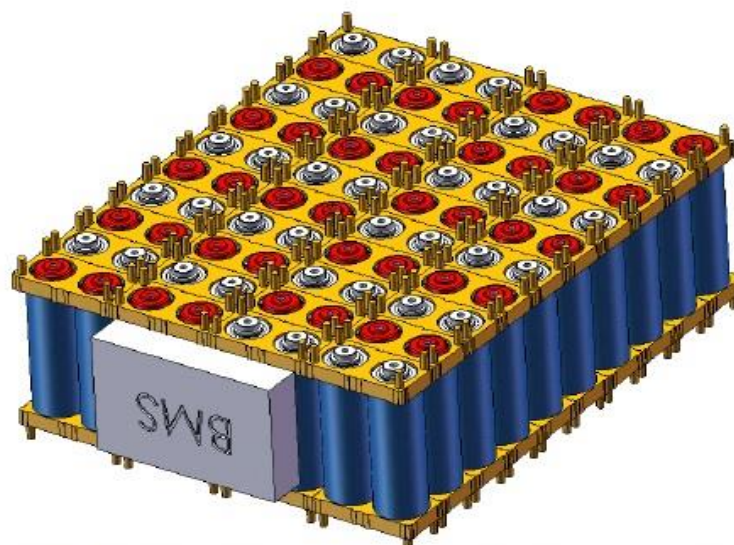


HW-6040

Technical Specification

Lithium battery solutions

Specification	
Nominal Voltage	60V
Nominal Capacity(0.5C,25°C)	40Ah
Weight(Approximate)	≤29.4kg
Dimension(Length*Width*Height)	325mm*440mm*155mm
Standard Discharge	
Max. Continuous Current	100A
Cut-off Voltage	50V ± 4V
Standard Charge	
Charge Voltage	72.8V ± 0.2V
Recommended Charge Current	8A
Charge Time	6 hours
Resistance and rates	
Internal Resistance	≤60m Ω
Self-discharge rate	≤5% per Month
General Features	
Assembly cell	38120S 10Ah
BMS specs	100A-300A



Check with the real products, the specifications are for reference only. It can be designed according to customer's requirements if necessary.

T-04 Controllerspesifikasjoner [34,156]

Controller KEB72601X



Features:

- Specially designed for electric bicycle and scooter.
- Intelligence with powerful microprocessor.
- Synchronous rectification, ultra-low drop, fast PWM to achieve very high efficiency.
- Electronic reversing.
- Voltage monitoring on 3 motor phases, bus, and power supply.
- Voltage monitoring on voltage source 12V and 5V.
- Current sense on all 3 motor phases.
- Current control loop.
- Hardware over current protection.
- Hardware over voltage protection.
- Support torque mode, speed mode, and balanced mode operation.
- Configurable limit for motor current and battery current.
- Battery current limiting available, doesn't affect taking off performance.
- More startup current, can get more startup speed.
- Low EMC.
- LED fault code.
- Battery protection: current cutback, warning and shutdown at configurable high and low battery voltage.
- Support motors with any number of poles.
- Up to 40,000 electric RPM standard. Optional high speed 70,000 ERPM, and ultra-high speed 100,000 ERPM. (Electric RPM = mechanical RPM * motor pole pairs).
- Brake switch is used to start regen.
- 0-5V brake signal is used to command regen current.
- Support three modes of regenerative braking: brake switch regen, release throttle regen, 0-5V analog signal variable regen.

ELEKTRISK SCOOTER

- Configurable high pedal protection: the controller will not work if high throttle is detected at power on.
- Current multiplication: Take less current from battery, output more current to motor.
- Easy installation: 3-wire potentiometer will work.
- Current meter output.
- Standard PC/Laptop computer is used to do programming. No special tools needed.
- User program provided. Easy to use. No cost to customers.

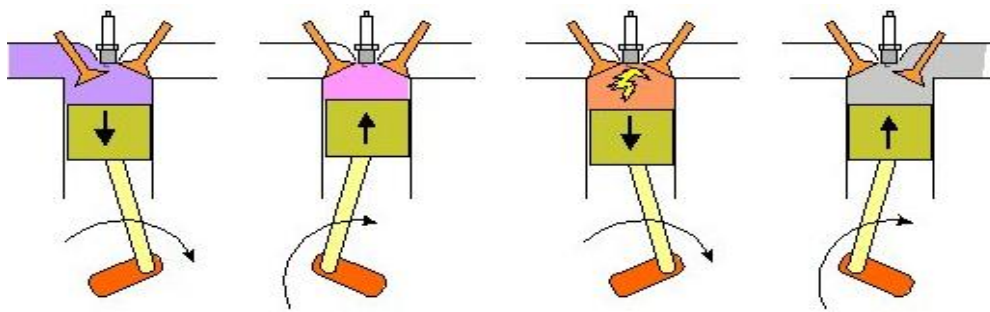
Specifications

- Frequency of Operation: 16.6 kHz.
- Standby Battery Current: < 0.5 mA.
- 5V Sensor Supply Current: 40 mA.
- Controller supply voltage range, PWR, 18V to 90V.
- Supply Current, PWR, 150mA.
- Configurable battery voltage range, B+. Max operating range: 18V to 1.25*Nominal.
- Standard Throttle Input: 0-5 Volts (3-wire resistive pot), 1-4 Volts (hall active throttle).
- Analog Brake and Throttle Input: 0-5 Volts. Producing 0-5V signal with 3-wire pot.
- Full Power Operating Temperature Range: 0° C to 50° C (controller case temperature).
- Operating Temperature Range: - 30° C to 90° C, 100° C shutdown (controller case temperature).
- Peak Phase Current, 10 seconds: 150A-550A, depending on the model.
- Continuous Phase Current Limit: 60A-200A, depending on the model.
- Maximum Battery Current: Configurable.

T-05 Forbrenningsmotorer [4,88,89]

Bensinmotor:

Bensinmotoren er en av de meste brukte motorene i kjøretøy, og kan deles inn i to-takts og fire-taktsmotorer. Som forbrenningsmotorer flest er stempellet en viktig konsept i bensinmotorer. Konseptet går ut på at en stempel blir koblet sammen med et veivaksel. Stemplet er plassert i en sylinder, og får en slik plassering på veivakselen at den begynner og rotere hvis stemplet beveger seg opp og ned i en forhåndsbestemt sylinder. Slik det er nevnt tidligere så vil drivsoffet i forbrenningsmotorer bli omformet i motoren og drivkraften overføres direkte til stemplet i sylindere. Dermed kan den roterende delen overføre bevegelsesenergi til ønsket område. Dette prinsippet ble det jobbet en del med tidlig på 1700-tallet, men ble offisielt patentert av James Watt i 1769.

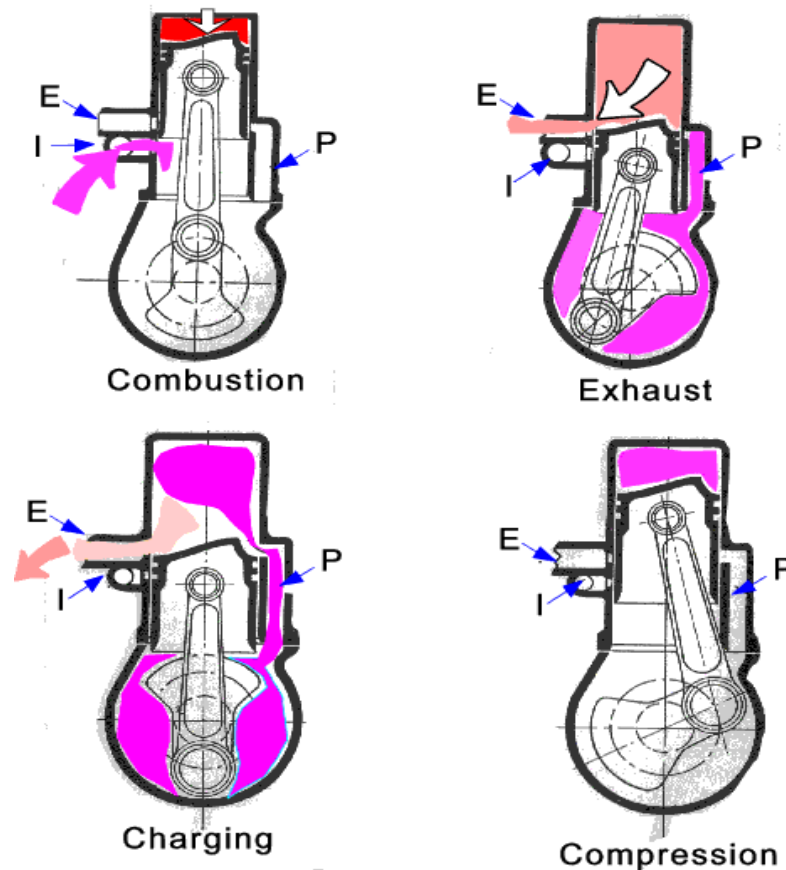


Figur T-05.1: 4-taktsmotor, med fasene fra venstre; innsugning, kompresjon, forbrenning og utblåsning [156].

Det som skiller bensinmotoren fra andre er at drivstoffet blir blandet med luft før den blir pumpet inn i stempelsylindere. Opprinnelig ble det brukt en enhet ved navn forgasser til å utføre denne blandingen, mens nå i senere tid har det blitt mer vanlig med elektrisk innsprøyting. Denne elektriske innsprøytingen gjør det mulig med en mer balansert og tilpasset blanding.

Denne blandingen er veldig essensiell med tanke på hvordan bensinmotoren drives, og i mange sammenhenger benyttes forholdet 14,87:1 for en fullstendig kjemisk forbrenning, altså 14,87 deler luft til 1 del bensin. Selv om dette forholdet er gitt for optimale forhold, vil det i virkeligheten være mange faktorer som vil påvirke det virkelige forholdet som for eksempel trykk og temperatur. Disse avvikene blir tatt forbehold om i de moderne reguleringsystemene for elektrisk innsprøyting, og dette gir oss også mer miljøvennlige bensinmotorer i form av mer presis forbrenning.

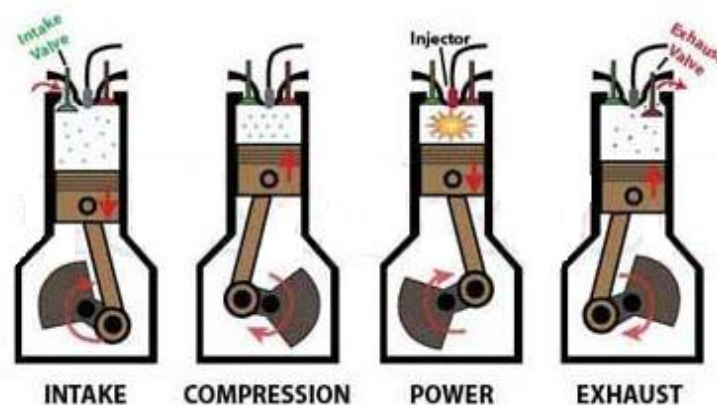
Når vi snakker generelt om to-taktsmotorer vil hovedforskjellen for en to-taktsmotor være at den har tenning for hver omdreining på 360 grader. Dermed blir det en to-taktsmotor, ettersom den snur drivretningen to ganger i løpet av en syklus. For bensindrevne to-takts-motorer betyr dette at det må taes opp bensin og luftblanding samtidig som den avleverer eksosen, mens for dieselmotorer ville den kun ha tatt opp luft istedenfor luftblanding. Siden to-taktsmotorene ikke har samme oppbygning som en fire-taktsmotor, og er konstruert enklere tregts det olje i blandingen som innslukkes for å ha smøring.



Figur T-05.2: Prinsippet med en 2-takts motor illustrert. Tenning hver omdreining på 360 grader, og drivretningen snus to ganger per syklus [157].

Dieselmotor:

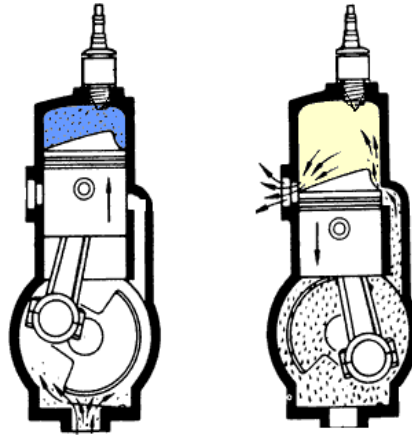
Dieselmotor er den andre av de mest verdsette forbrenningsmotorene, og ble oppfunnet av Rudolf Diesel i 1897. Den opererer også etter to- eller firetaktsprinsippet



Figur T-05.3: 4-takts dieselmotor [158].

Siden dieselmotorer ofte blir valgt ved større kjøretøy, spesielt de som brukes industrielt, blir det brukt en firetaktsprinsipp. Dette prinsippet går ut på at det skjer tenning annenhver omdreining, altså etter 720 grader. Selv om forskjellen mellom to-takt og fire-takt ikke ser stor ut teoretisk blir

driften annerledes praktisk sett. Ettersom det ikke skal tennes etter hver omdreining må det plasseres ventiler og det opereres med flere bevegelige deler. Dette gjør vedlikeholdsarbeidet mer komplisert der det for eksempel må påregnes jevnlig smøring for å unngå friksjon og slitasje. To-omdreiningssyklusen gjør også at vanlig drift kan kreve flere sylindere for å oppnå ønskelig tenning, og gjør fire-taktsmotoren upraktisk for små enheter.

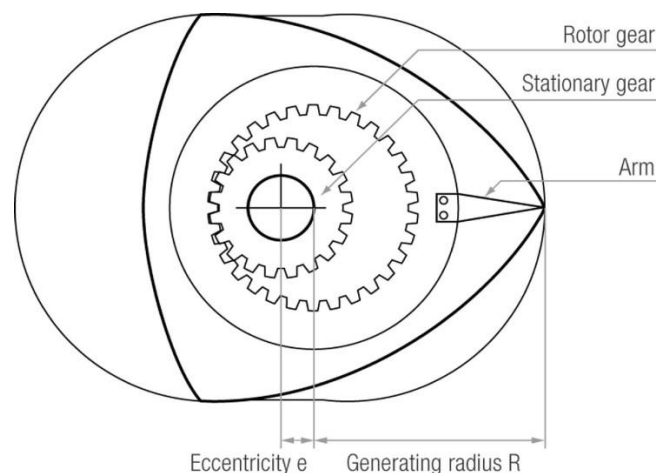


Figur T-05.4: 2-takts dieselmotor [159].

I Norge har dieselmotorer gjennom årene blitt mer populært på grunn av deres levetid, og høyere total virkningsgrad. Bensinmotoren på den andre siden gir en høyere virkningsgrad med tanke på egenvekt. Videre kan en to-taktsmotor oppfattes forurenset på grunn av oljen i drivstoffet, mens en fire-taktsmotor er større og har direkte smøring. Likevel jobbes det kontinuerlig med forbedringer av dieselmotorer på grunn av de høye vedlikeholdskostnadene, samt den høye støyen og den ubehagelige vibrasjonen de fører med seg.

Wankelmotor:

Denne rotasjonsmotoren ble utviklet på 1950-tallet av Felix Wankel (1902-1988), og er laget basert på prinsippet for en bensinmotor. I stedet for stempelsyklusen som skjer med forskjellige trinn, vil Wankelmotoren gjøre flere operasjoner samtidig. Denne rotasjonsdelen er montert i et hengsel på et tannhjul som da overfører arbeidsenergien.



Figur T-05.5: Forklaringsillustrasjon av Wankelmotoren [160].

ELEKTRISK SCOOTER

Vi ser dermed at Wankelmotoren har en enklere prinsipp og trenger heller ikke mange komponenter for utførelsen av syklusen. Dermed blir det enklere vedlikehold, og en mer jevn bevegelse. Med en konstant bevegelse kan man oppnå mer stabile og høye turtall. Det som derimot har satt utviklingen av Wankelmotorer tilbake er at syklusen ikke tåler høy kompresjon som igjen er viktig for driften av et kjøretøy. Dette fordi lav kompresjon gir mindre dreiemoment, og som kan gjøre utnyttelsen dårligere. Selv med den lave sylindervolumet og kompakte design vil den likevel ikke greie og konkurrere med andre motorer.