



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2020 30 stp
Fakultet for realfag og teknologi

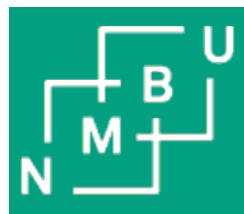
Utvikling av førerkupé og førerplass for Dolphin Sky, Fase 2

Development of driver's compartment and cockpit
for Dolphin Sky, Phase 2

Steffen Aron Aronsen
Master i teknologi, Maskin, prosess og produktutvikling

Utvikling av førerkupé og førerplass for Dolphin Sky, Fase 2

Av
Steffen Aron Aronsen



Masteroppgave
Maskin, prosess og produktutvikling
Fakultet for realfag og teknologi,
NMBU, 2020

FORORD

Dette mastergradsarbeidet utgjør siste delen av studiet mitt til master/sivilingeniørgraden i studieprogrammet i Maskin, prosess og produktutvikling ved Norges miljø- og biovitenskaplige universitet på Ås, der min spesialisering har vært innen maskin og produktutvikling. Prosjektet utgjør et samlet arbeidsomfang på 30 studiepoeng. Grads-arbeidet mitt ble påbegynt i 2019, mens hoveddelen av utviklings- og rapporterings-arbeidet er blitt gjennomført våren 2020.

Rammene for masteroppgaven er blitt initiert i samarbeid med førsteamanuensis Jan Kåre Bøe ved Fakultetet for realfag og teknologi (Realtek), og er knyttet til utviklingen innen moderne drone-teknologi. Utvikling av større dronetyper og framtidige muligheter for vare- og persontransport er også et tema jeg har sett for meg som spesielt interessant å lære mer om i min deltidsjobb på «Teknikmagasinet», hvor vi bl.a. selger droner i forskjellige størrelser og typer.

Masterprosjektet er i så måte knyttet til småbilkonseptet «Dolphin» som har vært tema for flere konseptuelle utrednings og utviklingsprosjekter ved Realtek gjennom de seinere årene. Nylig er det også blitt gjort tidlige studier av muligheter for å kunne ta dette videre til et persondronekonsept eller en «svevebil». Masteroppgaven min omhandler i så måte å utvikle et mest mulig funksjonelt designkonsept for en kupe og førerplassløsning som både kan benyttes til bakkeversjonene av Dolphin-konseptet og svevversjonen «Dolphin Sky», og der denne kupeløsningen kan festes til eller fra understell eller propell-løsning hos de forskjellige versjonene etter behov.

Perioden jeg har jobbet med grads-oppgaven min har vært krevende helsemessig av ulike grunner, og har medført at jeg ikke har fått jobbet like mye sammenhengende og like konsentrert med oppgaven som jeg hadde håpet. Å sette seg inn mange nye fagtemaer som oppgaven berører har vært tidkrevende og ført meg inn i utfordrende faglige problemstillinger, men der jeg har tatt egne valg og må kunne stå for resultatet selv. Samtidig har mange sider av masteroppgaven vært både lærerik og selv-utviklende på mange gode måter.

Til slutt vil jeg takke førsteamanuensis ved NMBU, Jan Kåre Bøe for mye hjelp og faglig og strukturell veiledning, og likeledes for fleksibilitet og støtte gjennom arbeidet med oppgaven. Likeledes vil jeg også takke Senioringeniør Egil Stensrud og Overingeniør Henrik Holmberg for positiv støtte, andre ansatte ved Realtek/NMBU som har bistått meg på ulike vis, og mine venner og familie for deres støtte. Likeledes en takk til Stine Meling og Caroline Moen for litt grafisk hjelp.

Ås, den 02.06.2020

Steffen Aron Aronsen

Steffen Aron Aronsen

SAMMENDRAG

Person og varetransport ved hjelp av moderne droneteknologi og småskala luftfart er kommet i fokus både som en ny mulighet for å løse transportoppdrag over kortere avstander. Ved Fakultet for realfag og teknologi er det gjennom flere år arbeidet med småbilkonseptet «Dolphin». Dette arbeidet er en videreføring av dette med hensyn til mulighetene for å lære mer om moderne droneteknologi og utvikle en liten enmanns-drone eller «svevebil», kalt «Dolphin Sky», og med spesiell vekt på førerplass og førerplass-funksjon og førercockpit.

Masteroppgaven bygger i noen grad videre på elementer fra tidligere grunnlagsarbeider for Dolphin Sky med hensyn til tidlige designskisser, samt teknisk utredning av sveveteknologi, men representerer en videreutviklet delløsning eller «modulløsning» for førerplass og førerens cockpit med flere bruks-områder. Grovt forklart vil «Dolphin Sky» kunne bestå av tre hoveddeler, en øvre sveve-enhet med el-drevet propellsett, en sentral førercockpit og et understell bestående av batteripakke og landings-understell eller underchassis med tre hjul for veikjøring.

Målsettingene for dette masterprosjektet er flerdelt, og omfatter både kartlegging av eksisterende cockpitløsninger for luftfarkoster av ulike slag, sentrale ergonomiske forhold og krav med hensyn til adkomst og sikt, interiør, viktige betjeningsfunksjoner, samt utvikling av forslag til en helhetsløsning med fokus på design, funksjonalitet, aerodynamikk og bruksegenskaper.

Strukturelt og planmessig er progresjonen i første delen av masterrapporten delt opp med nærmere angivelser av oppdragsrammer, plangrunnlag og avgrensinger, samt metodiske valg og ergonomiske og teknologiske grunnlags-utredninger, fulgt av spesifiseringsarbeid og konseptuelt grunnlagsarbeid. Integrert produktutvikling (IPD) legges til grunn som metodisk ramme for utrednings og utviklings-arbeidet, med kjente verktøy som Pugh's metodikk, SCAMPER, modultankegang, datasøk og 3D-programvarebruk mv. som viktig del av dette.

De påfølgende utviklingsprosessene omfatter en trinnvis konseptutvikling med kravspesifiseringer, funksjons analyse og utvikling av design og løsningsalternativer, 3D-design-utvikling, konstruering og tilslutt forhold og ferdigstilling.

Etter endt teoriutredning og formstudier av diverse kjøre- og flyvende fartøy sin utvikling, startet produksjonen av skisser og forslag. Det ble tatt hensyn til ergonomiske mål som følger 99-prosentil mann gjennom hele oppgaven. Siden ikke farten skulle være veldig høy, kunne jeg ta litt mer kunstneriske friheter som gjorde designet mer originalt og spennende. Dette gjorde jeg med et valg av både uorganiske og organiske former, med fokus på de uorganiske. Den endelige design-løsningen sammen med ben-, ratt-, stol- og dørløsning ble selektert ut ved hjelp av seleksjons-matriser.

Løsningene ble deretter 3D-modellert hver for seg i Solidworks. På grunn av situasjonen med Covid-19 ble den eksterne spørreundersøkelsen byttet ut med ekstern input fra fagpersonell på NMBU, der fikk jeg tilbakemeldinger på konseptet og designløsningen. Det ble deretter gjennomført en enkel luftstrømanalyse i Solidworks Flow Simulation for å se på fartøyets

aerodynamiske egenskaper. Renderte sammenstillinger av den endelige designløsningen er vist i markedspresentasjonen, hvor Dolphin Sky er plassert i forskjellige både naturlig og virtuelle miljøsettinger med logo.

I ferdigstillingsfasen ble det kartlagt produksjonsmetoder for komponentene. Det ble også utarbeidet et grovt kostnadsestimert for produksjon av prototype og sammenligning med andre konkurrenter, basert på tidligere arbeider.

De totale dimensjonene på fartøyet har en lengde på 1930 mm på det lengste, bredde på 1000 mm og en høyde på 1400 mm på det høyeste. Hovedformen er inspirert av retro 80-talls filmen «Blade Runner» med et hint av Cyberpunk når det kommer til stilen. Selve kroppen består av karbonfiber med ABS-plast som vindu og aluminium som skjelett. Dette for å gjøre fartøyet så lett som mulig. Luftstrømningen viser gunstig form med hensyn til løft, noe som var forventet på grunn av formen som ble valgt.

For det videre arbeidet må det jobbes med å optimalisere fartøyet vekt. Dette vil redusere kraft som trengs for å løfte kupeen og vil da resultere i eventuell lenger flytid. Dimensjonene på den valgte formen og de andre delene kan forbedres. Dette vil føre til mer optimalisert kostnadsestimert og hjelpe med styrkeberegninger. Det burde også arbeides med koblingsmetodene mellom fly- og kjøremodusen som det ikke ble tatt hensyn til i oppgaven. Til slutt burde aerodynamikken forbedres siden det var punkter hvor det var dårligere flyt enn andre.

ABSTRACT

Person and goods transport using modern drone technology and small-scale aviation has come into focus as both are new opportunities to solve transport missions over shorter distances. For several years, The Faculty of Science and Technology has been working on a small car concept known as "Dolphin". This work is a continuation of this, with special regard to opportunities to learn more about modern drone technology and develop a small one-man drone or "glider-concept", called "Dolphin Sky", with special emphasis on driver, driver function and a driver's cockpit.

The Master's thesis is to some extent based on elements from previous foundation work for Dolphin Sky with regard to early design sketches, as well as analysis of floating technology, but represents a further developed sub-solution or "module solution" for the driver's seat and the driver's cockpit, with several applications. Roughly explained, the "Dolphin Sky" could consist of three main parts, an upper glider with an electric propeller set, a central driver cockpit and a chassis consisting of battery pack and landing chassis or three-wheel chassis for road travel.

The objectives of this master project are multi-part, and include both mapping of existing cockpit solutions for aircraft of various kinds, central ergonomic conditions and requirements with regard to access and visibility, interior design, important operating functions, and the development of a proposal for a comprehensive solution focusing on design, functionality, aerodynamics and operating characteristics.

Structurally and systematically, the progression in the first part of the master's report is divided into further details of assignment frameworks, plan bases and branches, as well as methodological choices and ergonomic and technological basis investigations, followed by specification work and conceptual foundation work. Integrated Product Development (IPD) is used as a methodological framework for the research and development work, with well-known tools, such as Pugh's methodology, SCAMPER, module thinking, data search and 3D software use, etc. as an important part of this.

The subsequent development processes include a step-by-step concept development with requirements specifications, function analysis and development of design and solution alternatives, 3D design development, construction and final conditions and completion.

After completing theory development and form studies of various flying and flying vessels' development, the production of sketches and proposals began. Ergonomic targets that followed 99-percentile man throughout the task were taken into account. Since the speed was not very high, I could take some more artistic freedoms that made the design more original and exciting. I did this with a choice of both inorganic and organic forms, focusing on the inorganic. The final design solution together with leg, steering wheel, chair and door solution were selected by means of selection matrices.

The solutions were then 3D-modeled separately in Solidworks. Due to the situation with Covid-19, the external questionnaire was replaced with external input from professionals at NMBU,

where I received feedback on the concept and the design solution. A simple airflow analysis was then performed in Solidworks Flow Simulation to look at the vessel's aerodynamic properties. Rendered compilations of the final design solution are shown in the market presentation, where Dolphin Sky is placed in various environments, natural and virtual and with a logodesign.

During the completion phase, production methods for the components were mapped. A rough cost estimate for prototype production and comparison with other competitors was also prepared. The overall dimensions of the vessel have a length of 1930 mm on the longest, a width of 1000 mm and a height of 1400 mm on the highest. The main form is inspired by the retro 80s movie «Blade Runner» with a hint of cyberpunk when it comes to style. The body itself consists of carbon fiber with ABS plastic as window and aluminum as skeleton. This is to make the vessel as light as possible. The air flow shows a favorable shape with corresponding lift that was expected due to the shape chosen.

For further work, efforts must be made to optimize the weight of the vessel. This will reduce the force needed to lift the cabin and will result in possibly longer flight time. The dimensions of the selected shape and the other parts can be improved. This will lead to more optimized cost estimates and help with strength calculations. Work should also be done on the coupling methods between the flight and the driving modes, which were not taken into account in the task. Finally, aerodynamics should be improved since there were points where there was poorer flow one another.

INNHold

	Side:
FORORD	3
SAMMENDRAG	4
ABSTRACT	6
INNHold	8
1. INNLEDNING	12
1.1. Bakgrunn	13
1.1.1 Miljø og bærekraftaspektet	14
1.1.2 Energibruk, plassproblemer og nye teknologitrender	16
1.2. Filosofien bak Dolphin-konseptet ved NMBU	18
1.2.1. De tidlige bakkeversjonene (2008-2016)	19
1.2.2. Overgang til sveve-versjonen Dolphin Sky (2016-2020)	22
1.3. Forutgående prosjektarbeider i tilknytning til Dolphin Sky	24
1.4. Veien videre i prosjektet	27
1.4.1 Oppdragsbeskrivelse for dette grads-arbeidet	27
1.4.2 Tidlige problemstillinger	28
1.4.3 Teknologiske utfordringer og flaskehals	28
2. PROSJEKTPLANLEGGING	30
2.1. Prosjekt målsettinger	30
2.1.1. Hovedmål	30
2.1.2. Delmål	30
2.2. Tids og arbeidsplan med milepeler	31
2.3. Tidlige begrensninger for arbeidet	32
3. METODEBESKRIVELSER	33
3.1. Terminologi og begreper	33
3.1.1. Begrepsforklaringer	33
3.1.2. Symboler	34
3.1.3. Formelbruk	34
3.2. Utviklingsmetodikk og løsningsverktøy	35
3.2.1. Integrert produktutvikling	35

	Side:
3.2.2. Pugh's spesifiserings- og seleksjonsmetodikk	36
3.2.3. SCAMPER	37
3.2.4. Modulisering	38
3.2.5. Programvarebruk	38
3.2.6. Litteratur- og kildesøk	39
3.3. Kvalitetssikring	39
3.4. Prosesstrinn	40
4. TEORI OG TEKNOLOGIUTREDNING	42
4.1. Ergonomi og menneskelige forutsetninger	42
4.1.1. Utviklingen av ergonomien til et moderne fagfelt	42
4.1.2. Sentrale elementer innen moderne ergonomi	44
4.1.3. Fysiologi og biomekanikk	45
4.1.4. Antropometri	46
4.1.5. Variasjon og prosentiler	46
4.1.6. Antropometriske tilrådninger for førerplasser	48
4.1.7. Siktforhold, instrumenter og varselfunksjoner	50
4.1.8. Plassering av betjeningsorganer	52
4.2. Formspråk og designaspekter	53
4.2.1. Organiske former	53
4.2.2. Uorganiske former	54
4.2.3. Utviklingstrekk og trender	55
4.2.4. Formvalg og luftmotstand	57
4.3. Eksempler fra eksisterende teknologiløsninger	58
4.3.1. Historikk, digitalisering og skjermplakser	59
4.3.2. Spesielle løsninger knyttet til luftfart	61
4.3.3. Trekk fra nye luftfarkoster og konsepter	64
5. FUNSKJONER OG SPESIFISERING	67
5.1. Funksjonsanalyse for produkttypen	67
5.2. Produktmålsetting	67
5.3. Rangering av viktige produkttegenskaper	68
5.4. Metriske grovspekifikasjoner, variasjonsbredde	70
5.5. Metrisk grovspekifisering grovspekifisering for produkttypen	71
6. KONSEPTGENERERING	72
6.1. Design og forminspirasjon	72

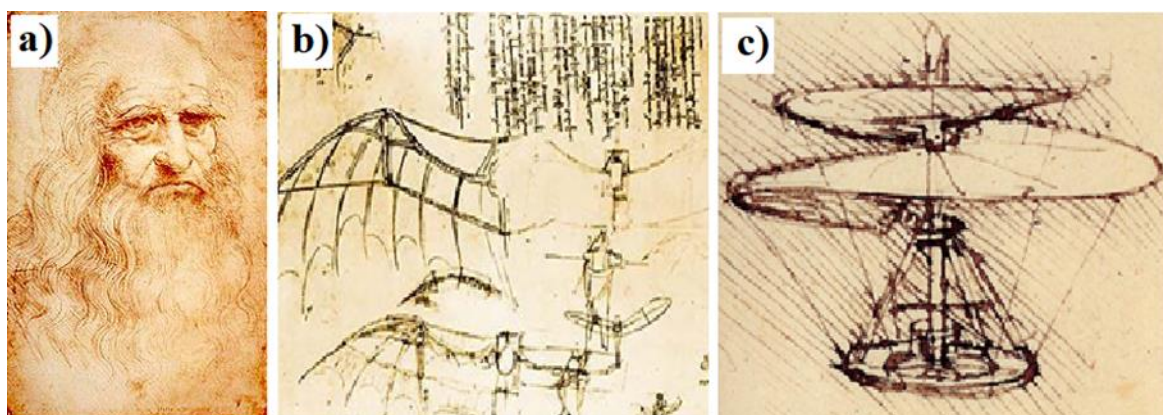
	Side:
6.2. Form og funksjonsalternativer med skisser	76
6.2.1. Mulige kupeformer	76
6.2.2. Dører og adkomst	79
6.2.3. Vinduer og sikt	80
6.2.4. Dashbord og instrumentering	81
6.2.5. Sitteplass og seteutforming	84
6.2.6. Betjeningsorganer	86
6.2.7. Understell og føtter	87
7. EGENSCREENING OG KONSEPTVALG	88
7.1 Kunstn å velge	88
7.2. Utvikling av seleksjonsmatrise	89
7.2.1 Form-konsept for kupe	90
7.2.2 Dører og adkomst	94
7.2.3 Vinduer og sikt	95
7.2.4 Dashboard og instrumentering	95
7.2.5 Sitteplass og sete	96
7.2.6 Betjeningsorganer	97
7.2.7 Understell og føtter	98
7.3. Egen konseptscreening med vektning	98
7.4. Foretrukne løsnings- og estetikkalternativer	100
8. UTVIKLING AV PRODUKTARKITEKTUR I 3D	101
8.1. Design av cockpit (Fase I)	101
8.2. Design av sete	102
8.3. Design av Dashboard og styrekontroller	103
8.4. Adkomst	106
8.5. Sammenstilling (Fase I)	107
8.6. Designrevisjoner (Fase II)	108
8.6.1 Stoltilpasninger	108
8.6.2 Cockpit og ratt tilpasning	113
9. EKSTERN INPUT VED FAGPERSONER	117
9.1. Målsettinger for testingen	117
9.2. Valg av fagpersoner	117
9.3. Kommunikasjonsmetode	118
9.4. Resultater	118

	Side:
10. ROBUSTHET, VEDLIKEHOLD OG RESIKULERING	120
10.1. Luftmotstand og beregninger	120
10.2 Visualisering	121
10.3. Materialvalg, styrke og vedlikehold	124
10.4. Miljøkrav og resirkulering	125
11. FRAMSTILLING OG PRODUKSJONSKOSTNADER	127
11.1. Produksjonsmetoder	127
11.2. Kostnadskalkyle for prototype	130
11.3. Konkurrentvurderinger	130
12. HELHET OG MARKEDSPRESENTASJON	132
12.1. Renderte framstillinger	132
12.1.1 Presentasjonsbilder av Dolphin Sky	132
12.1.2 Sitteplass og seteutforming	133
12.1.3 Forskjellige fargevalg	134
12.1.4 Dolphin Sky i forskjellige miljøer	136
12.1.5 Logo og varemerke	139
13. PROSESSEVALUERING OG DISKUSJON	140
13.1. Konseptutviklingsarbeidet, forbedringspotensialer	140
13.2. Designrevisjon, produksjon, kostnadsreduksjon	141
14. KONKLUSJON	142
14.1. Resultater og anbefalinger	142
14.2. Videre arbeid	143
15. REFERANSER	145
15.1. Skriftlige kilder	145
15.2. Nettkilder	146
16. VEDLEGG	152

1. INNLEDNING

Ulike løsninger for logistikk og transport er grunnlaget både for handel, samkvem og kommunikasjon mellom oss mennesker, og har vært en av de viktigste drivkreftene i utvikling av økonomi og samfunnsorganisering oppgjennom tidene. Endringene som har skjedd fra esel og hestetransport i fordums tider, gjennom tidlig skipsfart langs kystområdene rundt Middelhavet, dristige vikinger som bygget spinkle skip og nådde både Vinland og sydlige farvann for mer enn et årtusen siden, og fram til dagens skipsfart, luftfart og veitrafikk er nesten vanskelig å forestille seg. I dag kan man få eksotiske varer sendt fra fjerne himmelstrøk og levert på dørmatta, eller reise til andre verdensdeler i løpet av timer og døgn. For mindre enn et århundre siden kunne det samme ta både uker og måneder. Tekniske transportmidler som for knapt et århundre siden var forbeholdt de få og de mest privilegerte i samfunnet, er i dag nærmest allemannseie i form av en bil, en motorsykkel, moped, hurtiggående båt eller til og med et småfly.

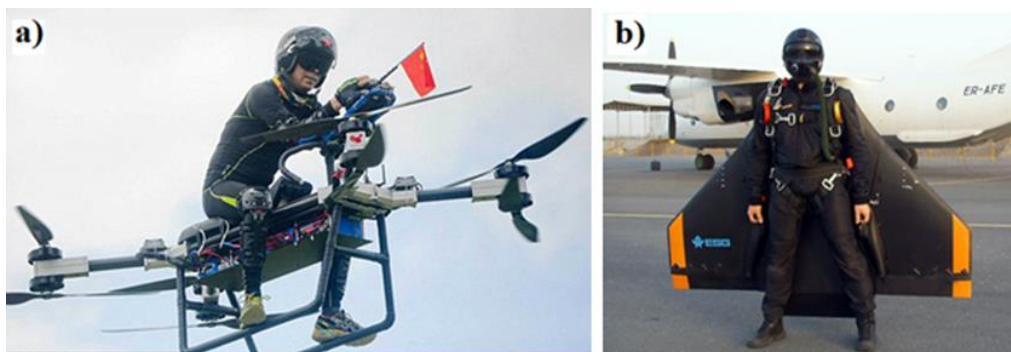
En sentral faktor bak denne utviklingen inn i vårt eget århundre har vært en generell velstandsutvikling i den industrialiserte verden og tuftet på tilgang til rimelig energi, i første rekke utnyttning av fossile energikilder som kull og spesielt mineralolje. Dette har i avgjørende grad fått betydning for utviklingen innen industri- og transportsektoren. Den samme fossil-energibaserte utviklingen har også hatt mange ulike skygge-sider både med hensyn til miljøet og vår egen hverdag, noe som skal omtales litt mer grundig i et senere avsnitt. Men den teknologiske utviklingen har også hatt mange andre drivkrefter, både i form av nysgjerrighet, innovasjonsevne og eksperimentell trang, slik man kan finne rikt illustrert gjennom Leonardo Da Vinci sine fabuleringer over fantasifulle mekanismer for å forflytte mennesker allerede fra den siste delen av det 15. og tidligste delen av det 16. århundret.



Figur 1.1: a) Den italienske kunstneren og innovatøren Leonardo Da Vinci (1452-1519) og hans tidlige tanker om å bringe mennesker opp fra bakken for å kunne sveve fritt i lufta, b) Skisse til armdrevet vingesett for mennesker, c) Prinsippskisse for hand-drevet «skruhelikopter» (1).

Leonardo Da Vinci er nok blitt mest kjent for sine malerier og i mindre grad for sine mange tekniske innovasjoner som oppfattet det aller meste fra regnemaskiner og gir-veksler, ulike former for våpenteknologi med manuelt sveivdrevne kanonvogner av tre, til fugle-fysiologi-inspirerte flyve-maskiner som den man ser i Figur 1b på forrige siden. Men det å kunne beherske luften som transportmedium synes kanskje å ha fascinert Leonardo selv mere enn noe annet, gjennom sitt ønske om å kunne spenne på seg et par vinger og kunne fly.

Tanken om å kunne frigjøre seg fra veier og landtransport har fått ny aktualitet i dag både gjennom personlig sveveutrustninger av ulike typer som hangglidere, flyve-drakter med og uten framdrifts-innretninger og rakettbrett. Men ikke minst har utvikling og oppskalering av moderne droneteknologier og ulike typer elektriske drevne fly og helikoptertyper begynt å akselerere industriell interesse, om enn foreløpig hovedsakelig i eksperimentell, militær eller småindustriell skala.



Figur 1.2: Bare fantasien og ikke minst graden av dødsforakt setter i dag grenser for eksperimentering med menneskelig luftfart, a) Selvbygget elektrisk drevet «svevemoped» fra Kina (2) og b) Kinesisk militær flyve-utrustning, ESG Flying Gryphon Wing (3).

Noe av det samme som fasinerte og inspirerte Leonardo omkring for mer enn et halvt årtusen siden, kan nok også egne seg godt som en inspirasjon for utviklingen av det som kalles «Dolphin Sky-konseptet» ved Realtek/NMBU på Ås, som er et eget lite luftfartøy-konsept. Men i dag vil nok de fleste kunne ønske seg mer komfort og større sikkerhet mot ulykker i en komfortabel cockpit, og ikke være ta sjansen på å være fullt så mye vågale som de to luftbårne kineserne i Figur 2 ovenfor.

1.1. Bakgrunn

Vi lever i en verden der teknologier av ulike slag er i konstant endring og utvikling, både på godt og vondt. Dette gjelder i høyeste grad også transportteknologiske løsninger, både til lands, til havs og i luften, der forhold ved energibruk, støyforhold og miljøpåvirkning, og ikke minst kostnadene knyttet til utvikling og vedlikehold av infrastruktur i tett befolkede områder og byer som stiller oss overfor store utfordringer i framtiden.

1.1.1. Miljø og bærekraftspektet

Gjennom de senere årene har det vært et stadig økende internasjonalt miljø fokus der alle former for drivhus-gassutslipp fra menneskelig aktivitet må reduseres for å få muligheter til å kunne stabilisere den globale oppvarmingen i årene som kommer. Blant de volummessig største bidragene til global oppvarming og klimaendringer gjennom forrige århundret og inn i vår egen tid, er økningen i utslipp av karbondioksid (CO₂) fra ulike former for industriell virksomhet, produksjon av strøm og varme-energi, transport, samt økt matproduksjon med landendringer og nedbrenning av skog mm.

Den vestlige verden, med Europa og USA og senere også Japan, har stått for det meste av økningen i dette CO₂-bidraget siden den industrielle revolusjonen, først gjennom en tidlig kullbasert industriell vekst og deretter i stadig større grad gjennom en økt utvinning og forbrenning av olje og gass i tiden etter 2. verdenskrig. Fram til vår egen tid har store nyindustrialiserte nasjoner som India, Kina og andre land i Asia, så vel som ulike andre deler av verden tatt igjen mye av det industrielle og teknologiske forspranget som USA og Europa i sin tid hadde.

Dermed har enda større deler av verden vi lever i også arvet tørsten og avhengigheten av å brenne av energikilder som kull, olje og gass for å drifte sin industri og sitt samfunn og levesett, med tilhørende klimagassutslipp. Ifølge det internasjonale energibyrået, IEA hadde de globale CO₂-utslippene stabilisert seg på omkring et foreløpig toppnivå på 33 milliarder tonn i 2019 (4). På verdensbasis regner man i dag med at transport-sektoren alene står for omkring 14-15% av de globale klimagass-utslippene, det vil si 4-5 milliarder metriske tonn CO₂ årlig.

Det er betydelig variasjoner i kildene til generering og emisjon av drivhusgasser som CO₂ hos de ulike landene rundt om i verden, der enkelte fremdeles har spesielt store bidrag i tilknytning til bruk og forbrenning av kull, blant annet Kina og India. Andre ledende industrinasjoner som USA med store geografisk avstander, høy tetthet av kjøretøyer per innbygger, stor flytrafikk og lave drivstoffpriser topper i så måte statistikken for utslippsandeler fra transportsektoren. Det amerikanske miljø- og forurensningstilsynet (USEPA) oppga i 2019 at transportsektoren alene hadde utgjort så mye som 29 % av det nasjonale utslippet av CO₂ til atmosfæren i det nasjonale drivhusgass-regnskapet deres for alle delstatene i USA fra året 2017 (5).

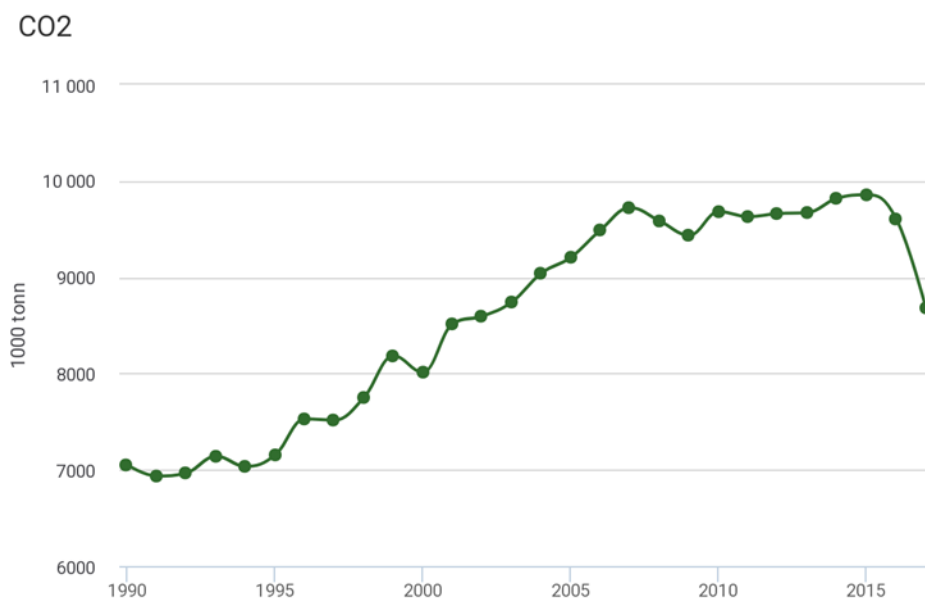
Samtidig innebærer all form for transportteknologi også et energiforbruk og ulike former for emisjoner til miljøet og atmosfæren gjennom den industrielle produksjon av den aktuelle transportutrustningen, enten det nå er snakk om biler, busser, fly, trikk, jernbane eller andre transportmidler. Dette er elementer som man finner igjen i ulike trinn av de industrielle energi-miljøregnskapene, og noe som nå i stadig større grad inkluderes i mer omfattende bærekrafts- og miljøanalyser som gir en langt bedre helhetsforståelse enn bare CO₂ fra transportteknologien daglig bruk.

Norge er et lite land befolkningsmessig, med nesten 5.4 millioner innbyggere, eller knapt 0,7 promille av verdens befolkning, som i dag teller nærmere 7.8 milliarder. I global sammenheng står

vi bare for rundt 1.6 promille av verdens årlige utslipp av CO₂ dersom man ser bort fra annenhåndsforbrenning av norsk olje og gass i de landene vi eksporterer til.

Ifølge Miljødirektoratet her i Norge ble det totale utslippet av CO₂ beregnet til ca. 52 millioner tonn i 2019, medregnet lokale utslipp fra gassbrenningen i forbindelse med oljeutvinningen i Nordsjøen. Andelen av CO₂-utslippet knyttet til hele transportsektoren, alt medregnet lå på samme tid på omkring 9,06 millioner tonn fra veitrafikk dvs. ca. 17,5 % av hele det årlige CO₂-utslippet, mens skipsfart og fiske utgjorde 3,17 millioner tonn (6,1%), bruk av motorredskaper; 2,96 millioner tonn (5,7%), luftfart 1,29 millioner tonn (2,5%) og jernbane, beskjedne 50 tusen tonn. (6)

En gledelig utvikling i alt dette er at man i perioden mellom 2005 og 2010 kunne notere at CO₂-utslippene fra norsk veitrafikk begynte å flate ut fra et topp-nivå mellom 9 og 10 millioner tonn årlig og deretter har sunket. Denne trenden er illustrert ved diagrammet nedenfor fra beregninger fra Miljødirektoratet og Statistisk sentralbyrå (SSB).



Figur 1.3: Utvikling i utslipp av klimagassen CO₂ fra veitrafikken i Norge gjennom perioden fra 1990 fram til 2019. (7)

Et vesentlig trekk i denne utviklingen når det gjelder reduksjon av CO₂, kan tilskrives endringer norsk bilavgiftspolitik. Men spesielt i større byer er det nå også et økt fokus på begrensning av avgassutslipp fra personbiler og tungtrafikk gjennom trafikkbegrensninger, avgifter eller gjerne begge deler. Dette har slått ut i en sterk økning av import og kjøp av fullelektriske biler og i noen grad også hybridbiler, men også pris- og avgifts-favorisering av lavutslippsteknologi i vanlige forbrenningsmotorer.

Samtidig har det totale antallet biler registrert i Norge økt fra 2.1 millioner kjøretøy i 2006 til 2.8 millioner ved inngangen til 2020 (+33%), hvorav nærmere 261.000 (9.3%) nå er el-biler, eller såkalte «nullutslippsbiler», noe som klart demonstrerer at utvikling og innføring av ny teknologi, sammen med økonomiske fordeler raskt kan gi store miljøfordeler. (8)

1.1.2 Energibruk, plassproblemer og nye teknologitrender

Hovedparten av gods-, vare- og persontransporten i Norge, så vel som i andre industrialiserte land foregår i dag på veinettet, der veistandard med tilgjengelig plass og kjøre-hastigheter gjerne setter grenser for hvor mye som kan transporteres i form av masse og volum per tidsenhet. Energibruk og utslipp av avgasser fra kjøretøyer er i første rekke knyttet til motorens forbrennings-effektivitet og spesielt kjøretøyvekten ved lave kjøre-hastigheter. Økt vekt gir økt rulle-motstand og avgjør samtidig hvor mye ekstra energi som må til for å overvinne stigninger i varierende terreng slik man finner de fleste steder i verden og spesielt i vårt eget kupert og langstrakte land, Norge.

Når kjøre-hastigheten økes på gode veier betyr tyngden mindre i det totale transport energi-regnskapet, men her vil areal-formen, det vil si tverrsnitts-arealet og måten kjøretøyvolumet er uformet en kvadratisk økning i energiforbruket på grunn av luftmotstand. Det betyr at selve kjøretøydesignet, både med hensyn til bredde, høyde, lengde og formvalg har store konsekvenser for nødvendig effekt til framdrift, energiforbruket over tid og dermed rekkevidde, spesielt når man tenker utviklingen framover i tid og større utbredelse av elektrisk drift.

Et annet forhold som trolig også blir stadig mer presserende i tiden framover både i Norge og andre land i verden er et økende energiforbruk på grunn av økning i befolkningen og dermed i volumet av kjøretøyer, begrensninger i veinett og begrensede kollektivtilbud med tilhørende kødannelse som øker kjøretiden per transportert person eller kilo varer. Et annet moment som får stadig større tyngde er ønsket om å kunne stenge av byområder for vanlig veitrafikk.

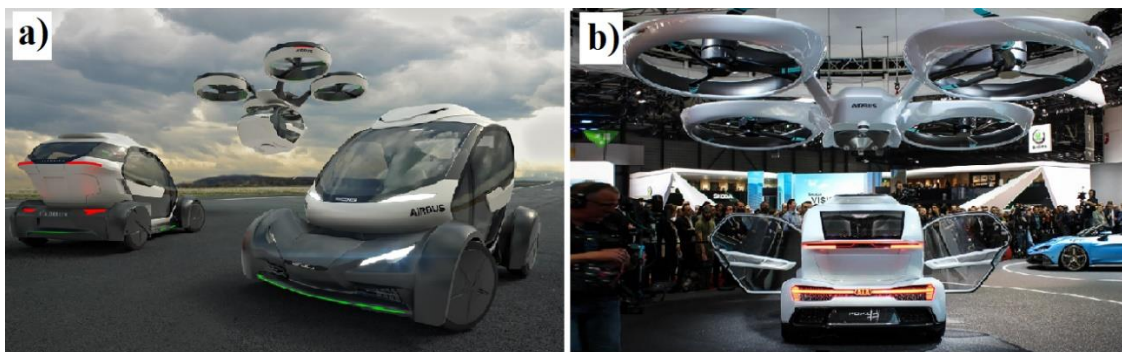


Figur 1.4: a) og b). Kø-dannelser og stillstand i veitrafikken på grunn av flaskehalser på innfarts-årer gir et kraftig tilskudd til den årlige CO₂ – utslippene i tettsteder og større byer. (9)

En mulig løsning på flere av disse problemene for framtiden ved siden av økt bruk av elektrisk drift hos vanlige kjøretøyer, kan være utvikling av helt andre transportmåter enn vi ser i dag. Dette gjelder økning i bruk av mindre selvkjørende kjøretøyer og luftgående transport-dronesystemer som kan utnytte «det vertikale transportrommet» over bakken og ulike kombinasjoner av slike alternativer.

Det samme tankebanene om dette har også nylig engasjert kreative hjerner hos noen av de fremste industrielle tungvektene og produsentene både av luftbåren transportteknikk og bil-industri i vår tid. Først ute var den europeiske flyprodusenten Airbus, som sammen med Italdesign Giugiaro utviklet og lanserte det som er blitt kjent som «Pop.Up-konseptet» i mars 2017. (10).

Året etter var det også blitt etablert et samarbeid med den tyske bilprodusenten Audi, og en videreutvikling av Pop.Up - konseptet ble presentert for publikum på den internasjonale bilutstillingen i Genève under navnet «Pop.Up Next,» og denne gangen med de fire kjente Audi-ringene på plass i fronten og bakparten. Noen inntrykk av dette futuristiske ransportkonseptet går fram av illustrasjonene nedenfor.



Figur 1.5: a) Tidlig designkonsept for Pop.Up fra Airbus og Italdesign i 2017 i svevemodus øverst mot skyene og som veikjøretøy i de to nederste versjonene. b) I videreutviklet prototypeversjon som «Audi Pop.Up Next» på den store bilutstillingen i Genève i 2018 (11).

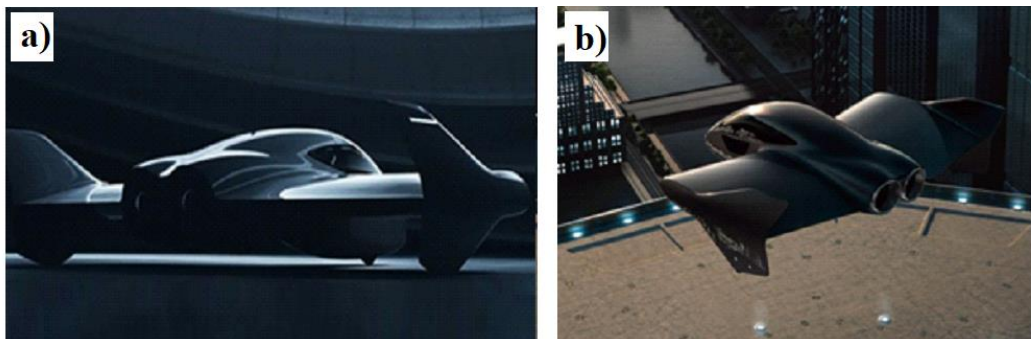
Pop.Up-konseptet til Airbus, Italdesign og Audi er bygget opp av tre hovedmoduler, en propell eller løftemodul med fire store løftepropeller, en kupe-modul for to passasjerer for bruk både i svevemodus og på hjul i veimodus, samt en underchassismodul med fire hjul for vanlig manuell eller autonom veikjøring. Kupe- og propellmodul er bygget opp av lette karbonfibermaterialer, sveve og framdrifts-funksjoner er elektrisk og batteribasert, mens selve styringen av dronedelen i svevemodus vil kunne skje autonomt.

Design og industripartnerne bak konseptet legger også opp til en AI-basert plattform for bestilling, styring og bruk av denne typen transportteknologi i framtiden, og en del opplysninger om hvordan dette er tenkt er omtalt på Airbus sine nettsider og kan ses av små animerte filmsnutter som de har

lagt ut på Youtube. En del forhold knyttet til kupedesignet og trekk ved utforming interiør og førerplass i passasjermodulen hos denne nyskapingen vil bli tatt opp igjen seinere.

Foreløpig eksisterer det begrenset med data omkring tekniske spesifikasjoner for dette nye konseptet, og en mulig pris ved eventuell framtidig serieproduksjon av Pop.Up Next er ukjent. Det ser heller ikke ut Audi og Airbus kommer til å bli alene i dette løpet de nærmeste årene. Gjennom en pressemelding i oktober 2019 kunngjorde den amerikanske flyprodusenten Boeing og den tyske bilprodusenten Porsche at de også har liknende planer for framtiden, og har inngått et samarbeid om utvikling av sin egen teknologi (12).

Når det gjelder dette samarbeidet mellom Boeing og Porsche er foreløpig lite kjent. Men de få og foreløpige designskissene som er tilgjengelig tyder på gjenkjennelig og retroinspirert «Porsche-design» men en annen og mer jettflyliknende farkost enn Airbus sitt propell og bilmodulkonsept, slik man kan se av illustrasjonene nedenfor.



Figur 1.6: Tidlige designkonseppter for framtidig Boeing-Porsche med svevende muligheter for travle industriledere: a) På vei ut av takhangaren med to hekk-trøstere, vinger og hjul i delta-konfigurasjon, b) Indikasjon av vertikalt løft, trolig med buk-trøstermulighet (13).

Om vi kommer til å se svevebiler fra Airbus og Audi, eller Boeing og Porsche i den nærmeste framtiden er uvisst. Men få kan stille med slike økonomiske muskler, utviklingsmuligheter og kunnskaper om teknologiske spissfindigheter som disse industri-kjempene. De har muligheter til å påvirke regelverk og forme framtiden på en måte som få andre. Likevel startet de også sin historie i et noe mer beskjedent omfang som mange andre opp gjennom historien, og er det er uansett viktig å følge med i ulike aspekter og det som skjer på denne utviklings-fronten i tiden framover.

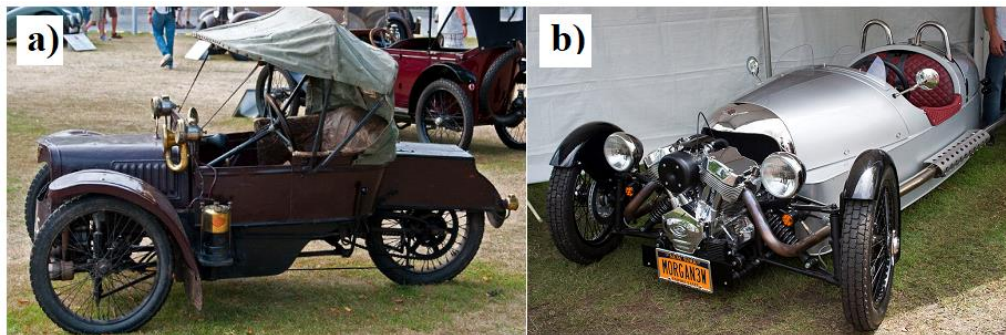
1.2. Filosofien bak Dolphin-konseptet ved NMBU

Et nytt småbilkonsept har vært under konseptuell utredning og utvikling ved NMBU/Realtek under betegnelsen «Dolphin» gjennom en rekke tidsavgrensede prosjekt og mastergradsarbeider siden 2008. Hovedfokus i dette arbeidet har vært lav vekt, optimal plassutnyttelse ved kjøring og bruk

og fleksibilitet i byggemåte. Noen år senere, i 2015 begynte man også arbeidet med å utrede mulighetene for å kunne bygge videre på grunnprinsippene i dette kjøretøykonseptet med tanke på en enkel og forholdsvis rimelig person-drone eller sveve-versjon av «Dolphin». I de følgende skal det bare redegjøres kort for noen sider av den teknologiske og designmessige bakgrunnen til disse prosjektene, samt noen trekk fra design og utviklingshistorikken fram til i dag.

1.2.1 De tidlige bakkeversjonene (2008-2016):

Inspirasjonskildene: Utredning av teknologi og designløsninger gjennom de tidligste fasene av det bakkegående Dolphin-konseptet ble inspirert både av klassiske småbil-prosjekter med teknologiske gener helt tilbake til tid før andre verdenskrig, og nyere og mer futuristiske varianter. Blant de aller eldste av disse er engelske Morgan «Three-Wheeler» som skriver sin historie helt tilbake til den engelske «landsbygda» og helsebad-byen Malvern i vestlige England omkring 1910, og som fremdeles produseres i små antall som grovt oppgraderte retroversjoner for entusiaster (trolig med litt god råd, kjørebriller, og tilhørende vindskjerf for hastigheter godt over de norske fartsgrensene).



Figur 1.7.: Engelske Morgans trehjulinger: a) Tidlig-versjonen som «Runabout Deluxe» med plass til to passasjerer fra 1912. b) En kraftig oppdatert versjon hundreår seinere i 2012, basert på suksesser med slike trehjulsbiler, blant annet i konkurranseløp i 1930-årene (14,15).

En annen inspirasjonskilde bak utvikling av Dolphin-konseptet med hensyn til enkelthet og muligheter for rimelig produksjon, har vært motoriserte Rick-Shaw-biler, såkalte «Tuk-Tuk». Disse «moped-bilene» har vanligvis ett styrende hjul foran, to bak og plass til sjåfør foran og to til fire passasjerer i baksetet/baksetene, eller ulike former for lastekasser for varetransport. Disse små og til dels støyende farkostene finnes i mange ulike varianter rundt om i verden i dag, spesielt India, Asia og Kina, samt Afrika og Sør-Amerika. Men de er også blitt produsert og brukt i mindre skala i Europa, blant annet i Italia og England. Det er blitt anslått at det nå produseres nærmere en million årlig av disse enkle og rimelige trehjulskjøretøyene på verdensbasis. (16).



Figur 1.8.: Et populært framkomstmiddel: a) Nyere utgave av den tradisjonelle Indiske TukTuk-en. b) Kinesisk El-Rickshaw (Chongqing) med 800 Watt elektrisk motor og 80 Ah batteri (16,17).

Gjennom de senere årene har også andelen med elektrisk drift og lademuligheter vokst voldsomt, spesielt gjelder dette India og Kina, der man de senere årene også har satset mye på økt produksjon og eksport. Mye tyder på økt popularitet for slike små elektriske kjøretøyer i framtiden, spesielt til post og budtjenester og ulike former for varelevering.

En annen tidlig teknologisk og designmessig inspirasjon for Dolphin-konseptet på den andre siden av «pris- og nytteskalaen» har vært den langt mer avanserte nederlandske trehjuls bilen «Vandenbrink Carver», som ble lansert i 2003 av den nederlandske gründeren og designeren Ton van den Brink, men da med en begrenset produksjon på 24 tidligversjoner (18).



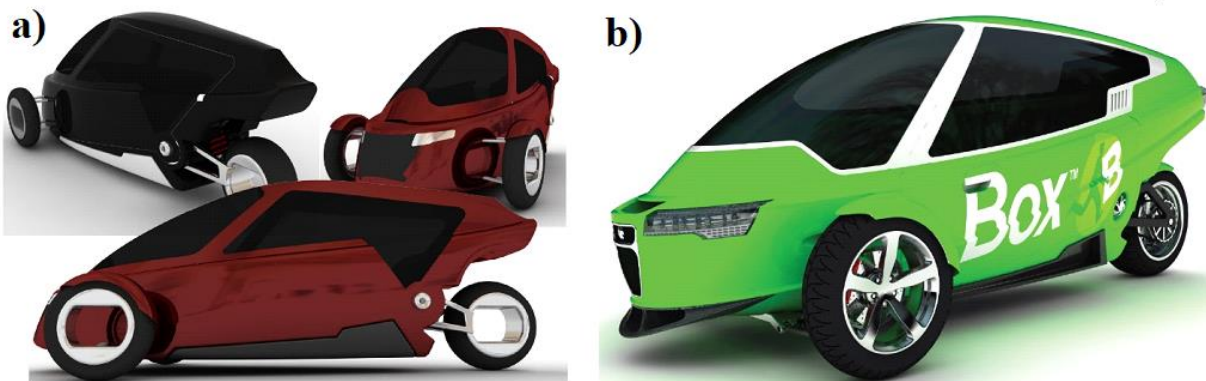
Figur 1.9: Tidlig Vandenbrink Carver trehjuling, med bakmontert motor og drivverk, og en fremre del med førerplass og nese-hjul som kan tilte sideveis med styreutslaget (19).

En seinere variant fra Carver, som var utstyrt med en 600 cm³ Daihatsu bensinmotor, ble produsert av det samme Vandenbrink-miljøet i et omfang på omkring 200 eksemplarer gjennom perioden fra

2007 til og med 2009 under navnet «Carver One», før hele produksjonen måtte legges ned på grunn av økonomiske vanskeligheter. Men som det skal bli nevnt litt senere, ble ikke dette det siste man hørte fra navnene Vandenbrink og Carver. De kan i dag tilby en fullelektrisk Carver One, ved siden av å ha vært en viktig drivkraft i utvikling av flybilkonseptet Pal-V som også produseres i Nederland.

Design av den første «Ur-Dolphin-varianten»: De aller første designutkastene som dannet basis for det videre arbeidet med flere nye Dolphin-prosjekter ved NMBU ble utformet av de to hovedfags-studentene Lars Timberlid Lundheim og Anders Brevik som begge hadde bakgrunn som designingeniører fra høgskolen i Østfold, og ble gjennomført i hovedkurset deres, TIP300-Konsept og produktrealisering høsten 2008 (20).

Dette prosjektet var på det tidspunktet i hovedsak tenkt som en tidlig ide og mulighetsstudie for denne typen småbil-konsepter med vekt på siktergonomi, eksteriørdesign og et enklest mulig teknisk basiskonsept med to hjul foran og ett i bakparten.



Figur 1.10: a) Tidlige skisser og b) 3D rendering av designforslag i miljøgrønn drakt for «Dolphin» utformet av NMBU-studentene Lars Timberlid og Anders Brevik fra høsten 2008 (20).

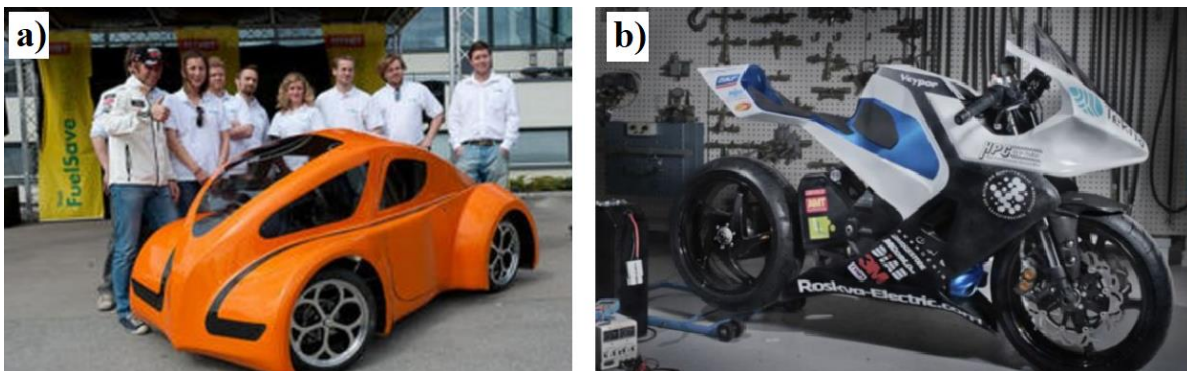
Påfølgende konsept- og teknologiutvikling: Siden starten i 2008 er det blitt gjennomført en rekke nye konseptuelle design og konstruksjonsprosjekter knyttet til to versjoner bakkegående av Dolphin-konseptet, en såkalt «Tadpole-versjon» og en «Delta-versjon». Den førstnevnte varianten er utrustet med to hjul foran og ett hjul bak og den sistnevnte med ett hjul foran og to bak. Gjennom årene som er gått siden 2010 er disse to konseptversjonene gjerne blitt døpt «Dolphin Duo» med plass til to voksne, og «Dolphin family», med plass til en voksen og to barn i baksetet. Konseptutviklingsarbeidet har blitt gjennomført i flere trinn, både som mindre delprosjekter, samt tolv mer omfattende mastergrads-prosjekter knyttet til design og teknologiske løsninger, drivverk og understell, herunder også biodrivstoff-motordrift med metanol og hybriddrift med energilagring basert på småskala forbrenningsturbiner med varme-resirkulering mm.

I denne sammenhengen vil man ikke kunne gå nærmere inn på alle disse, men en kronologisk oversikt over delprosjekter/ gradsrapporter er å finne i vedleggsdelen av masterrapporten. (Vedlegg V1).

1.2.2. Overgangen til sveve-versjonen Dolphin Sky (2016-2020)

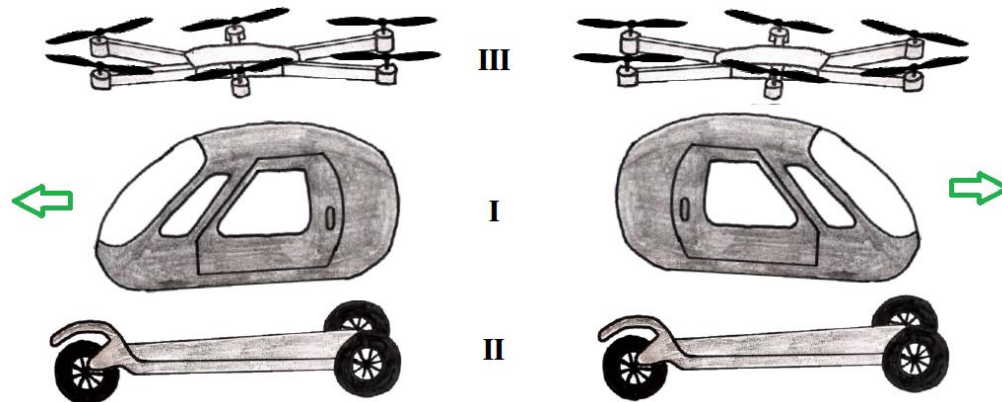
Tanken om å ta det bakkegående Dolphin-konseptet et hakk videre til en enkel form for svevebil eller persondrone begynte å ta form høsten 2015 gjennom diskusjoner med flere kreative maskinfagstudenter som hadde sett andre konseptuelle prosjekter som småbilen «EcoTwin» med hybriddrift og den full- elektriske motorsykkelen «Roskva» bli til i verkstedhallene ved NMBU gjennom flere påfølgende studentprosjekter og grads-arbeider, og som kunne realiseres gjennom entusiasme, lange studentarbeidsøkter og med svært beskjedne økonomiske midler.

Tanken var å kunne videreføre mye av de erfaringene man da hadde gjort med forming og bygging i av lette chassisløsninger i karbon-fibermateriale og aluminium, tilpasning av hybridelektrisk og fullelektrisk drift og energilagring mv. til et lett og enkelt luftfartøy med det tidlige konseptnavnet «Dolphin Sky».



Figur 1.11: Studentprosjekter med læringsutbytte: a) Utvikling av den el-hybridrevne mikrobilen «EcoTwin» med superkondensator og karbon-fiberchassis. b) Den fullelektriske motorsykkelen «Roskva Electric» med batterier og to kraftige el-motorer på i alt 70 kW (21,22).

Inspirasjonskildene: Svevekonseptet Dolphin Sky skulle også kunne kombineres med veikjøring, og konstrueres på en enklest mulig måte ved modulbygging og fellesutnyttelse av tekniske løsninger, herunder viktige erfaringer fra EcoTwin og Roskva-prosjektene. Gjennom tiden som er gått er det også hentet inspirasjon fra flere andre prosjekter, både Airbus Pop.Up trippelmodulantenking, som er omtalt tidligere, så vel som en trekk fra rekke andre beslektede design og teknologiutviklingsprosjekter.



Figur 1.12: Airbus Pop.Up - inspirert tidligskisse for modulbasert løsning for Dolphin-Sky med tre hovedmoduler, I) Kabinmodul med fører plass, II) Understellmodul for veikjøring med styring ved enkelthjul i kjøretøynesene (til venstre), eller med to styrende framhjul (høyre), III) Elektrisk drevet propellmodul for tilkøpling på fører kabintaket (Omarbeidet etter H. Falstad (23)).

Blant andre viktige inspirasjonskilder som også er verdt å nevne, spesielt på den teknisk kreative og designmessige siden, er det nederlandske PAL-V-konseptet som kan minne mye om en slags forunderlig blanding mellom en liten trehjulsbil, et småfly snudd bak-fram og et helikopter, alt samlet i ett konsept som blir kalt en «Autogyro» på flyfagspråket. Denne nyskapingen har også blitt utviklet i tett samarbeid med det opprinnelige Vandenbrink Carver-miljøet i Nederland, og benytter også den samme teknologien for stabilisering ved veikjøring som Carver One.



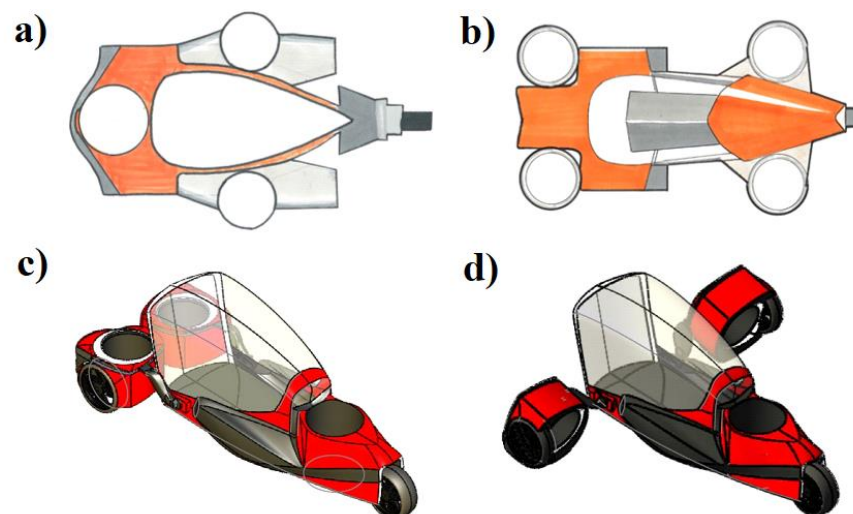
Figur 1.13: PAL-V i Liberty Sport-versjonen. Dette er blant de få eksisterende «flyvebilene» som i bygges og selges kommersielt i Europa og verden for øvrig i dag. Dessverre er prislappen som er oppgitt for høy for vanlige lønsmottakere, omkring 300.000 euro for denne basisversjonen og omkring 500.000 euro for toppmodellen, PAL-V-Liberty Pioneer (24).

Den første prototypen var klar til testing i 2009 og den første lengre ordinære flyturen ble gjennomført i 2012. PAL-V-konseptet har plass til to passasjerer og en maks flyvehastighet på omkring 170 km/h. Den er i dag tilgjengelig i to produksjonsversjoner, som «PAL-V Liberty Sport» som er en basisversjon og som «PAL-V-Liberty Pioneer» som er en eksklusiv-toppversjon av samme konseptet.

1.3. Forutgående prosjektarbeider i tilknytning til Dolphin Sky

Ved siden av at det var et mål at Dolphin Sky skulle være svært lett og en god del enklere konstruert enn de «flybilkonseptene» som er nevnt så langt, skulle det også fokuseres på er å lage et fremkomstmiddel som tar mest mulig miljøhensyn ved bruk. Dette ved å redusere energiforbruket så mye som mulig ved å velge elektrisk drift av svevefunksjonen, effektivt, delvis minimalistisk, men ergonomisk tilpasset plassbruk, samt vekt- og styrkebehov bare tilpasset frakt av en voksen person. Videre å utforme et design med lavest mulig luftmotstand knyttet til areal, form og tilpassing til mest mulig optimale framdriftshastigheter. Siden tidigfasen i 2015 er hovedfasene i det videre arbeidet med utvikling av Dolphin-Sky blitt gjennomført som trinnvise mastergradsarbeider ved NMBU. Tidsprogresjon og rammene for disse kan kort beskrives som følger:

2016: To grads-arbeider ble definert og gjennomført av de to studentene Kristoffer Rummelhoff og Karen Elise Røsandnes. Det første var konsentrert om tidlig konseptuell utredning og utforming av designløsninger for et kombinert bakke- og luftgående Dolphin-konsept.



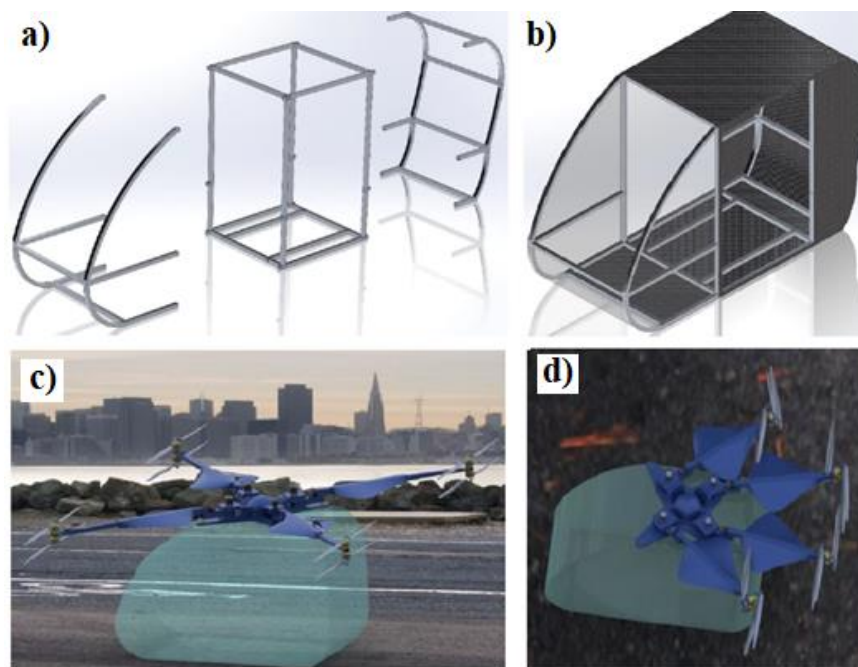
Figur 1.14: a) og b) Tidlige designstudier av K. Rummelhoff, b) Mer framskreden 3D-designversjon i kjøre-modus på bakken og c) I flyve-modus med bakre løftetruer og to til framdrift (25).

Det sistnevnte grads-arbeidet av Røsandnes (Del B) tok for seg viktige forhold knyttet til teknologiutviklingen på dette området, internasjonale regelverk og sikkerhetskrav, markeds-aspekter- og konkurranse-forhold mv. (26).

2017: Et påfølgende grads-arbeid av Anders C. Thømt ble levert denne våren. Dette masterprosjektet omfatter mer grundig teknisk utredning, beregning av nødvendig effekt for å kunne løfte og drifte en svevende Dolphin med en passasjer, dimensjoneringsunderlag for valg av propell-utrustning, samt design av forsøks-rigg for testing av propell/trøster-alternativer til bruk i seinere masteroppgaver (27).

2018: Dette året er det blitt det gjennomført hele tre grads-arbeider i tilknytning til Dolphin Sky-konseptet. To av disse var nært beslektede konstruksjons- og beregningsoppgaver, hvorav den første av Thomas Andre Møller Magnussen tok for seg utredning og dimensjonering av en integrert sikkerhets- og bærestruktur.

I arbeidet til Thomassen ble det ved siden av dimensjonering i forhold til styrkekrav og bruk, gjennomført et studium av mulighetene for å bruke aluminium-ekstrusjoner og sammenføyning ved smidde forbindelser og limeteknikk mm. (28)

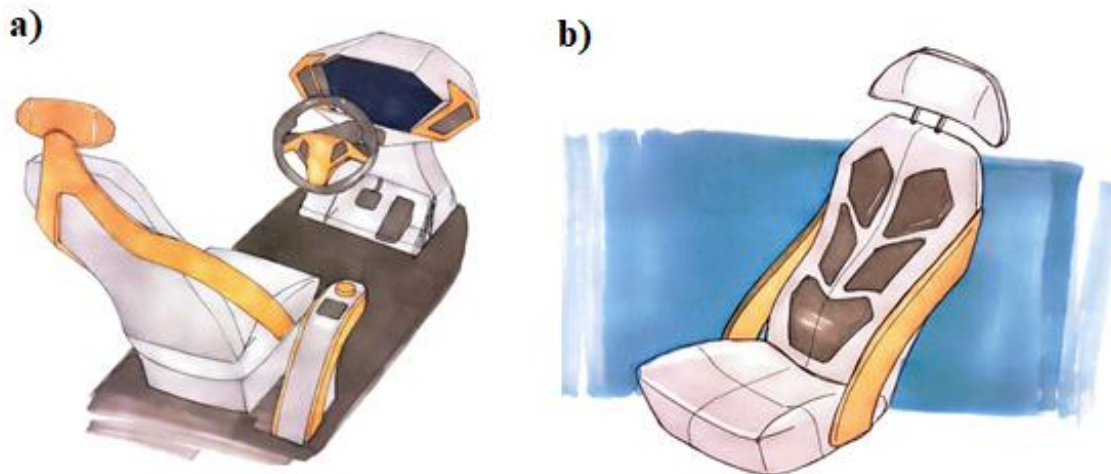


Figur 1.15: a) og b) Bære og sikkerhetsstruktur av ekstruderte profiler og smidde elementer av høyfast aluminium med enkel antydning av førerhytteomriss, c) og d) Forslag til propellkonfigurasjon med muligheter for sammenlegging, «Deltaplatene» er tenkt lagt inn med tanke på økt svevestabilitet (28,29).

Den andre av disse konstruksjons og dimensjoneringsarbeidene ble utført av Tarek El-Gewely med mye av de samme betingelsene. Dette arbeidet omfattet dimensjonering og utvikling av et tidlig løsningsforslag for montering av propelldriften på toppen av sikkerhetsstrukturen til Thomassen.

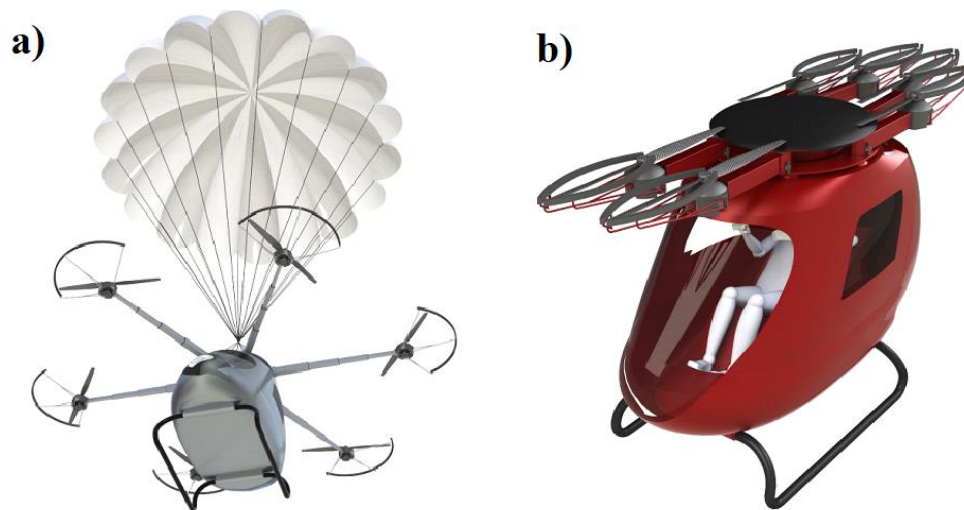
På dette stadiet ble det valgt å utrede en sveveløsning som var basert på fire dobbeltpropeller og åtte små elektriske motorer til løft og framdrift. Et viktig tilleggskrav i dette grads-arbeidet var at løsningen for propellarmene skulle kunne foldes sammen ved veikjøring. (29)

Den siste av de tre grads-arbeidene i 2018 ble gjennomført av Ingvild Bjørkelund, og omfattet en tidlig konseptuell utredning og utforming av designløsninger for førerplassen hos Dolphin Sky. Bjørkelund hadde en treårig designfagutdannelse før masterstudiet, og det ble derfor gitt et noe bredere kunstnerisk spillerom og tilnærming i rammene for dette grads-arbeidet. (30)



Figur 1.16: a) Designutkast for førerplassen i Dolphin Sky med lyst litt «speedbåtinspirert» interiør og førerplattform med rattstyringskonsoll b) Lyst sete av syntetskinn med myk polstring og sliteflater i ryggen med lamelldekorasjon (30).

2019: Dette året ble det foreløpig siste trinnet i utredning, utvikling og dimensjonering av sveveanordningen hos Dolphin Sky gjennomført av Henrik Falstad. Det arbeidet bygger videre på resultater fra grads-arbeidene etter I Thømt og El-Gewely, men går dypere med hensyn til i dimensjonering, sikkerhetsaspektet og spesielt detaljering av konstruksjonsløsningene.



Figur 1.17: a) Videreutviklet sikkerhetsløsning med seks propell-arter og el-motorer til løft og framdrift, vist med nød-fallskjerm som kan utløses fra beholder i opplagrings-nav, b) Trinn-teleskopiske og lett sammenleggbare propellarmer med transportlåsing (23).

1.4. Veien videre i prosjektet

Dette grads-arbeidet skal fokusere spesielt på videreutvikling av designløsninger for førerkupe og førerplass med tilhørende instrumentering, betjeningsergonomi, samt best mulig miljø og operatørsikkerhet og integrasjonsmuligheter.

Mastergradsarbeidet skal således bygge videre på tekniske data/elementer fra tidligere Realtek/NMBU-masteroppgaver knyttet til utvikling av konstruksjons og designløsninger for «Dolphin-Sky» gjennom perioden 2016-2019.

1.4.1 Oppdragsbeskrivelse for dette grads-arbeidet

Hovedrammene for videreføringen av arbeidet med Dolphin Sky, og gjennomføring og rapportering av dette prosjektet, er blitt lagt gjennom tidligdrøftinger og utforming av gradskontrakten. Hovedfokus er videreutvikling av løsningen av førerkabin og interiør i denne.

Teknologisk utviklingsstatus på området skal kartlegges med eksempler på utforming av moderne cockpitløsninger/førermiljøer småskala luftfart. Løsnings-, utrednings og utviklingsarbeid skal baseres på en IPD-systematikk-plattform, (dvs. Integrert produktutvikling), med påfølgende metodiske utviklingstrinn og metodebruk. Teoretisk grunnlag for ergonomisk utforming av førerplasser, herunder antropometriske forhold, adkomst, sete og betjenings-ergonomi, siktforhold, instrumentering og betjenings-elementer mv. skal utredes.

Dette som faglig basis og inspirasjon for tidligspesifisering konseptutvikling og løsningsvalg. Funksjonsanalyser med spesifiserings- og vurderingsgrunnlag for utvikling og vurdering av alternative design- og teknologiløsninger skal utformes, fulgt av konseptuelt forslag (skisser, delløsninger og systemløsninger) som screenes trinnvis teknisk og funksjonelt fram til en foretrukken konseptløsning. Del og helhetsløsningen skal drøftes med hensyn til ergonomiske krav og konstruksjons-modelleres og visualiseres i 3D for senere optimering og eventuelle strømningsmodelleringer simuleringer med hensyn til luftmotstand. Andre utfyllende analyser og grove vurderinger av produksjonstilpasning gjennomføres så langt tiden rekker. Prosjektet skal følge ergonomiske krav og løsningsvalg være praktisk vinklet, men også designmessig fremtidsrettet.

1.4.2 Tidlige problemstillinger

Noen viktige tidlige problemstillinger og sentrale fokuspunkter i forbindelse med gjennomføringen av oppgavearbeidet vil være blant annet:

- a) Hva er utviklingsstatus per i dag, (også konseptuelt) med hensyn til kupeløsninger, førerplass og betjeningsløsninger for små persondroner og luftfartøyer, herunder også enmanns mikro-helikopter/mikrofly.
- b) Hvilke tekniske og designmessige krav bør man stille til adkomst, sitte- og førerergonomi, siktforhold, samt informasjons og betjeningslementer for en enkel, men samtidig funksjonell førerplass?
- c) Hvilken førerkupeutforming vil potensielt best kunne kombinere lett adkomst, høy sikkerhet, lav luftmotstand og muligheter for flerbruk både som sveve-versjon og bakkeversjon av Dolphin-konseptet?

1.4.3. Teknologiske utfordringer og flaskehals

Dette er et fagfelt der det i liten grad finnes tilgjengelig teknisk informasjon, både av kommersielle grunner, men også fordi mange mer moderne løsninger er i en tidligfase av utvikling eller bare finnes som enkeltteksemplarer eller tidligkonsepter. Andre tidlige utfordringer som bør nevnes er:

- a) Det må bygges videre på flere tidligere grads-arbeider som i hovedsak er vinklet mot tidlige konseptuelle designløsninger og grovdimensjonering og konstruksjonsvalg, der mange tekniske data, fysiske størrelser foreløpig ikke er utredet/klarlagt.

- b) Tilgang til relevant faglitteratur og ekspertise på dette området er begrenset. Det kan bli nødvendig å gjøre flere avgrensinger underveis i prosjektet av hensyn til dette, likeledes med hensyn til tilgjengelig programvare for 3D-design.

2. PROSJEKTPLANLEGGING

For en kreativt utfordrende prosjektoppgave som skal gjennomføres innen en avgrenset tidsramme, er det viktig å ha et godt plangrunnlag og en klar målstruktur i bunn. Dette kapittelet tar for seg prosjektets målsettinger, samt viktige faglige og tidsmessige milepæler og avgrensinger.

2.1 Prosjekt målsettinger

Målsettinger for prosjektet er delt opp i et overordnet hovedmål og trinnvise delmål og milepel-aktiviteter som anses som sentrale for å nå fram til prosjekthovedmålet. (31)

2.1.1 Hovedmål

Den overordnede hovedmålsettingen for det mastergradsarbeidet som skal gjennomføres og rapporteres er formulert som følger:

«Å utrede utviklingsstatus, tekniske og ergonomiske krav, og utvikle et løsningskonsept for fører-kupe med tilhørende basisinstrumentering og betjeningsorganer, med lett adkomst og for en enkel persondrone/svevefartøy med førerplass til en person. Løsningen som utvikles skal ivareta påkrevde sikkerhets-messige aspekter, og kunne integreres i en framtidsrettet helhetsløsning for Dolphin-konseptet».

2.1.2. Delmål

Følgende delmålsettinger/milepel-aktiviteter inngår i det trinnvise utrednings og utviklingsarbeidet som skal til for å kunne nå hovedmålsettingen og rapportere prosjektresultater:

- Gjennomføre bakgrunns-utredning, etablere, plangrunnlag og klarlegge viktige utviklingsmetodiske verktøy og trinn.
- Gjøre rede for ergonomisk grunnlagsteori, eksisterende teknologi og designløsninger som basis og inspirasjon for egen løsningsutvikling.
- Utforme spesifiseringsgrunnlag med produktkrav, gjennomføre funksjonsanalyse med utvikling av design- og løsningsalternativer.
- Screene konseptløsninger, gjennomføre ekstern-test for input og velge endelig løsningskonsept.
- Utvikle 3D-visualisering av konseptet, med arkitektur og delløsninger, renderinger, og grove produksjons og økonomivurderinger.
- Ferdigstille og levere prosjektrapport med resultatvisualiseringer og tekniske beskrivelser og starte forberedelser til muntlig prosjektpresentasjon.

2.2. Tids og arbeidsplan med milepeler

Tidligfasen med forberedelser til prosjektet ble påbegynt i 2019, og skal følges opp med praktisk gjennomføring av utrednings- og designutviklingsarbeid gjennom første halvdelene av 2020. Fremdriftsplan som viser planlagte hovedaktiviteter med tilhørende milepeler (dvs. når et delmål skal være gjennomført/nådd) følger nedenfor:

Tabell 2.1 Grov tids og arbeidsplan (Gant-kart) med hovedaktiviteter og i prosjektarbeidet.

Aktivitet/tidsperiode:	2019		2020											
			Januar	Februar	Mars	April	Mai	Juni						
Grunnlagsutredninger														
Plan og metodikk														
Ergonomigrunnlag														
Konkurrentutredning														
Funksjonsutredninger														
Designutredninger														
Konseptutvelgelse														
3D-modellering														
Sluttrenderinger														
Rapportavrunding														
Innlevering														*)
Prosjektpresentasjon														

Tabell 2.2: Oversikt over planlagte milepeler (M:) med grove tidsangivelser.

Milepæl (Når et delmål skal være nådd):	Dato:
M1: Bakgrunns-utredning, plangrunnlag og grovbeskrivelse av metodeverktøy er gjort	15.02.20
M2: Ergonomisk teorigrunnlag, eksisterende teknologi og designløsninger er beskrevet	15.03.20
M3: Spesifiseringsgrunnlag, funksjonsanalyse med løsningsalternativer er utformet	10.04.20
M4: Konseptscreening, avgrenset ekstern-testing og endelig løsningskonsept er valgt	01.05.20
M5: 3D-visualiseringer, resultater og grove økonomiske vurderinger er på plass.	15.05.20
M6: Konklusjoner og finredigering av prosjektrapport er gjort, klar for innlevering	30.05.20
Presentasjon av masterarbeidet med sensurdiskusjon, disputas gjennomføres	24.06.20

*) Covid-19 utbruddet har ført til avstenging av NMBU fra og med 11. mars. Med bare fjerntilgang til programvare, er innleveringsfristen for masterarbeider/rapporter blitt satt til 2. juni.

2.3. Tidlige begrensninger for arbeidet

Et mastergradsarbeid på 30 studiepoeng er normert til 900 timer brutto arbeidstidsbruk (ca. 30 timer per studiepoeng). Av denne grunn er det nødvendig å kunne gjøre enkelte tidlige avgrensninger i arbeidsomfanget og i forhold til hvor enkelte deler av oppdragsbeskrivelsen som er blitt utformet (Jfr. avsnitt 1.5). Følgende deler av utrednings og konseptutviklingsarbeidet i oppgaven vil måtte avgrensnes på følgende måte:

- Utrednings- og utviklingsarbeidet vil ha sitt fokus på ergonomiske forhold knyttet til førerplassen og enkle konseptuelle bruksløsninger, og i mindre grad teknisk funksjon.
- Eksisterende kupe og førerplassløsninger, og spesielt teknisk og designmessige «lavkost-løsninger» vil danne grunnla for design-inspirasjon og løsningsutvikling.
- Utvikling av designløsninger vil i stor grad bli gjort ved skisser, med trinnvise vurderinger og løsningsseleksjon ved bruk av en litt forenklet «Pugh-metodikk».
- Det vil ikke bli gjennomført egne styrkeberegninger eller FEM-analyser knyttet til sikkerhetsstruktur/grunnkonstruksjon i førerkupeløsningen.
- Andre vurderinger av styrkeforhold og sikkerhetsaspekter vil bygge videre på utredning og tilrådinger i tidligere masterarbeider (bl.a. av Thomassen og Falstad).
- Luftmotstands betraktninger vil bli basert på enkle form-data. Strømningsmodellering med CFD vil bli benyttet som verktøy, men ikke i form av omfattende simuleringer.
- Økonomiske overslag og analyser vil bygge på egne grovestimater, tidligere gradsutredninger (av Røsandnes) og være grove og bare i begrenset grad berører produksjons-estimer.
- Produktarkitektur og 3D-visualiseringsarbeidet vil omfatte grunnlag for evt. småskala hurtigprototyping, men fysiske modeller vil ikke inngå som del av oppgaverammen.

3. METODEBESKRIVELSER

Konsept og produktutviklingsarbeid bør baseres på et godt metodisk grunnlag og metodiske utrednings og utviklings-trinn for å gi et bra resultat. I denne delen legges en terminologisk ramme og det vil bli redegjort for forskjellige metodiske verktøy som skal benyttes.

3.1. Terminologi og begreper

Terminologi er betegnelsen for ord, uttrykk og termer som er spesifikke for et bestemt fagområde. I dette avsnittet redegjøres for sentrale fagbegreper og forkortelser, samt ingeniørfaglig symbolbruk og formler som kommer til anvendelse gjennom rapporten.

3.1.1. Begrepsforklaringer

Tabell 3.1: Forklaringer på begreper, forkortelser og fremmedord.

Begrep	Beskrivelse
Ergonomi	Læren om å designe et optimalt miljø, arbeidsbetingelse og utstyr og maskiner for mennesker.
Bio-mekanikk	Delen av kinesiologien som omhandler fysiske lover som virker inn på biologiske systemer.
Antropometri	Læren om menneskelige mål.
Hexacopter	Flyvende kjøretøy med seks motorer og manuell betjening og styring.
Demping	Element som demper kraftstøt, støy og vibrasjoner.
SolidWorks	Solid-basert 3D-modelleringsprogram/programvareplattform (CAD) med flere ulike tilleggsmoduler (CAD, FEM mv.)
DAK (CAD)	Dataassistert konstruksjon (Computer Aided Design) som innebærer programvare for 3D-modellering og rendering.
FEM Analyse	Finite Element Method analyse som er en metode for å beregne spenninger og deformasjoner.
CFD-Analyse	Data-analyseverktøy som gir muligheter for strømningsanalyser med hensyn til trykktap (luftmotstand/drag), varmeveksling osv.
IMT/Realtek	Forkortelse for Institutt for matematiske realfag og teknologi, dag kalt Real-tek-fakultetet ved NMBU.

3.1.2. Symboler

Tabell 3.2: Forklaringer på viktige symboler og enheter nevnt eller brukt i oppgaven. (32)

Symbol	Beskrivelse	Enhet (SI)
F	Kraft	N
m	Masse	Kg
g	Tyngdeakselerasjon	m/s ²
v	Hastighet	m/s
M	Moment	Nmm
L	Lengde	mm
a	Avstand fra senter	mm
A	Tverrsnitt	m ²
b	Bredde	mm
l	Lengde	mm
h	Høyde	mm
I	Tregghetsmoment	mm ³
$\sigma_s, \sigma_t, \sigma_b$	Strekk-, trykk-, bøyespenning	MPa
τ_s, τ_v	Skjær-, torsjonsspenning	MPa
ReH	Materialets øvre flyt-grense	MPa
Rm	Materialets strekkfasthet	MPa
ρ	Egenvekt/massetetthet	Kg/ m ³
Cw	Luftmotstandskoeffisient	-

3.1.3 Formelbruk

Tabell 3.3: Forklaringer på hoved-formler og formelbegreper som er benyttet i oppgaven. (32)

Beskrivelse	Formel	Indeks
Tyngdekraft	$F = m \times g$	3.1
Moment	$M = F \times a$	3.2
Areal av rektangulært tverrsnitt	$A = b \times h$	3.3
Luftmotstand	$F_L = 0.5 * C_W * A * \rho_1 * v^2$	3.6

3.2. Utviklingsmetodikk og løsningsverktøy

Det er over årene utviklet en rekke metodiske verktøy for gjennomføring av produktutvikling og realisering, og som man finner omtalt i faglitteratur på området. I det følgende gis en kortfattet omtale av de viktigste metode-verktøyene som vil bli benyttet, eller lagt til grunn for utviklings og vurderingstrinn gjennom ulike deler av dette grads-arbeidet.

3.2.1. Integrert produktutvikling

Integrated Product Development (IPD), eller Integrated Product & Process Development (IPPD) er helhetlig utviklings-metodisk tilnærming som har sitt tidlige utspring i amerikansk industri. I vår del av verden ble «integrert produktutvikling» først introdusert gjennom foredrag og faglitteratur fra professor Mogens Myrup Andreasen ved det maskin- og produktutviklingsfaglige miljøet ved Danmarks tekniske universitet (DTU) gjennom den siste delen av 1980-årene (33).

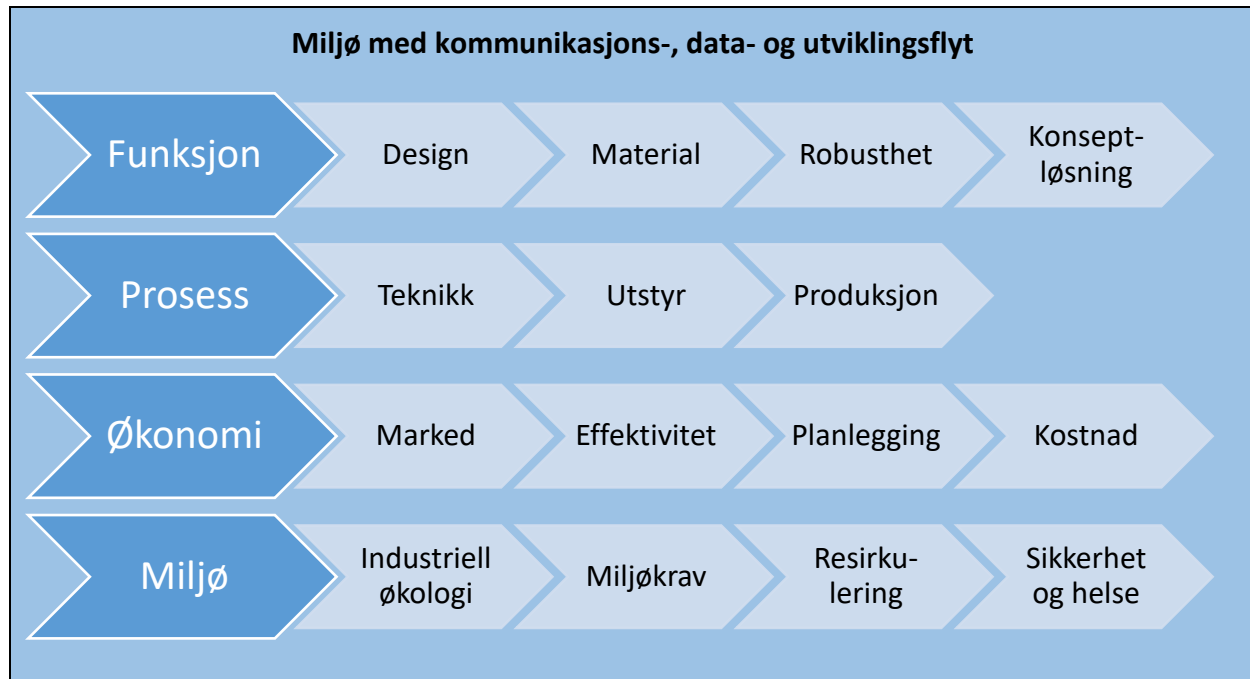
IPD har som hovedmål å oppnå større effektivitet, mindre gjennomføringstid og få bedre læringsutbytte av et utviklings prosjekt gjennom god planlegging, og tverrfaglig kommunikasjon og dataflyt, både internt og eksternt. Den sistnevnte og litt lengre forkortelsen, IPPD innebærer i så måte et spesielt sterkt fokus på utvikling og integrering av datasystemer, produksjonsorganisering og automatiserte produksjonsprosesser mv.

Tradisjonelt har produktutvikling og realisering i bedrifter og organisasjoner i stor grad vært ingeniør- og økonomi-styrt, men IPD trekker inn flere fagområder i et produktutviklingsprosjekt. Strukturen og hoved-trinnene i IPD, eller IPU som man ville kalle det på norsk, kan også sees på som en slags huskeliste eller prosedyre for hvilke viktige elementer en bør ta med seg i organiseringen av et godt planlagt og gjennomført produktutviklingsprosjekt (34).

Rammene for IPD vil være avhengig av bransjen man snakker om, men grovt forklart har moderne versjoner av IPD fire faglige hovedområder eller metodiske utviklings-greiner som det fokuseres på. Mer generelt kan dette omfatte ulike typer integrerte produktutviklings- og realiserings-aktiviteter slik det er eksemplifisert ved kulepunktene nedenfor:

- Utviklingsmetodiske hoved-trinn (U), herunder løsningsutvikling og designvalg, material, styrke og robusthetsvurderinger, konseptløsning og produksjonsunderlag.
- Prosessutvikling og produksjonsorganisering (P) med nødvendig teknologi, utstyr og produksjonstilrettelegging.
- Økonomi (Ø) med markeds- og kundefokus, planlegging, økonomistyring, oppfølging og kvalitetssikring mv.
- Miljø, helse og sikkerhetsaspektet (HMS), med industriell økologi, energi og materialbruk, resirkulering, og miljøkrav, samt forskriftskrav.

Og med tett intern samkommunikasjon og data-integrasjon mellom disse områdene, både på lokalt individplan, og mellom avdelinger og bransjer f.eks. i større utviklingssammenhenger.



Figur 3.1: Illustrasjon av fire nært beslektede utviklings-greiner, med trinnvis utviklingsflyt (mot høyre) i en typisk og helhetlig IPD-prosess med utstrakt kommunikasjons og informasjonsflyt (luftblått) både langs og mellom utviklings-greinene.

3.2.2. Pughs spesifiserings- og seleksjonsmetodikk

«Pughs metodikk» (35) er oppkalt etter professor Stuart Pugh (1923-1993) som underviste i teknisk design/produktutvikling ved Strathclyde-universitetet i Glasgow i Skottland gjennom siste delen av livet sitt, etter mange virkeår tilknyttet ulike greiner av engelsk industri. Denne metodikken er bedre kjent under navnet «Total Design Methodology» og har som hensikt at man på en mest mulig objektiv og systematisk måte skal kunne komme fram til den beste løsningen på f.eks. et teknisk problem eller gjøre godt funderte løsningsvalg i produktutviklingsprosjekt.

Hovedelementene som inngår i Pughs metodikk er som følger:

- **Design- og utviklingskjernen:** Gjennomføring av innledende markeds-betraktninger, med kartlegging og beskrivelser av den eller de aktuelle kundene sine behov, og med spesielt fokus på rammer for den løsningen eller produktet som skal utvikles.

- **Produktspesifisering:** Med utgangspunkt markeds- og kundebehovene, utformes spesifikasjoner og krav for det produktet som skal utvikles og designes. Ved å legge inn målbare (metriske) grenser/toleranser fungerer denne spesifiseringen som en kontrollmulighet og føring gjennom de påfølgende utviklings- og designaktivitetene.
- **Konsept-evaluering og konseptvalg:** Dette er den best kjente delen av Pugh's metodikk, og kalles «Metoden for styrt konvergens». Framgangsmåten består av et trinnvis system med «evaluerings-matriser» basert på krav, og en trinnvis prioriterings- og seleksjonsprosess for å kunne komme fram det beste produktkonseptet.

Viktige arbeidstrinn gjennom denne prosedyren vil kunne være:

- a) Utvikling av en seleksjonsmatrise med forskjellige kriterier/krav som de forskjellige løsnings forslagene eller konseptene vurderes opp mot, og der disse kraven rangeres etter en poengskala (f.eks.1-3, dvs. lite viktig, middels og meget viktig, eller bredere, fra 1-5) for viktighet.
- b) Gi de forskjellige konseptene/løsningene under kriteriene/kravene med en poengvurdering ut ifra for hvor bra den oppfyller de gitte kriteriene (f.eks.1-3, dvs. dårlig, middels og godt).
- c) Multiplisere «viktighets og godhetspoengene» for hver egenskap og løsningsalternativ, summer poengene og velg hvilket konsept/løsning en skal gå videre med. Velg det konseptet som får høyest poengsum.
- d) Gjenta gjerne framgangsmåten med sterkere kriterier ved uklare resultater, eller ved innføring av nye design og utviklingstrinn, osv.

3.2.3 SCAMPER

SCAMPER er en bokstavforkortelse for et kreativitetsvektøy som blant annet benyttes i produktutviklingsarbeid for å forenkle og utfordre selve konseptutviklingsprosessen gjennom innføring av alternative angrepsvinkler for å kunne forbedre et produkt, eller for å kunne vurdere nye ideer opp mot en potensiell bedre løsning. SCAMPER eller SCAMPERR er et akronym, der hver bokstav står for syv til åtte ulike angrepsmetoder for å potensielt forbedre produktet. SCAMPERR står for følgende: (36)

- S: Bytt ut (substitute).** Å bytte ut produkter eller komponenter for å utføre samme handling eller å få samme resultat. For eksempel er en sykkel og en motorsykkel ulikt, hvor pedalkraft hos sykkelen er byttet ut med motorkraft hos motorsykkelen.
- C: Kombinere (Combine).** Å få ulike komponenter til å utføre flere handlinger og dermed senke antall komponenter og/eller forenkle produktet, eller å kombinere to produkter til å utføre handlingene bedre eller bevege produktene mot et bedre produkt.

- A: Tilpasse (Adapt).** Å tilpasse et produkt som er egnet for en handling, så den passer på en annen handling. Dean Kamen utviklet en vannrenser for et dialyseprodukt. Dette produktet var så effektive at det blir videre utviklet for å rense vann hvor dette er mangelvare.
- M: Modifisere (Modify).** Dele opp attributtene til et produkt og å forandre disse; størrelse, form, tekstur, farge etc.
- P: Formål (Purpose, put to other use).** Å endre intensjonen til et produkt. Et produkt er designet for å utføre en spesifikk handling, men den samme prosessen kan være nyttig for andre formål med andre resultater.
- E; Fjern - (Eliminate).** Fjerne elementer rundt et produkt, for å bli værende med dens kjerne-funksjonalitet.
- R: Reversere (Reverse).** Å snu på retningene; opp-ned, innsiden ut, en motsetning til hva produktet opprinnelig var designet for.
- R: Omorganisere (Rearrange).** Å endre plassering på et produkts basiselementer, se hva resultatene vil gjøre med produktets funksjonalitet og brukervennlighet.

SCAMPER(R) - metodikken er meget tverrfaglig, og trenger ikke spesifikt brukes i en ren produkt-utviklingssetting, men kan for eksempel også brukes i utvikling av salg, markedsføring, økonomi etc. Flere av trinnene er sterkt intuitive og vil inngå i mange aspekter av prosessene med tidligutredning i prosjektet, så vel som av mange av de vurderingene som ligger til grunn for både løsnings- og designforslag.

3.2.4. Modulisering

Modulbygging eller «modulisering» gjennom bruk av standardiserte eller lett ombyttbare elementer, komponenter eller profiler gir enklere og raskere produksjon, lavere kostnader og muligheter for mange ulike anvendelser. Typiske eksempler på dette finner man blant annet hos danske Lego, bygg- og møbelindustri.

Modultenking ligger allerede til grunn i selve hovedkonseptet for Dolphin-Sky, gjennom at man kan kople til og fra og bruke sveveanordning, kupe og understell i flere ulike konfigurasjoner. På samme måten vil det være viktig å tenke modulbygging med lett utskiftbare elementer og symmetri dette i arbeidet med oppbyggingen av kupeinteriør og kupe-løsningen. (36)

3.2.5. Programvarebruk

Ulike typer programvare, datasøk og bruk av internett for å finne litteratur og annet fagstoff er nødvendig for gjennomføring av et prosjekt som dette. Nedenfor listes noen av de viktigste verktøyene som benyttes gjennom masterarbeidet og rapporteringen;

Tabell 3.4: Oversikt over viktige dataverktøy og hvordan de benyttes i oppgaven.

Dataverktøy	Bruksområde/anvendelse i masterarbeidet
SolidWorks , Dassault Systems 2015, 2018/19	CAD program. Benyttes til teknisk design og for å framstille 3D modeller, og enkle strømningsanalyser (SolidWorks Flow Simulation).
Photoview 360	Tilleggsprogramvare. Benyttes for rendering av bilder, overflater og bakgrunn mv. basert på 3D-modeller fra SolidWorks.
Microsoft Office 365 ProPlus Microsoft Word Microsoft Exel	Hovedprogram for utforming og skriving av masterrapporten, Excel benyttes til å fremstille evt. regneark og grafer mm.
Paint	Basalt tegneprogram med tekst muligheter. Benyttes for å strippe screenshots, tilpassing og teksting av bilder og illustrasjoner.
Google (og Bing)	Hovedprogram for søking etter kildestoff, billedmateriale osv. Eksempel på engelske søkerord er f. eks.: Drone, Cockpit, Design, Airbus osv.

3.2.6. Litteratur- og kildesøk

Bakgrunnsmateriale for utredningsdelene i rapporten, metodelitteratur for utviklingsarbeidet og viktige fagkilder som refereres til i tekst og i tilknytning til tabeller, figurer og billedmateriale listes helt til slutt i gradsrapporten.

Dette materialet er framskaffet underveis i arbeidsprosessene gjennom kjennskap til faglitteratur fra tidligere kursemner ved NMBU, vesentlig produktutviklingskursene, TIP200-Produktutvikling og produktdesign og TIP300-Konsept og produktrealisering, samt Brage-databasen når det gjelder tidligere grads-arbeider på området. Tips fra veilederne og spesielt Amazon.com her også vært en viktig kilde for å finne fagbøker, likeledes Nettsøk med Google og Bing med hensyn til fagartikler, tekniske opplysninger mv.

3.3 Kvalitetssikring

Overordnet kvalitetssikring i et prosjekt som dette som både omfatter markeds, konkurrent og kunderelatert utredningsarbeid, løsnings-utvikling og design kan legges inn under kvalitetsrammene for det som kalles «House of Quality» og begrepet Quality Function Deployment (QFD) i litteraturen om kvalitetsledelse, styring og kvalitetssikring (33).

Grovt fortalt betyr dette bla. integrasjon av hovedelementene i IPD og Pughs metodikk med kunde-fokus og vektning av krav, metodikk for løsningsutredning og seleksjon, slik dette er omtalt tidligere. Videre, kopling mot tekniske standarder og kvalitetsstandarder, spesielt ISO-9000-serien, ergonomi, helse og miljøstandarder (HMS) og regelverk mv., samt eksterne evalueringer, implementering av kontinuerlig prosessevaluering og forbedringsprosedyrer mv. Nedenfor gjengis en del viktige standarder, fagkilder og fagekspertise som har betydning for gjennomføringen av dette grads-arbeidet.

Tabell 3.5: Oversikt over standard-underlag og viktige fagkilder knyttet til oppgavearbeidet.

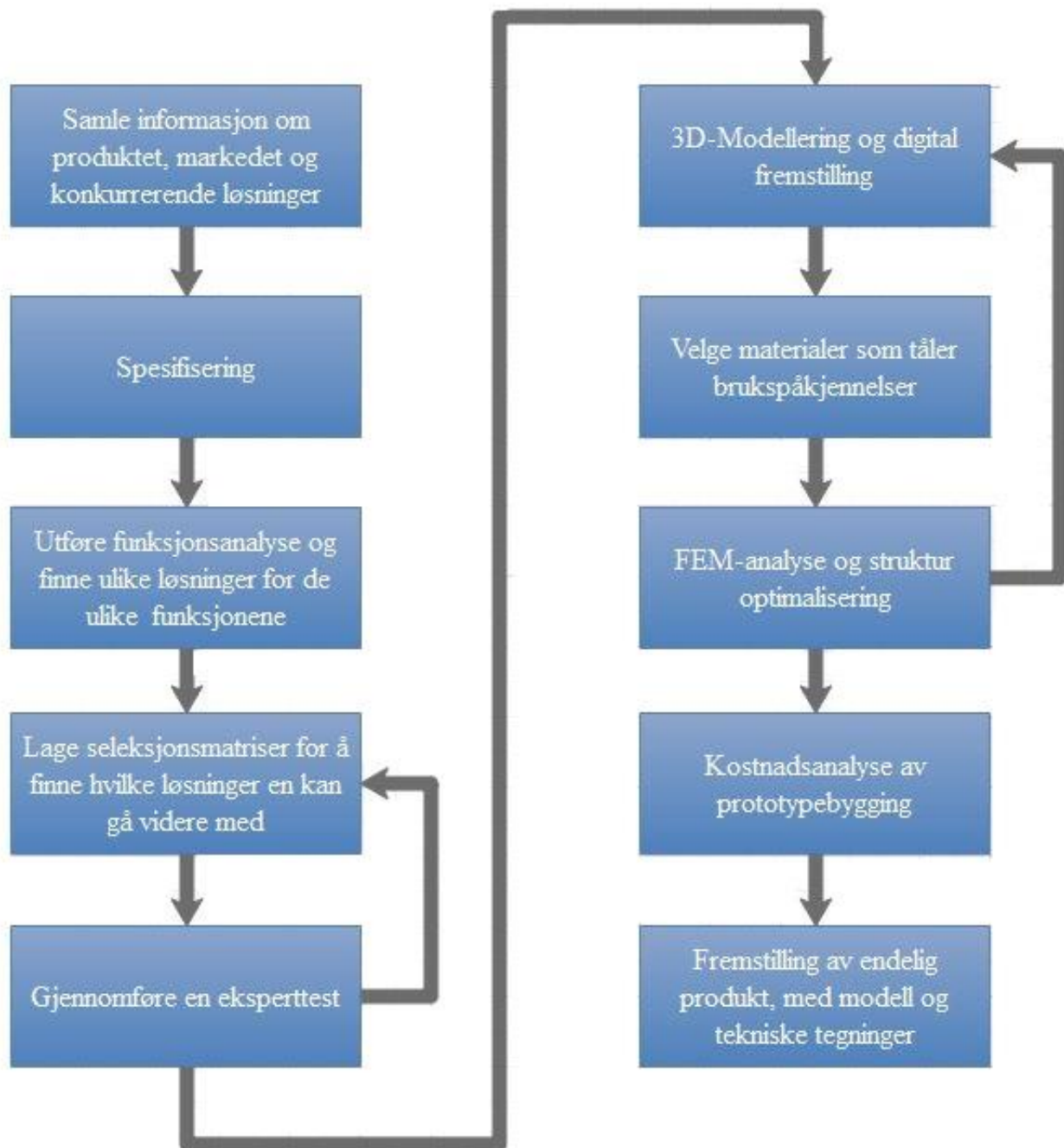
Kilde:	Virkeområde:
Standard NS-EN-ISO9000	Prinsipper for generell kvalitetsstyring, kvalitetsforbedring og sikring. System-tenking og prosedyrer mm.
Standard NS-EN-ISO9001	Kvalitetsstyring, utvikling og konstruksjon kap. 7 (2000) og kap. 8 (2015) + tilhørende vedlegg. Prosesser mm.
Standard NS-EN-ISO 128	Standardserie for teknisk tegning, tilpasset teknisk tegning med Solidworks 3D.
Gieck Engineering Formulas, Eight Edition.	Handboksamling med ingeniørtekniske formler og beregnings-teknisk underlag mv. Utgitt av McGraw-Hill, UK, 2006.
The Measure of Man and Woman - Human Factors in design.	Spesial-litteratur knyttet til ergonomi og menneskelige mål (antropometri) i forhold til ulike typer arbeidsplasser, herunder maskiner. Utgitt av Dreyfuss Associates, USA, 2002.
Human dimension & Interior Space.	Spesiallitteratur med fokus på antropometri, interiør og PC-arbeids-plasser mv. Utgitt av Panero & Zelnik, USA, 1992

Tabell 3.6: Fagpersoner som til ulike tider har bidratt med teknisk og faglig ekspertise.

Navn	Stilling	Spesialitet
Egil Stensrud	Senior Ingeniør	Dimensjonering
Henrik Holmberg	Over Ingeniør	Teknisk Tegning
Gunnar Torp	Ingeniør	Maskinering
Øyvind Hansen	Ingeniør	Verkstedmester

3.4 Prosesstrinn

Utviklingsprosessen i prosjektarbeidet innledes med en grundigere teknisk og markedsmessig kartlegging, fulgt av tidligspesifisering med produkt. Typiske hoved-trinn videre i arbeidet er grovt illustrert nedenfor:



Figur 3.4: Prosesstrinnene i en utviklingsprosess (fra høyre til venstre), der tilbakekoplingspilene betyr at man gjerne må gå tilbake og vurdere på nytt. I gradsprosjektet er hovedfokus på løsningsutredninger og løsningsdesign, med utvikling av cockpitløsning og førerinteriør og i mindre grad på konstruksjonsberegning.

4. TEORI OG TEKNOLOGIUTREDNING

I dette kapitlet behandles viktig underlagsteori, spesielt ergonomi med viktige spesialområder som biomekanikk og antropometri. Videre vil det bli sett nærmere på en del tekniske løsninger, design og utviklingskonsepter som kan bidra til å gi verdifull bakgrunn for det videre utviklingsarbeidet.

4.1. Ergonomi og menneskelige forutsetninger

Begrepet «ergonomi» stammer fra de to gamle greske ordene «Ergon» som betyr arbeid og «Nomos» som betyr lov eller regel. Ergonomi benyttes i dag som en fellesbetegnelse på forskning, utviklingsarbeid og ulike praktiske tiltak som har som ambisjon å tilpasse redskaper og maskiner på en best mulig måte til de menneskene som bruker dem.

I dag er en rekke slike hensyn innbakt i den norske og europeiske arbeidsmiljølovgivningen og tilhørende forskrifter knyttet til tilvirkning og bruk av teknologi som maskiner og ulike type hjelpemidler. Ergonomiaspektet er derfor noe må være et sentralt grunnlag ved alle former for ny maskin og teknologi-utvikling.

Ergonomi må på samme vis danne det viktigste grunnlaget for løsningsutredning og designarbeidet som skal gjøres for førplassen og førerkupeen hos Dolphin Sky-konseptet. (37).

4.1.1. Utviklingen av ergonomien til et moderne fagfelt

Selv før vi hadde definert begrepet «Ergonomi» jobbet håndverkere og produksjonen med produkter som skulle kunne brukes av mennesker. Krav og premisser var selvfølgelig noe helt annet tidligere i historien enn hva det er nå. For å få litt bedre innsikt i opprinnelsen til ergonomi som fagfelt deles utviklingen vanligvis opp i flere tidsperioder. (38)

Den første tidsepoken regnes fra 1750 til 1870, og blir gjerne kalt «Maskinens tidsalder». I 1748 ble den kontroversielle boken «L'Homme Machine» gitt ut av franskmannen og legen Julien Offray de La Mettrie. La Mettrie som kom fra en velstående familie av tekstilfabrikanter framstilte mennesket som en maskin, i et komplekst fysisk og mentalt samspill av materie og av kropp og sinn noe som vakte stor bestyrtelse blant lesere av dette bokverket, og spesielt blant den mer geistlige delen av folket.

Til tross for all denne uroen omkring «materialist-filosofen» som La Mettrie og tenkemåten deres i den franske opplysningstiden, ser man i ettertid at det hele var godt for noe. Denne betraktningmåten ble gradvis nøkkelen til framtidig utvikling av ergonomiske kunnskaper, om enn fra et litt annet ståsted.



Figur 4.1. a) og b) Boken «Menneske-maskinen» av den franske legen De La Mettrie la gnisten til nye tenkemåter, selv om ikke alt tankegodset hans har tålt tidens tann like godt (39,40).

For å aktivisere en best mulig fremgang på den enkeltes betingelser må man menneskeliggjøre tekno-logien og måten den fungerer. Mennesket må kunne sees på som en del av et større teknisk arrangement. Det er først når en går inn i det miljøet hvor menneske og produkt forenes at man kan rette søkelyset på problemer som oppleves i den teknologiske hverdagen.

I gamle imperier og framvoksende industrikjemper som England, Tyskland, Frankrike og den kommende stormakten på denne arenaen, USA var en slik tenkemåte uaktuell omkring 1750. En langt tyngre teknologisk drevet æra var nå så smått i frammarsj, og kom til å få voldsomme konsekvenser både for mennesker og for samfunnet som helhet. En mann med navn Singleton beskrev den tidlige perioden av den industrielle revolusjon for «The era of pure engineering», på bakgrunn av at maskinenes pålitelighet og ytelse styrte disse arbeidsforholdene. Mennesket måtte tilpasses maskinenes rytme med farlige og usunne arbeidsforhold, og ikke motsatt.

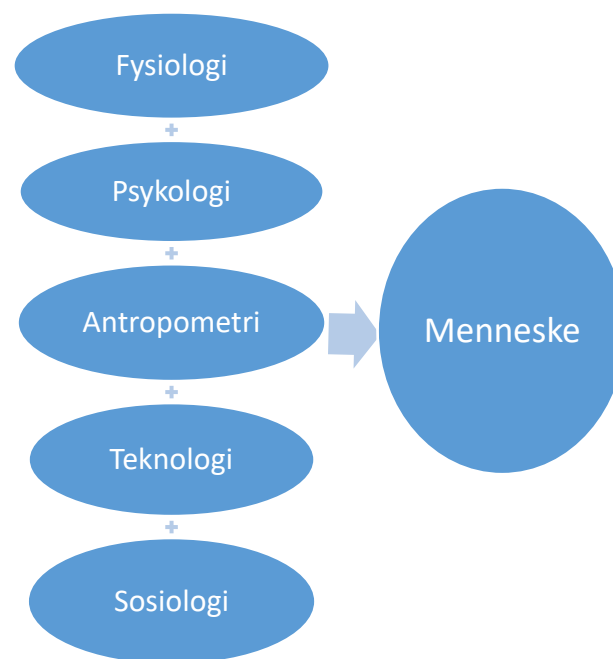
I 1870 begynner en ny epoke som varer til 1945 og kalles for «Kraften og energiens tidsalder». Kraftrevolusjonen kjennetegnes av en drastisk økning i bruken av maskiner innenfor industri, transport og landbruk. I tråd med den store tekniske utviklingen ble ikke utstyret eller bruken av det nødvendigvis mer effektivt. Amerikaneren Fredric Winslow Taylor var den første til å prøve og forbedre effektiviteten, og som la grunnlag for de første arbeidsstudier. Menneskers grunnleggende behov ble også her tilsidesatt ovenfor produktivitet og effektivitet (41).

Men var først under andre verdenskrig at ergonomien, slik vi kjenner den i dag, startet sin utvikling for fullt. Forsking fra universitet i Cambridge i England og flyvåpenskolen School of Aviation Medicine i USA, fra slutten av 1930-årene og begynnelsen av 1940 kan også sees på som en ny grein tilhørende fagfeltet ergonomi. I denne forskningen ble det tatt hensyn til klassifisering, utvelgelse og opplæring av personell. Mot slutten av krigsårene skjedde det på samme måten en positiv utvikling innen «Engineering psychology», i dag kaldt «Human factors engineering» som også regnes som en anvendt og teknologisk orientert betegnelse for ergonomi. Med dette begynte samtidig de faglige ansvarsområdene innen den tradisjonelle ingeniørkunsten å bli utvidet. (38).

I årene 1960-1980 var ergonomi i stor vekst, og det var særlig psykologer og ingeniører som arbeidet med ergonomiske spørsmål. I flere sivile firmaer ble ergonomiavdelinger etablert, blant annet i bilproduksjon og produksjon av datamaskiner. Fra 1990 og frem til nå har offentlige organisasjoner og myndigheter blitt mer bevisst på ergonomiens virkning og det er blitt innført stadig strengere krav til standardisering, integrering og dokumentasjon av god forbrukerergonomi på en lang rekke produktområder.

4.1.2. Sentrale elementer innen moderne ergonomi

Viktige prinsipper som gjelder innenfor den moderne ergonomien har stor betydning som forebyggende for å forhindre og begrense feilbelastninger og anstrengelser for brukeren, da dette kan forårsake skader og somatiske lidelser med kroppssmerter eller kan ha ulike former for nevralt eller psykisk innvirkning med konsentrasjonssvikt, søvnproblemer mv. Ergonomi er i dag et bredt og tverrfaglig fagområde som både kombinerer og nyttiggjør seg av eksisterende teori, forskning og kunnskaps-utvikling innen fem viktige fagfelt: Fysiologi, antropometri, sosiologi, psykologi og teknologi.



Figur 4.2: Ergonomi oppsummert som et samspill mellom flere viktige fagfelt, og med hensikt å komme fram til de best mulige tekniske løsningene og arbeidsmiljø for mennesker (38).

Ergonomien slik man møter den i forskjellige aspekter i dagens samfunn har utviklet seg i stor takt, og er nesten blitt en selvfølge ved en god og vellykket produktutvikling. Dette også drevet av

at et godt ergonomisk tilpasset design fort vil oppfattes som mer kommersielt attraktivt enn et som ikke er det, og samtidig kan være et godt argument ved markedsføring. Nye ergonomiske utfordringer i dag ligger blant annet i mye langvarig stillesittende arbeidsoppgaver i samfunnet, en svært rask utvikling innen data og informasjonsteknologi med mye påtrykk av displayinformasjon osv.

4.1.3 Fysiologi og biomekanikk

Variert og riktig bruk av kroppen i fritid og arbeid, sammen med godt kosthold legger grunnlaget for å unngå livsstilssykdommer som diabetes, hjerteproblemer og typiske bevegelseslidelser senere i livet. Fagområdet som kalles «Biomekanikk» er en viktig del av fysiologiaspektet innenfor moderne ergonomi, og omfatter studiet av de mekaniske forholdene som bestemmer bevegelsene og kraftutøvelsene til levende organismer. For mennesker omfatter biomekanikken læren om hvordan interne og eksterne krefter virker både på og internt menneskekroppen, og da spesielt hvordan muskel- og skjelettsystemer fungerer og beveger seg.

Biomekanikken har utviklet seg gjennom tidene ved observere hvordan ulike typer arbeids-situasjoner og bevegelser påvirker kroppen. Dette både med hensyn til muskulær og mental ytelsesevne, både på kortere og lengre sikt, i forhold til skjelettfunksjon og medisinsk i forhold til utvikling av muskel-skjelettlidelser. Blant flere viktige lærdommer fra biomekaniske studier er tiltak og regler som har som hensikt å unngå statiske belastningssituasjoner som hemmer blodtilførselen til musklene. En slik regel innebærer at kraftutfoldelse om skal opprettholdes over tid ikke bør overstige 15% av den maksimalt tilgjengelige muskulære kraftutfoldelsen. (42).

Kunnskapene fra biomekaniske studier er blitt benyttet for kunne å tilpasse maskinkonstruksjoner og funksjoner til mennesket på en best mulig måte, blant annet med hensyn til best mulig tilpasning av betjeningskrefter hos ratt, pedaler, spaker og hendler osv.

Tabell 4.1: Eksempler på anbefalinger og grense-verdier for kraftutfoldelse ved bruk av vanlige typer betjeningsorganer hos maskiner som finger og handspaker, ratt og pedaler (43,44).

Betjeningsmåte og betjenings-motstand/motstandskraft	Bruksfrekvens		
	Høy (N)	Iblant (N)	Lav (N)
Fingerregulering	2-5	24	40
Hånd-spak, for/bakover	5-15	80	140
Hånd-spak, sideveis	5-15	40	60
Ratt, med to hender	5-50	-	230
Ratt, med en hand	5-15	-	-
Pedaler, regulert med fot	15-90	150	250
Pedaler, regulert med tå	20-30	50	-

God og presis bevegelseskontroll krever at man har litt tilbakemeldingsmotstand som gjør det mulig å føle bevegelsen som utføres. En utfordring som har kommet med overgang til servo, eller hel- elektrisk betjening, er at den kan bli for lett eller upresis ved finger, hand eller fotbetjening, og man må derfor være oppmerksom på å legge inn tilstrekkelig kunstig motstand og tilbakemelding, eller annen indikering av bevegelse og pådragsendring.

4.1.4. Antropometri

Antropometri er læren om menneskelige mål, og det aller viktigste fagelementet fra hele det moderne ergonomifag-spekteret med hensyn til å utforme de ulike dimensjonene man trenger, eller bør kreve på en god arbeidsplass. Kunnskaper om menneskelige mål og dimensjoner har vært et viktig tema for kunstnere, arkitekter, filosofer og teoretikere opp gjennom tidene helt tilbake til de gamle egyptiske kongedømmene der man utformet staselige sarkofager etter personlig mål og som skulle tilpasses i god tid før den regjerende herskeren døde. (45)

Fra vår egen tidligste tidsregning finner vi annet den romerske forfatteren, arkitekten og ingeniøren Marcus Vitruvius Pollio (46) som skrev bøker om romersk arkitektur fra sin egen samtid, likeledes italienske Leonardo da Vinci fra renessansetiden som også studerte både variasjoner i kroppslige mål og kroppen, musklene og skjelettets oppbygging i stor detalj, bare for å nevne noen.

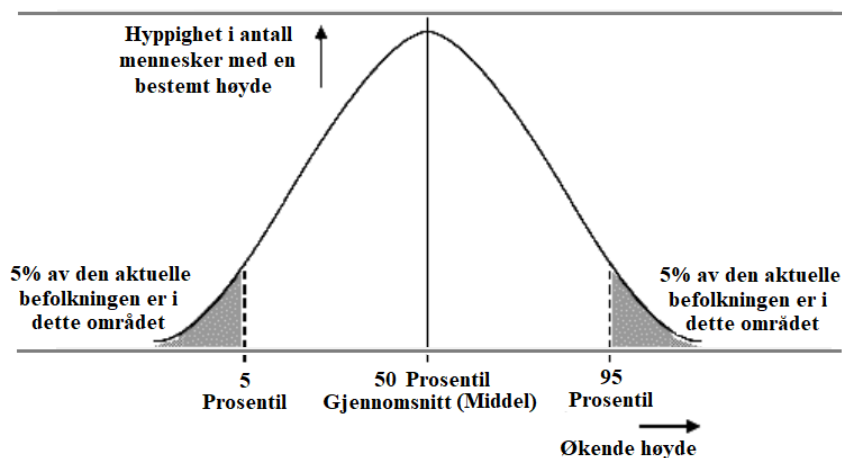
I en mer vitenskapelig forstand blir Antropometri-begrepet vanligvis kreditert den belgiske matematikeren Lambert Jacques Adolphe Quetelet (47) som publiserte verket «Anthropometrie» i året 1870. Quetelet er også den som først la grunnlaget for det som de fleste dag kjenner som «fedmeindikatoren» BMI, det vil si kroppsmasseindeksen (Body Mass Index).

4.1.5. Variasjon og prosentiler

Kroppsstørrelsene hos oss mennesker varierer både med alder, etnisitet og kjønn, men også innen adskilte grupper eller populasjoner, avhengig av kosthold eller kulturelle særtrekk. Siden veldig få mennesker, selv i avgrensede grupper som en enkelt skoleklasse er 100 prosent like, må det gjøres lokale hjemme-tilpasninger både i mål hos sko, klær, sykler og skoleransel, og eksistere justeringsmuligheter i tiknytning til skolepult, treningsutstyr og annet som brukes i løpet av dagen på skolen.

Pålitelige antropometriske registreringer og målinger er derfor helt avgjørende for å kunne utforme alt fra formen på dører, stoler, trapper og sitteplasser i fly og biler, så vel som bruksting, på en best mulig måte. Siden det er store variasjoner i mål fra person til person, kan man dermed ikke ta hensyn til absolutt alle størrelser. Det er heller ikke hensiktsmessig å bruke gjennomsnittsmål, fordi man da ekskluderer en stor del av målgruppen det aktuelle produktet eller arbeidsplassen designes for.

Av denne grunn benytter man såkalte «prosentiler», hvor man velger ut et intervall som tilfredsstillter flesteparten og ekskluderer de mest ekstreme verdiene i hver ende av skalaen. Hovedprinsippene i denne tankemåten grå fram av figuren nedenfor.

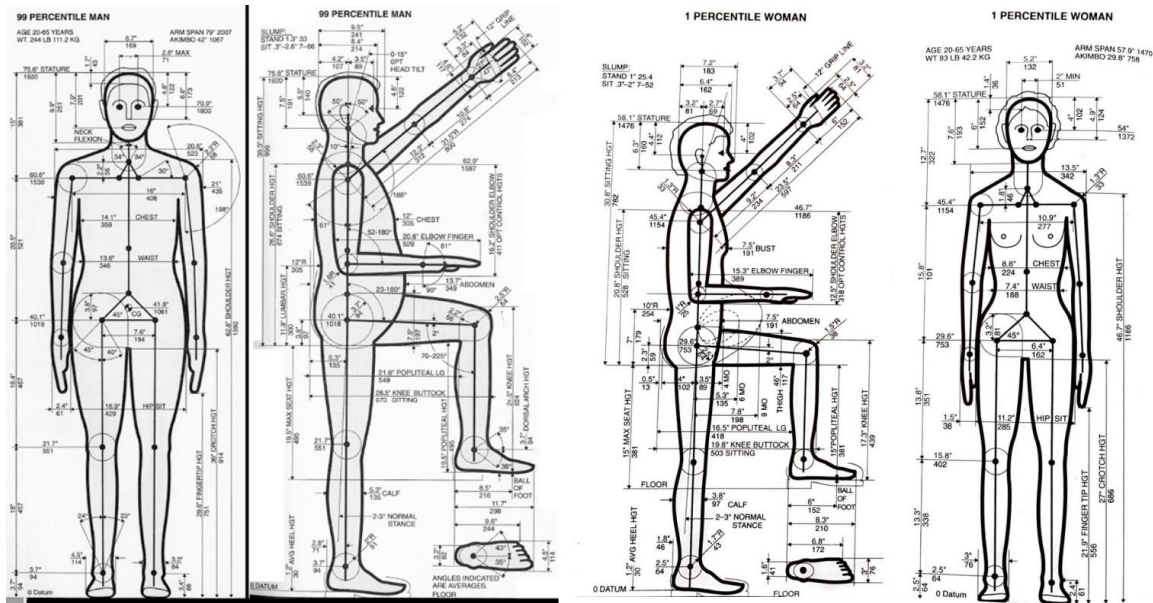


Figur 4.3: Illustrasjon av prosentilbegrepet i en vanlig normalfordeling av resultater fra registreringer av kroppshøyden i en gruppe (populasjon) av mennesker. (48)

I antropometrien betyr at man benytter en 99-prosentil at kun 1 prosent av verdiene for det spesifikke målet er større blant populasjonen, mens 1-prosentil betyr at 99% av verdiene er høyere. Det velges ofte å designe for intervallene 5 - 95 eller 1 - 99 prosentilverdier, da inkluderer man henholdsvis 90 prosent og 98 prosent av befolkningen. Betydningen av å gi rom for så brede variasjonsspekter/prosentiler som dette med hensyn til kroppsstørrelser, kan man se på moderne stoler og bord som benyttes på moderne arbeidsplasser, og som må være utstyrt med flere ulike justerings-muligheter både etter høyde og i forhold til kroppsmål og arbeidsstillinger for å gi en ergonomisk riktig arbeidsstilling og sikre mulighetene for god jobbtrivsel over tid.

Imidlertid har vært utfordrende å samle store nok mengder antropometriske data, derfor har mye tidlig antropometrisk forskning blitt gjennomført i den militære sektoren, hvor det både var god tilgang på kandidater og behov for en stor grad av standardisering i alt fra uniformer til bygging av ubåter og fly.

Gjennom etterkrigstiden er slike data stadig blitt supplert og oppdatert med langt bredere datagrunnlag, og det eksisterer i dag flere relativt gode antropometriske handbøker og kilder som tar hensyn til de fleste aspekter av kroppsdeler og kroppsforn, kjønn og alder. Den viktigste blant disse ble utgitt av Henry Dreyfuss Associates LCC, et av de eldste og best kjente designkonsultantselskapene USA (49), og hadde tittelen «The Measure of Man and Woman». Dette verket som er kommet i flere opplag, foreløpig fram til og med 2002, inneholder også et bredt omfang av antropometriske anbefalinger (US) knyttet til ulike typer maskin-arbeidsplasser, og vil følgelig være en av de viktigste antropometriske hoved-referanse-kildene i dette grads-arbeidet.

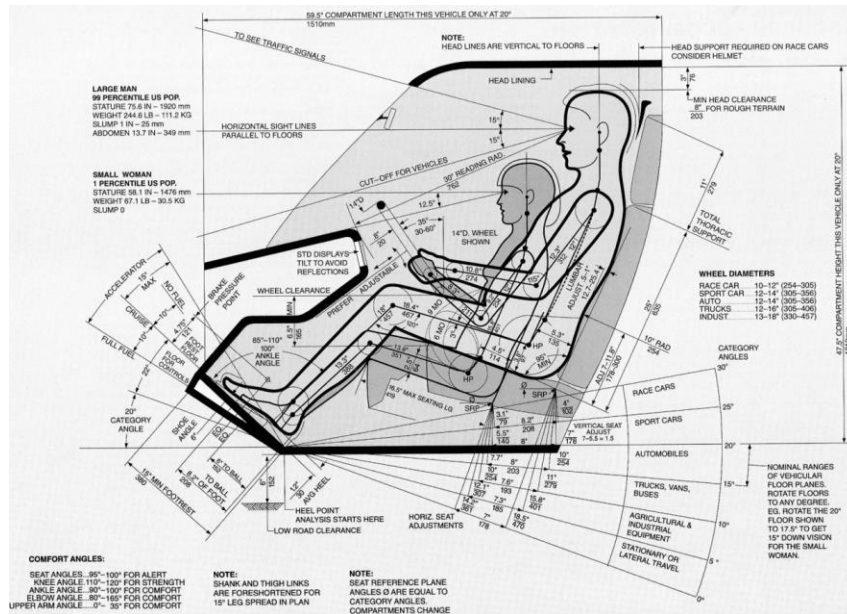


Figur 4.4: Eksempler på antropometridata fra “The Measure of Man and Woman” med 99% prosentil-mål (i tommer og cm) for menn og 1% prosentil-mål for kvinner (50).

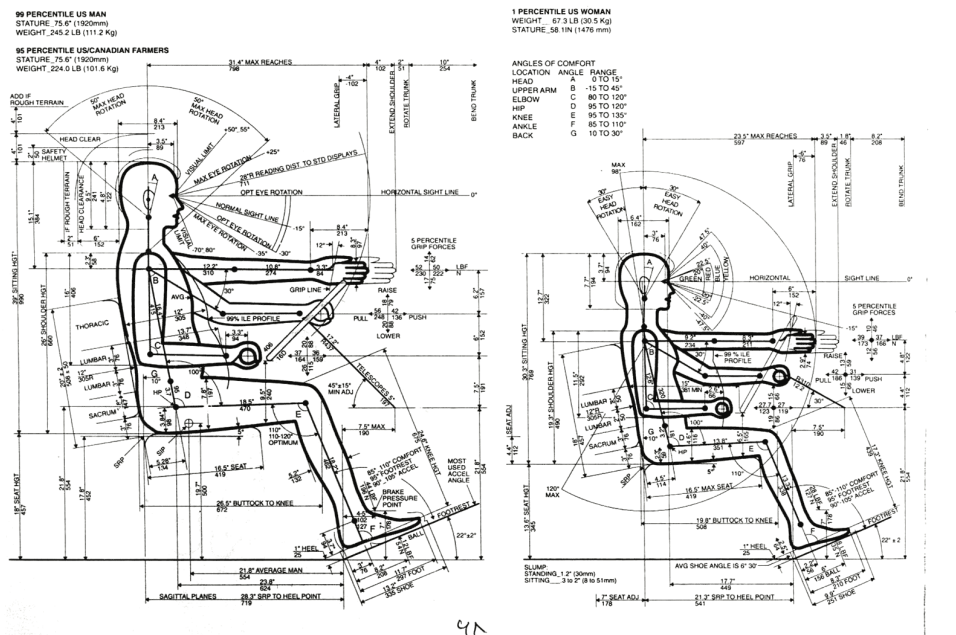
4.1.6. Antropometriske tilrådinger for førerplasser

Hvilke ergonomiske og antropometriske tilrådinger man skal legge til grunn for utforming av en førerplass på et kjøretøy eller en flyvende farkost som Dolphin Sky er avhengig av flere forskjellige faktorer. Førerkupéen i dette konseptet vil måtte ha ulike typer fellestrekk både med vanlige kjøretøyer og et småfly eller lite helikopter. Noen av de viktigste antropometriske forholdene man vil måtte ta hensyn til i så måte vil blant annet kunne være:

- Brukstiden vil måtte bestemme bestemmer i hvor stor grad man vil måtte tilpasse en mest mulig behagelig sittestilling, setedesign med god setedemping og gode muligheter for justeringer av rygg, korsryggstøtte mv. Brukstiden til en kupeløsning for Dolphin Sky, vil måtte bli begrenset, slik at man kan tilpasse relativt enkle modulære ergonomiske designløsninger, men med justerbare rygg og sittevinkler mm.
- Flyvning og spesielt landing vil stille strenge krav til oversikt fra førerplassen, både til omgivelsene, over, under og på sidene av farkosten, så vel som tilsynet av drifts- og sikkerhetsfunksjoner. Dette stiller spesielle krav både til utsikt for føreren, gunstig plassering av viktige instrumenter og betjening, men også at man må kunne ha en noe mer oppreist sittestilling enn for et vanlig veikjøretøy.



Figur 4.5: Eksempler på antropometriske tilrådinger forbeholdelig, lav og avslappet sittestilling for lengre perioder med veikjøring, 99 prosentil for menn, 1 prosentilmål for kvinner (50).



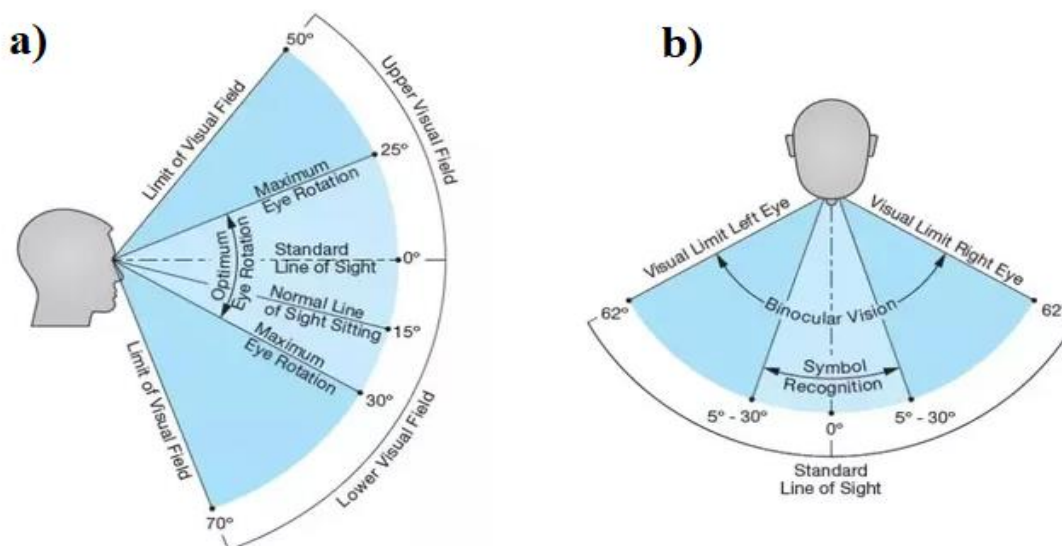
Figur 4.6: Tilsvarende eksempler på antropometriske tilrådinger en mer arbeidsorientert sittestilling der man trenger mer oversikt til nærområder rundt førerplassen (gjelder også kjøring av landbruksmaskiner, 99 prosentil for amerikanske menn, 95 prosentil for amerikanske og canadiske bønder, samt 1 prosentilmål for amerikanske kvinner (50).

Ved utforming av førerkupe, førerplass og setet hos Dolphin Sky vil man trolig måtte forholde seg til en form for kombinasjon mellom de tilrådingene som man kan finne i Figur 4.5 og 4.6, for å kunne ha best mulig oversikt både til omgivelse og instrumentering, spesielt ved landing.

4.1.7. Siktforhold, instrumenter og varselfunksjoner

Synsfeltet fra førerplassen er avgjørende både for trygg manøvrering og at man hele tiden får den visuelle informasjonen man trenger. Det samme gjelder forhold som blinding, kontraster i forhold til tekst og visning på instrumenter og skalaer osv. Både når man ser rett framover, eller til siden er synsfeltet hos mennesker sterkt begrenset, både på grunn av neseryggen, kranie- og hodeformen vår som skaper fysiske blindsoner til sidene, men også fordi øynene bare gir muligheter til å fange inn lys og danne klare synsbilder fra et avgrenset område. Hvis man ser rett framover vil man bare ha godt stereoskopisk syn, med god avstandsbedømming og evne til å lese symboler og tekst innenfor et synsfelt på omkring 30 grader til hver side i horisontalplanet og mellom 25 og 30 grader i vertikalplanet.

Den stereoskopiske synsevnen i vertikalplanet er aller best og skarpest i et område omkring +/-15 grader i forhold til en linje langs horisontalplanet. Utenfor disse sonene kan man strekke synsfeltet til omkring 60 grader til hver side, og mellom 50 grader oppover og 70 grader nedover ved øyebevegelser man har såkalt binokulært syn, dvs. en godt overlappende stereoskopisk synsoppfatning med begge øynene. De viktigste av disse forholdene og begrensningene i synsevnene våre er illustrert ved figuren nedenfor.



Figur 4.7: Angivelse av siktsoner a) Vertikalplanet og b) Horisontalplanet. Lyst blått indikerer soner der man har optimal synsoppfattelse uten å bevege øynene, mens mørkere blått er grenser for vertikale og horisontale øyebevegelser med bra synsoppfatning (51).

Hodebevegelser gir muligheter til å øke synsfeltet til i alt 210 grader horisontalt, og omkring 160 grader vertikalt, mens siste delen av 360 grader i begge plan alltid vil være dødsoner. Ved design av en førerplass til Dolphin Sky er det derfor spesielt viktig at minst mulig hindrer synsfeltet til omgivelsene og at viktige instrumenter er i de gunstigste delene av synssonene.




Forhold ved symbolstørrelser og display-instrumenter: For å kunne tilpasse en best mulig lesbarhet hos tall og bokstaver som benyttes hos instrumenter og ulike former for merking bør man generelt benytte seg av det som kalles a-reglen. Denne definerer forholdet mellom synsavstanden (a) og høyde på bokstaver (h) på følgende vis:

$$h = a/200, \text{ der } a \text{ og } h \text{ regnes i cm.}$$

Dette innebærer at ved en synsavstand på 50 cm bør bokstavhøyden være minst $50/200 = 0,25$ cm, dvs. 2,5 millimeter. Tilsvarende regler/tilrådinger for bokstav- eller tallbredden er at den bør være minst 2/3 av høyden, avstand mellom bokstaver og tall; 1/5 av høyden og avstand mellom ord og symbol/figur minst 2/3 av bokstav eller tall høyden (43).

Det finnes en voldsom bredde i utvalget av både analoge og digitale instrumenter og display som kan benyttes til å vise ulike fysiske størrelser som hastighet, nivåer og mengder osv. Nedenfor følger noen grove anbefalinger for vanlige displaytyper som man ofte finner hos ulike typer maskiner.

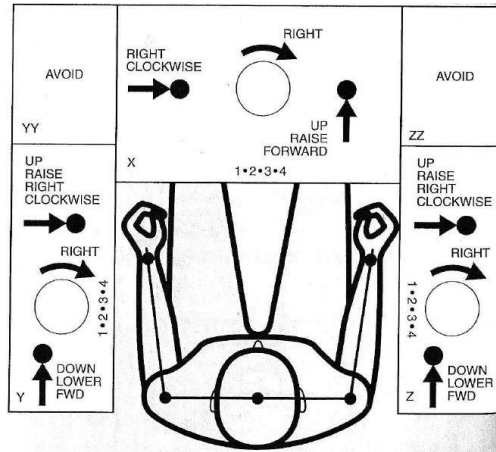
Tabell 4.2: Eksempler på bedømming av egenskaper hos tre ulike typer display (52).

Bruksegenskaper og lesbarhet	Displaytype		
	Med viser	Med tall	Med søyle
			
Generell lesbarhet	God	God	Akseptabel
Mulighet for å se endring	Svært god	Dårlig	Svært god
Kontroll mot fast nivå	Svært god	Akseptabel	Svært god

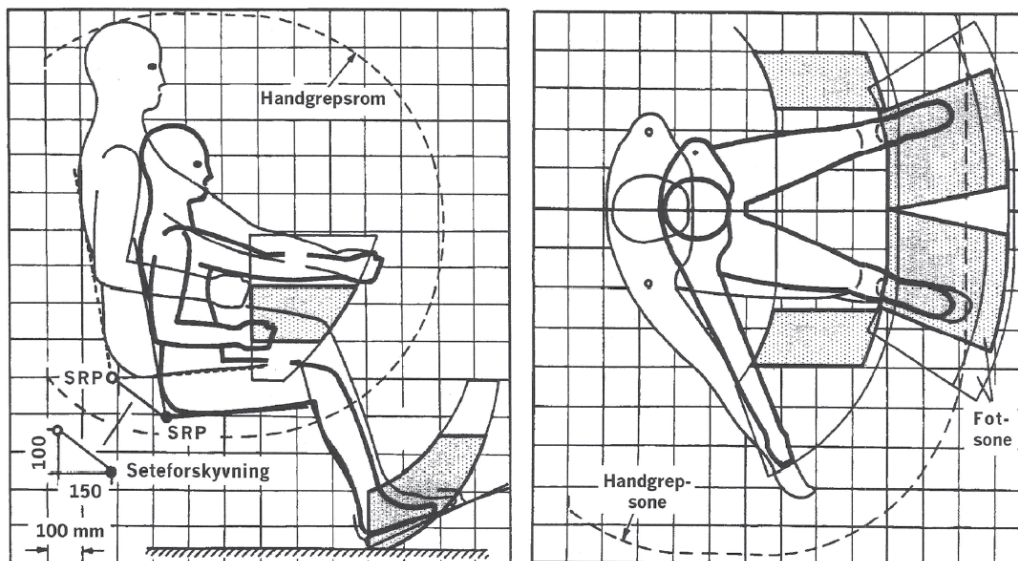
Viserinstrumenter, enten de er analoge eller datagrafiske med god kontrast har gjennomgående bra informasjonsegenskaper. Talldisplay egner seg best der man har behov for nøyaktige verdiavlesninger, men verdien må være stabile for bra avlesningskvalitet. Vertikale og horisontale søyler egner seg best for grove nivåavlesninger, men kan også utstyres med verdiskalaer. For arbeid med utvikling av kupe hos Dolphin Sky vil en kombinasjon med flere slike typer instrumenter være nødvendig, men kanskje helst som digitalt display.

4.1.8. Plassering av betjeningsorganer

Styre og rattfunksjon, pedaler, spaker, hendler og ulike former for brytere eller vrid- eller trykkbare knotter osv. hører til i denne gruppen. Disse må også følge ergonomiske tilrådinger plasseres i riktig syns og betjeningsavstand (i komfortsonen) i forhold til føreren.



Figur 4.8: Komfortsoner for plassering av viktige betjeningsorganer sett ovenfra (50).



Figur 4.8: Komfortsoner for plassering av forskjellige typer betjeningsorganer for en maskin med spesielle behov for god sikt forover og til sidene. Hver rute utgjør 10x10 cm. Handgrepsrommet i taket vil gjerne kunne utnyttes til kupelys, ventilasjonsjustering mm. (53).

4.2. Formspråk og designaspekter

Valg av formspråk og design betyr mye for måten et nytt produkt oppfattes og om det slår an i et eksisterende eller framtidig marked. Samtidig endrer gjerne slike preferanser seg over tid hos oss mennesker, og man må derfor vite litt om hvordan slike trender påvirkes og hva som ligger til grunn for dem. I formlæren snakker man gjerne om formelementer og form-uttrykk som elementer av det som kan oppfattes som et «formspråk» som f.eks. en illustrasjon eller en gjenstand uttrykker. I en geometrisk sammenheng snakker man på tilsvarende vis om «grunnformer», dvs. enkle basal-former som man kan bruke for å utvikle og sette sammen formelementer og mer komplekse formuttrykk på ulike vis både i to og tre dimensjoner.



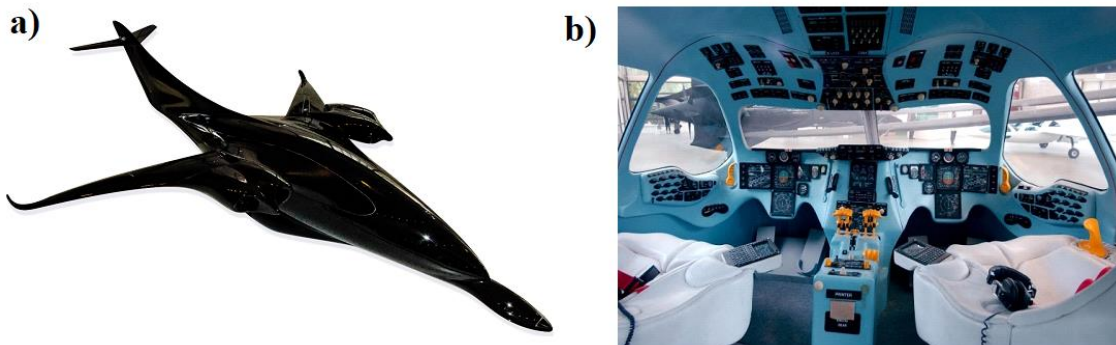
Figur 4.9: De geometriske grunnformene, trekant, firkant og sirkelrunding. Alle andre form-variasjoner kan lages med utgangspunkt i disse tre figurene og ulike kombinasjoner av dem (52).

4.2.1. Organiske former

Formspråket kan inndeles grovt i «organiske» og «uorganiske former». Det man kaller organiske former sitt utgangspunkt i sirkel, kule eller celleform, med myke runde eller slyngende linjer. Ordet organisk betyr også at man gjerne knytter slike former til naturen og til naturlige livsformer, og organisk formspråk gjerne assosiasjoner til trygghet og trivsel, men også myke verdier, varighet, vekst, småbarn og fruktbarhet mv.



Figur 4.10: Eksempler fra bruk av organisk design i utformingen av a) Kuleformet sitte-møbel (Eero Aarnio) og b) Serveringsbrett av tre for småretter, c) Moderne glasskunst 53-55).



Figur 4.11: a) Bruk av «delfininspirerte» organiske former i utformingen av futurisk passasjerfly og b) Fly interiøret med utpregete organiske formvalg (Luigi Colani) (56,57).

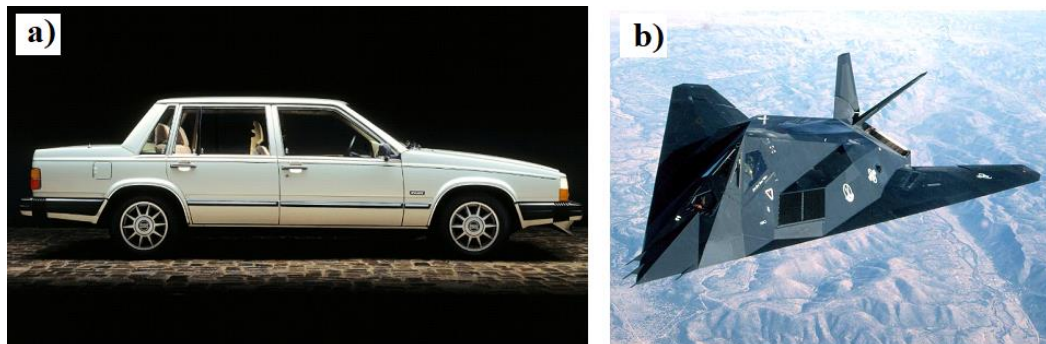
4.2.2. Uorganiske Former

Uorganiske former kalles også «mineralske» og har sitt geometriske utgangspunkt i trekant, firkant eller kombinasjoner av disse formene, slik man gjerne finner i mineralske krystallformer i naturen. De særpreges i så måte av kantete linjer og skarpe vinkler, og oppfattes gjerne som litt bastante når firkantformer får dominere designet eller aggressive med spisse trekantformer.



Figur 4.12: Uorganisk design med rette linjer og vinkler a) Hensyn til økonomi gir uorganiske bygg-design men b) likevel med variasjonsmuligheter c) Utendørsskulptur (Gert Marcus) og d til f) Uvante, men smakfulle design for møbler, service og drinkshaker (58-63).

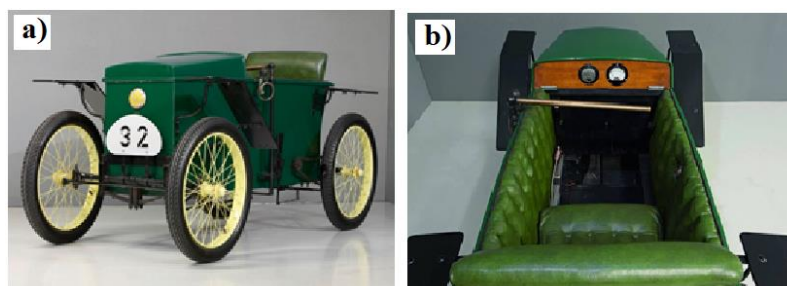
Tilsvarende finner man også mange ulike eksempler på bruk av uorganisk design i tilknytning til forskjellige typer av maskiner, der formvalget kommer både av praktiske årsaker som logistikk og plassbehov, eller mer vitenskapelig funderte grunner. Noen slike eksempler er gitt nedenfor:



Figur 4.13: a) Volvos kantete bildesign til 740 og 760-serien fra 1980-tallet forbløffet, men ble likevel en suksess, spesielt i USA-markedet fram mot 1990, b) Kanskje enda mer overaskende var designet på det første Stealth-bombeflyet, Lockheeds F-117 Nighthawk fra 1981 (64,65).

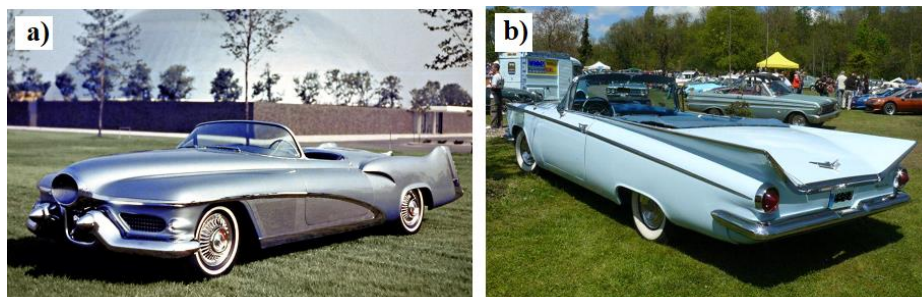
4.2.3. Utviklingstrekk og trender

Utviklingen i formvalg og design for veikjøretøy og luftfart gjennom de første tiårene i forrige århundret ble hovedsak bestemt av tilgjengelig teknologi for framdrift, og hva som var mulig å produsere med tilgjengelige materialer og verktøy til en overkommelig pris. Mulighetene var ikke så mange, og enkelthet og muligheter for standardisering og serieproduksjon ble nøkkelen til suksess. Et typisk eksempel er de første og kantete T-formmodellene til Henry Ford som bare ble produsert med ett fargevalg, nemlig sort. Men med tiden kom det nye muligheter, og valgene man kunne gjøre ble flere.



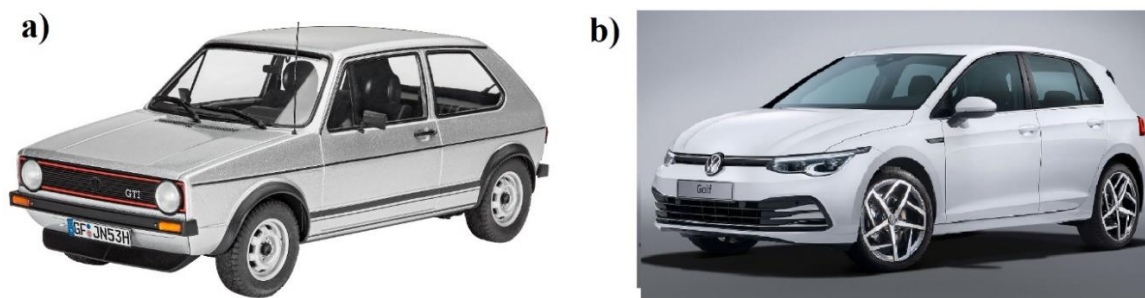
Figur 4.14: Bil-drøm med renessanse i våre egne dager: a) Slaby Beringer fra 1919 hadde 12 Volts batteridrift og regnes i dag inn i tidlig «Audi bilgenetikk» Den ble produsert i Berlin og mer enn 500 eksemplarer ble solgt fram til 1923 (66).

Økt velstand og større muligheter for kjøpervalg, men også fordeler ved å kombinere teknologisk utvikling med forsøk og eksperimentering, har bidratt sterkt til den teknologiske og designmessige utviklingen etter mellomkrigstiden. Både fartskonkurranser både på landjorda og i lufta og konflikter nasjoner imellom har også bidratt sterkt til å påvirke både kjøretøy og fly-design, og med dette også folks designpreferanser. Blant de mer ekstreme tilfellene av slik «designpollinering» fra luftfart til kjøretøyer kan nevnes både amerikanske konseptbiler og bilmodeller fra 1950 årene.



Figur 4.15: Amerikanske konsept- og produksjonsbiler fra 1950 årene med fly-gener i designet. a) Buick Le Sabre konseptbil fra 1951, b) Le Sabre i produksjonsmodell fra 1959. (67,68).

Designsykluser: Både kjøretøy og luftfartøy av ulike slag påvirkes av designtrender som utvikler og endrer seg over tid. Disse følger gjerne langvarige sykluser fra uorganisk til organisk formspråk, og så tilbake til uorganisk via ulike mellomformer, gjerne over perioder på levetiden til hele kjøpergenerasjoner. Spesielt de siste tiårene har fokus på drivstoff-forbruk gitt økt oppmerksomhet omkring luftmotstand, selv for mer vanlige småbiler med forholdsvis lave topphastigheter. Man kan se mye av dette ved de designendringene som har skjedd over de siste 30-40 årene med en av Norges mest kjøpte bilmodeller nedenfor.



Figur 4.16: Designendringer: a) Tidlig Golf i GTI-versjon fra 1980-årene (Mk 1) med nesten kubiske former, og b) åttende versjon (Mk 8), med en form-miks av rundere, aerodynamisk og organisk design, men likevel med litt uorganiske trekk knyttet til lykter og felger. (69,70)

4.2.4. Formvalg og luftmotstand

Ved designutvikling både for kjøretøyer og luftgående farkoster av ulike slag, så vel som for typiske bruksgjenstander, redskaper, møbler osv. gjelder også hovedregelen om at «form følger funksjon» hos produktet (Form Follows Function). Dette betyr man alltid må ta grundig hensyn både til indre tekniske funksjoner så vel som ytre funksjonelle egenskaper og formgiving ved utvikling av et nytt form- og produkt-design.

Ved formvalg og design for en førerkupe og en førerplass for Dolphin-konseptet vil formvalget også måtte påvirkes av forhold både knyttet til luftmotstand og oppdrift, selv ved relativt lave framdrifts-hastigheter i luften. Når det gjelder luftmotstandskraften, F_L som man vil møte ved et visst formvalg er dette gitt ved formelen (jfr. Kapittel 3, Tabell 3.3):

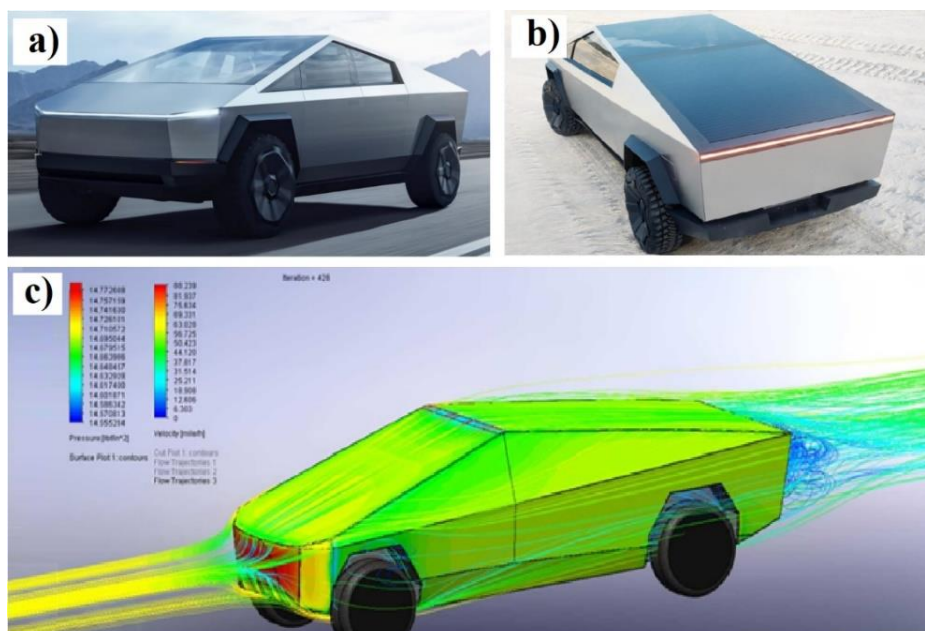
$$F_L = 0.5 * C_W * A * \rho_1 * v^2$$

Der luftmotstandskoeffisient (C_W), tverrsnitts-areal (A) og hastighet (v) er helt avgjørende. Spesielt luftmotstands-koeffisienten, vil være sterkt avhengig av selve kupeformen. Typiske verdier for C_W (Drag Coefficient) går fram av figuoppstillingen neste side.

Shape	Drag Coefficient	Shape	Drag Coefficient
Sphere	0.47	Long Cylinder	0.82
Half-sphere	0.42	Short Cylinder	1.15
Cone	0.50	Streamlined Body	0.04
Cube	1.05	Streamlined Half-body	0.09
Angled Cube	0.80		

Figur 4.17: Illustrasjon av luftmotstandskoeffisienter ved ulike formvalg, der kubiske former bør unngås, mens koniske og mer dråpe-liknede former vil ha klare fordeler (71.).

Luftstrømningsforhold og forbedringsmuligheter kan undersøkes ved å benytte seg av data-assisterte strømningsanalyser (CFD), f.eks. etter at man har etablert et foreløpig 3D-design. Et eksempel fra slike analyser for amerikanske Teslas siste elektrisk drevene nyskaping, Tesla Cybertruck er illustrert neste side:



Figur 4.18: Brutale formvalg: a) og b) Teslas Cybertruck tar bruk av trekantformer til en ny ytterlighet, men oppnår samtidig relativt lav luftmotstand i forhold til tradisjonelle USA-trucks på grunn av sterkt skrånede flater foran og bak, c) CFD-analysen viser forbedringsmuligheter i fronten (rødt felt) indikert med trykkmotstand i fargeskala (72,73.)

Omfattende CFD-analyser krever gjerne mer simuleringskapasitet enn det man kan oppnå med en vanlig PC. Med hensyn til oppdrift ved sveving forover det også en fordel med en mest mulig konisk og litt dråpe-liknede form selv om man benytter propelldrift for løft og framdrift. En liten skråvinkel/helling bakover på kupegulvet som bidrar til å fordele luftstrøm under førerkupeen vil kunne sørge for ekstra løft ettersom hastigheten økes framover (74).

4.3. Eksempler fra eksisterende teknologiløsninger

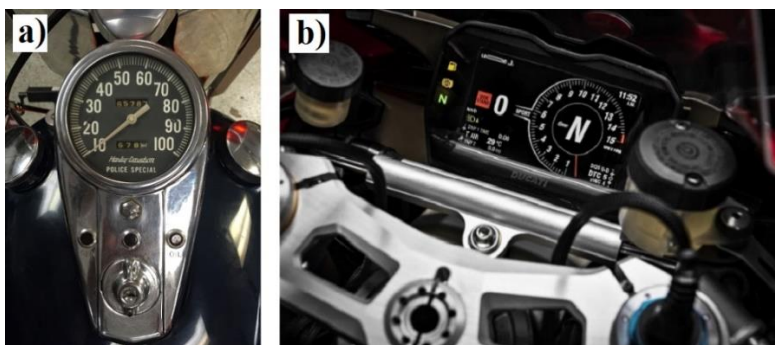
Fram til i dag har det vært en lang rekke aktører som har arbeidet med å utvikle og prøve ut ulike former for farkoster som hatt som hensikt å kombinere mulighetene for å kjøre på vei, kunne lette og fly. Men praktisk talt ingen har nådd å bli en kommersiell suksess så langt, mye på grunn av høye kostnader, hindringer knyttet til sikkerhet, lover og regelverk, og kanskje også fordi tiden for denne typen teknologier enda ikke har kommet.

For det videre arbeidet med Dolphin Sky-konseptet er det derfor viktig både å trekke lærdom av utviklingen som har skjedd, både på bakken og i lufta og skjele til løsninger som eksisterer, men samtidig også å være litt nøktern med hensyn til løsningsalternativer.

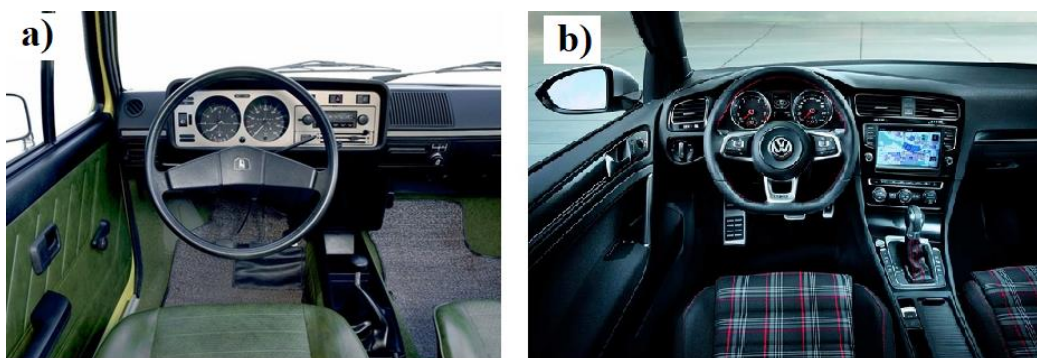
4.3.1 Historikk, digitalisering og skjermpiksler

Mennesker i vår del av verden har fulgt etter i trendene i velstands-utviklingen fra USA, og blitt fysisk noe større, bredere og tyngre siden andre verdenskrigen. Samtidig har man gradvis måttet tilpasse seter og justerings-muligheter og dimensjonene på førerkupeer til dette. Imidlertid har det skjedd langt større endringer i måten man betjener maskiner ved ulike former for servosystemer, og ikke minst en voldsom utvikling i innslag av IKT. I det følgende presenteres glimt fra denne teknologiutviklingen og eksempler på eksisterende løsninger og trender.

Standard veikjøretøyer, motorsykler og biler:



Figur 4.19: Klassisk syn fra motorsykkelsadelen på en Harley Davidson Police Special fra 1965 med vindskjerm og start-lås, lampeindikatorer for strøm og ladning, samt et robust speedometer på tanken b) En 55 år yngre italiensk fullblods racer, Ducati Panigale V4 Speedo av lettmetall og kompositt-chassis og samme funksjonene samlet på en display-skjerm (75,76).



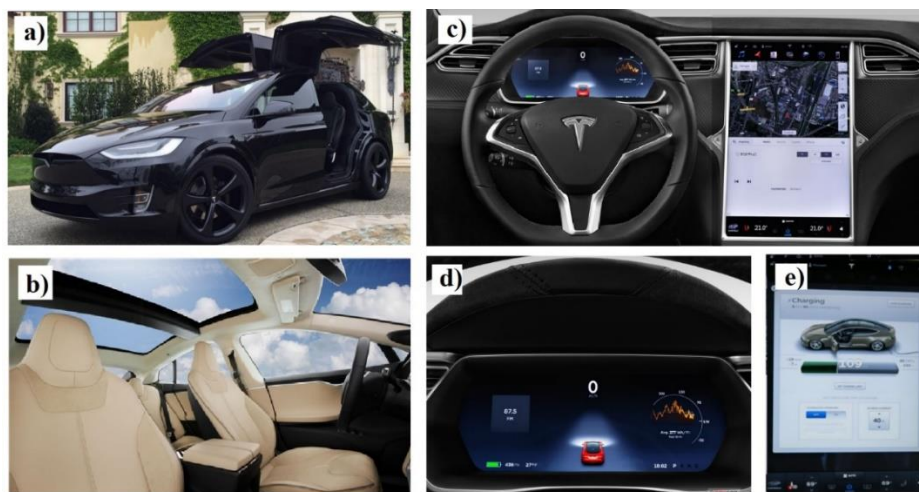
Figur 4.20: a) Klassisk VW Golf interiør fra 1970-tallet med «kasseform», enkelt plaststoffinteriør og bare essensielle instrumenter, b) Golf fra 2019, mer kupeplass, organiske former, økt sittekomfort, ny IKT (navigering, parkerings-assistent, telefoni osv.), digitale info- og varselsystemer, rattbetjening av digital-teknikk og funksjonsvalg osv. (77,78).

Det minimalistiske kontra det ekstreme:



Figur 4.21: Ytterligheter, men begge med fire hjul, tenningslås, ratt, speedometer og varsellamper. Begge får deg hjem. a) og b) Minimalistiske Zagato Zele 1000 fra 1974, c) og d) Superbilen Lamborghini Aventador fra 2019. I en fullblods Lamborghini til flere millioner kroner spør kunder heller ikke etter skjerm for underholdning i baksetet (79,80).

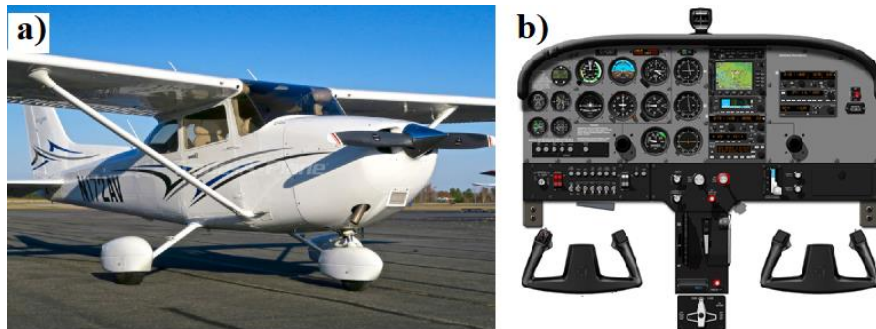
Full-elektrisk og digitalt hele veien:



Figur 4.22: a) og b) 2019 Tesla modell X med måkevingedører, amerikanske rommål og batteri-elektrisk drif. c) til e) Fulldigitalisert interiørteknolog med en hovedskjerm for viktige kjøreopplysninger og sideskjerm for navigasjon, og visuell informasjon. (70).

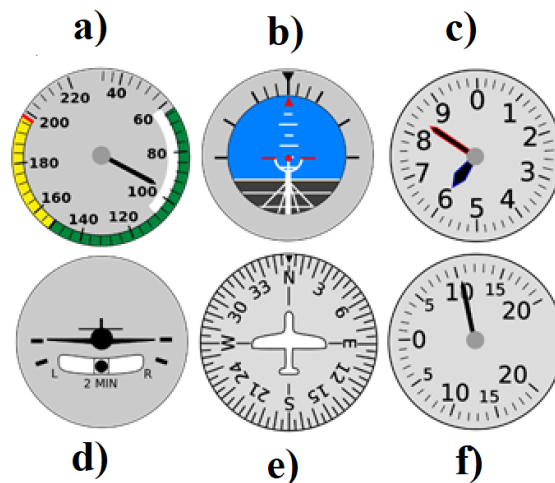
4.3.2 Spesielle løsninger knyttet til luftfart

Farkoster som skal ferdes i løse lufta krever både spesielt kupeløsninger og ikke minst instrumentering og betjeningsanordninger. Det skal derfor vies litt ekstra oppmerksomhet til noen sentrale elementer i ulike typer cockpitutrustning.



Figur 4.23: Illustrasjon av førermiljø hos a) Cessna 172 (Skyhawk) 4-seter er blitt det mest populære småflyene gjennom tidene. b) Instrumentering med ekstra rattspak for nød-styring. (81,82)

Viktige hovedinstrumenter og indikatorer:



Figur 4.24: Hovedinstrumenter i en fly cockpit ved omtrent horisontal flyging: a): Hastighetsmåler (viser 90 knop), b) Kunstig horisont (viser horisontal vinger og litt høy nese), c) Høydemåler (viser 5900 fot). d) Svingeindikator, e) Gyrokompass og f) Stigningshastighetsmåler som viser vertikal stigning (83).

Digitalisering, displays og IKT-systemer:

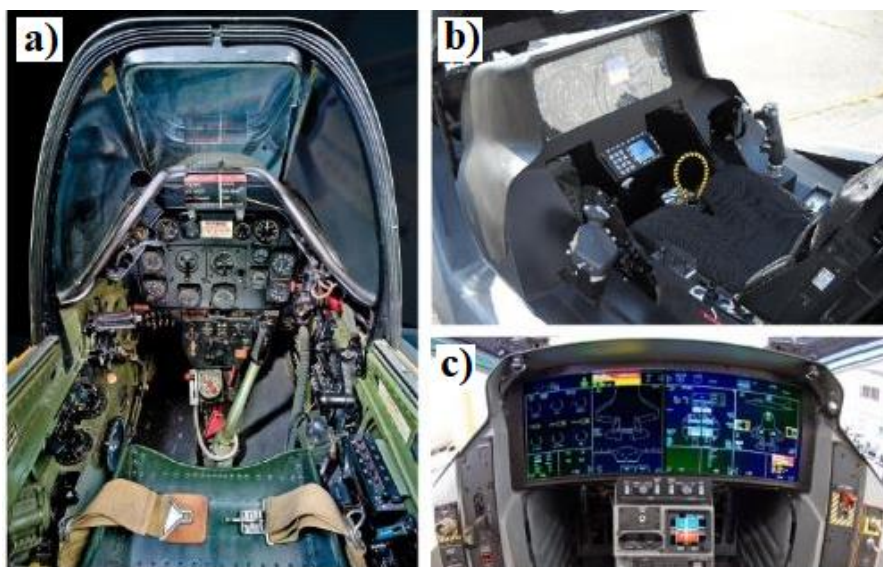
Digitalisering både av styrings-systemer (fly by wire) og instrumentering har gjort sitt inntog hos fly på samme måten som hos biler. Her skal det bare vises noen eksempler på dette:



Figur 4.25: a) Cessna Denali (2019) er en flymodell med plass til fire til seks passasjerer b) Glimt inn i interiøret, med fulldigitaliserte displays og informasjonsteknologi (84).

De raskeste og dyreste i klassen:

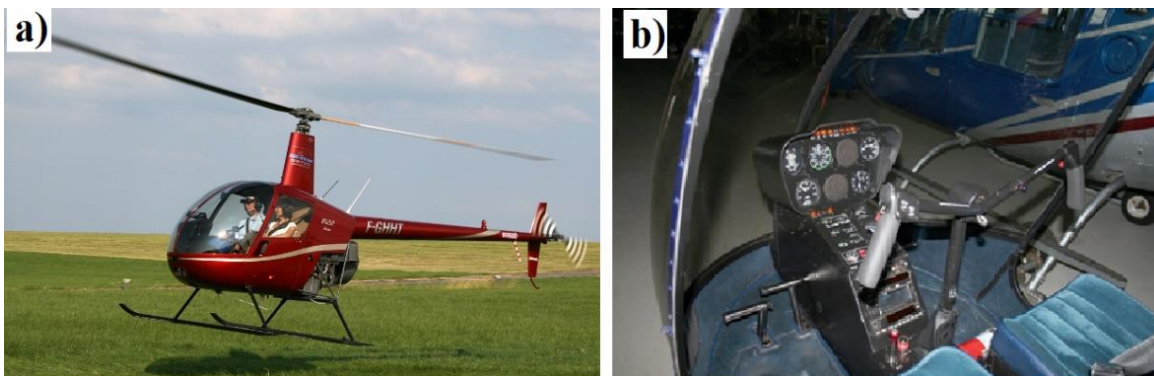
Militære jagere ligger litt utenfor det man bør strebe etter i et prosjekt som dette, men representerer de ypperste både innen tidligere tiders og dagens flyteknologi.



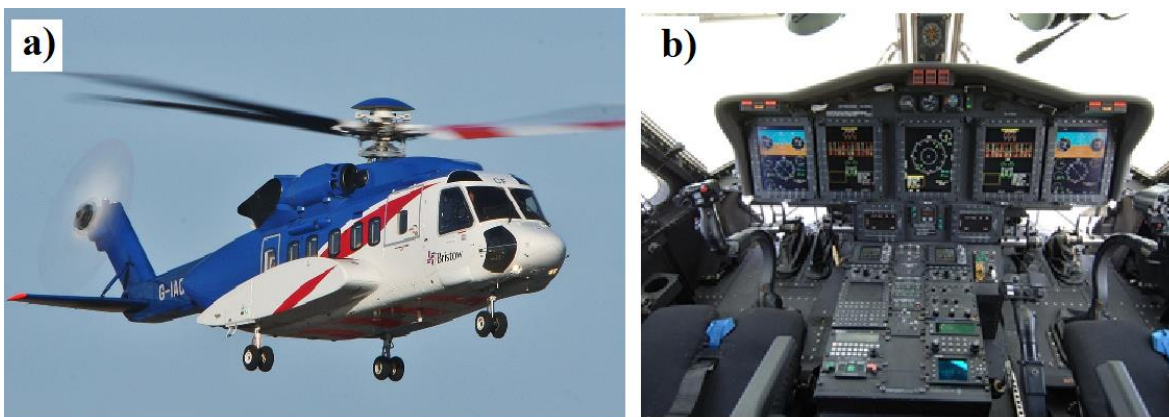
Figur 4.26: Krigere i luften: a) North American P51D Mustang fra 1945. b) og c) Lockheed Martin F-35 Lightning II som kjøpes inn til det norske luftforsvaret. (85,86).

Luftfarten arbeidshester – helikoptrene:

Et helikopter er kanskje det nærmeste av eksisterende teknologi man kommer med hensyn til de tekniske løsningene og behovene man vil møte ved design av Dolphin Sky. De to øverste modulene som omfatter førerkupe og en sveveanordning vil i praksis være en form for helikopter, men med en forgreining til seks mindre løftepropeller i stedet for bare en stor og kontrarotasjonspropell i bakenden.



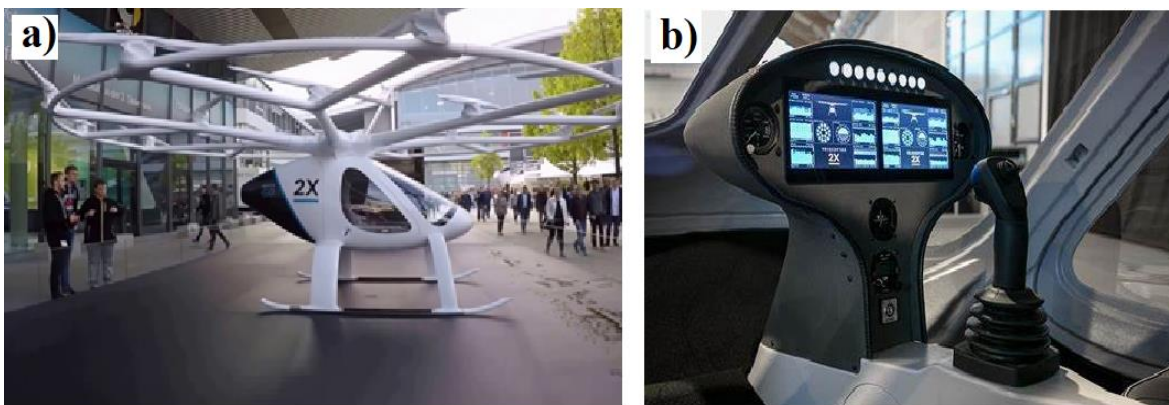
Figur 4.27: Lett og enkelt: a) Robinson R22 Beta er et lite og lett to-seters helikopter som er blitt bygget i Torrence California USA, og levert nærmere 5000 eksemplar siden 1979. b) Interiøret er basalt og instrumenteringen bare det man trenger for bruk enkel daglig bruk, f.eks. ved tilsyn av kvegflokker på en større amerikansk ranch (87).



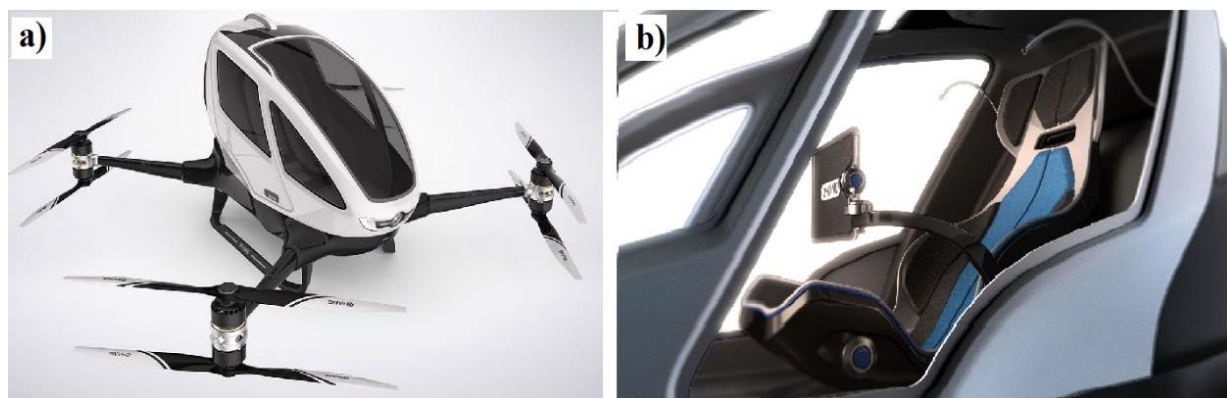
Figur 4.28: Stor og solid: a) Sikorsky S-92 er et to-motors middels tungt helikopter produsert i Florida USA gjennom mange år. b) Både grunnkonstruksjon og førermiljø har sterkt fokus på sikkerhet, og helikopteret benyttes bl.a. av CHC Helikopterservice for persontransport og fraktoppdrag i tilknytning til oljevirksomheten i Nordsjøen. (88).

4.3.3. Trekk fra nye luftfarkoster og konsepter

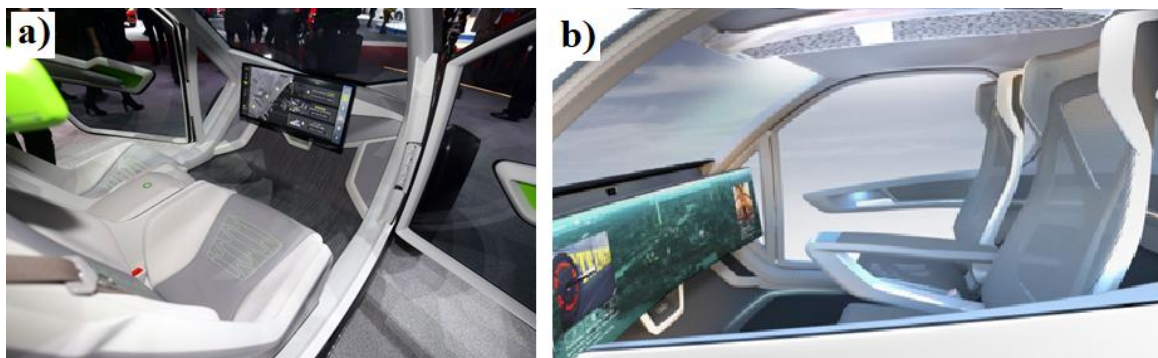
Gjennom de senere årene er det kommet til en rekke nye typer av små luftfarkoster som er i ulike trinn av utvikling, fra fly-helikopter hybriden PAL-V til Airbus fra Airbus Pop.Up som er nevnt tidligere. Likeledes Volocopter 2X og Ehang 181 som nylig har vært i en godkjenningssprosesser hos nasjonale luftfartsmyndigheter. Andre er på konseptstadiet, og før man går videre skal det fokuseres litt nærmere på kupeløsninger, førermiljø og trender man kan se hos et avgrenset utvalg av disse.



Figur 4.29: a) Volocopter 2X likner mye på et lite helikopter, men mangler bakpart med kontrarotor og er i stedet utstyrt med en fastmotor-ring med 18 elektrisk drevne propellmotorer, b) Styring skjer på «helikopter-vis» med elektrisk spak og digitalt førerdisplay med funksjonsvalg. (89).



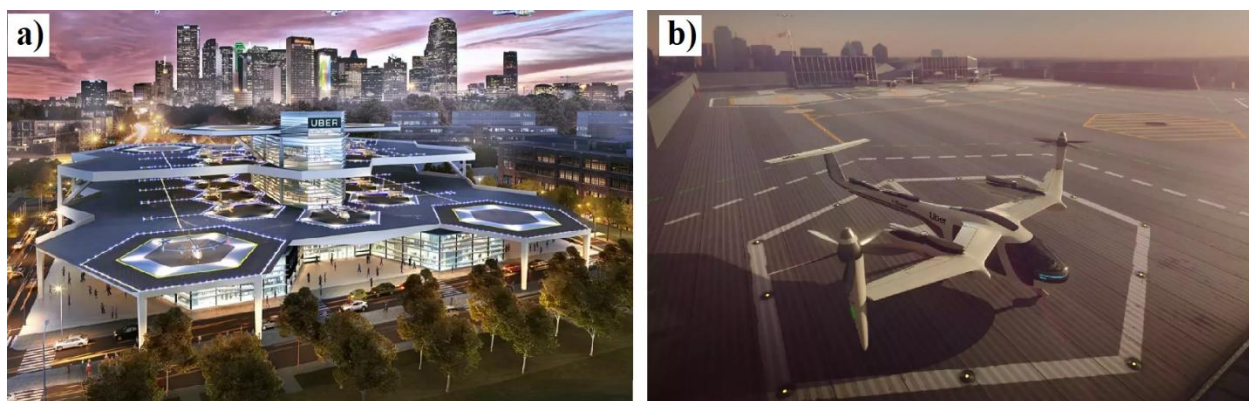
Figur 4.30: a) Ehang 184 er et kinesisk dronekonsept og ble lansert i en tidligere versjon i 2014 med første flytur i 2016. b) Den er tenkt som en autonom «luftdrosje» i større byer og uten manuell betjening (90).



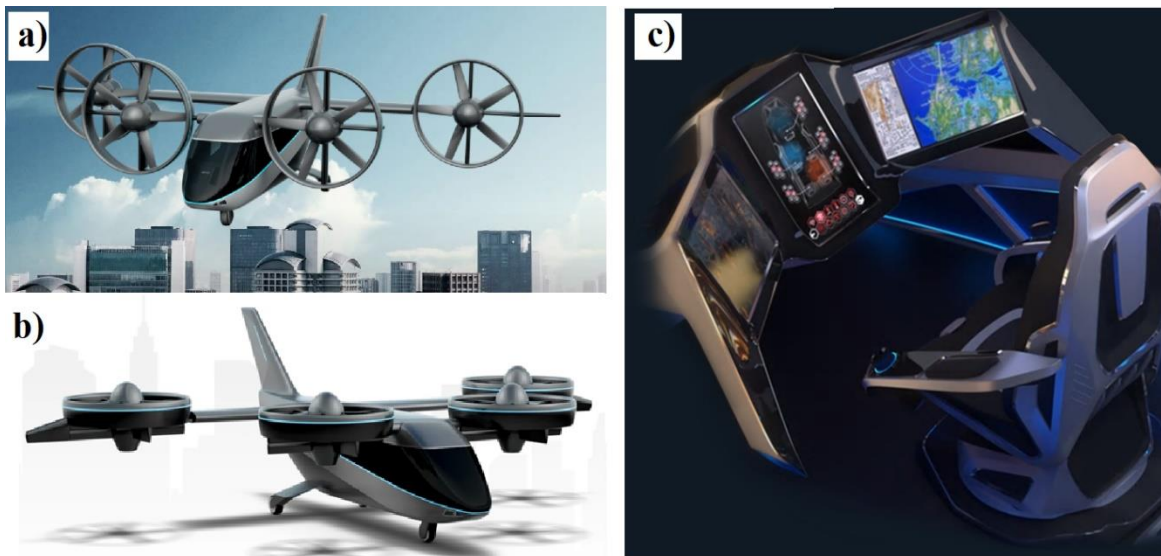
Figur 4.31: Pop.Up er et hel-autonomt dronekonsept uten ratt, spaker eller pedaler: a) Interiør med lite infodisplay fra Italdesign og Airbus på Genève utstillingen i 2017, b) Bred kupeskjerm designet til oppfølgeren Audi Pop.Up Next i 2018 med større utvalg av info- og underholdningsfunksjoner (10, 11).

Flere nye former for autonom drone-teknologi med det siktemål å kunne dekke behov både innen vare og persontransport i urbane sammenhenger utvikles nå bl.a. i regi av store multinasjonale transportaktører som Uber, Bell m.fl. Men foreløpig er ikke så mye kjent av tekniske detaljer fra dette konseptutviklingsarbeidet.

Nedenfor vises helt til slutt noen konsepteksempler fra prosjektene «Uber Elevate» og «Bell Nexus»:



Figur 4.32: Taxi-giganten Uber sine drosjevisjoner for framtiden: a) Uber lufttaxisentral med heli-pads og luftdrosjer, b) Vertikal-landing med Uber-Elevate, tydeligvis designet for høyere hastigheter og lengre flyturer (Jfr. Vingene) enn de forutgående eksemplene. Prosjekt Uber jobber med som de håper skal slippes 2023 og kunne være «en grønn løsning» på kollektiv reise i urbane områder (91).



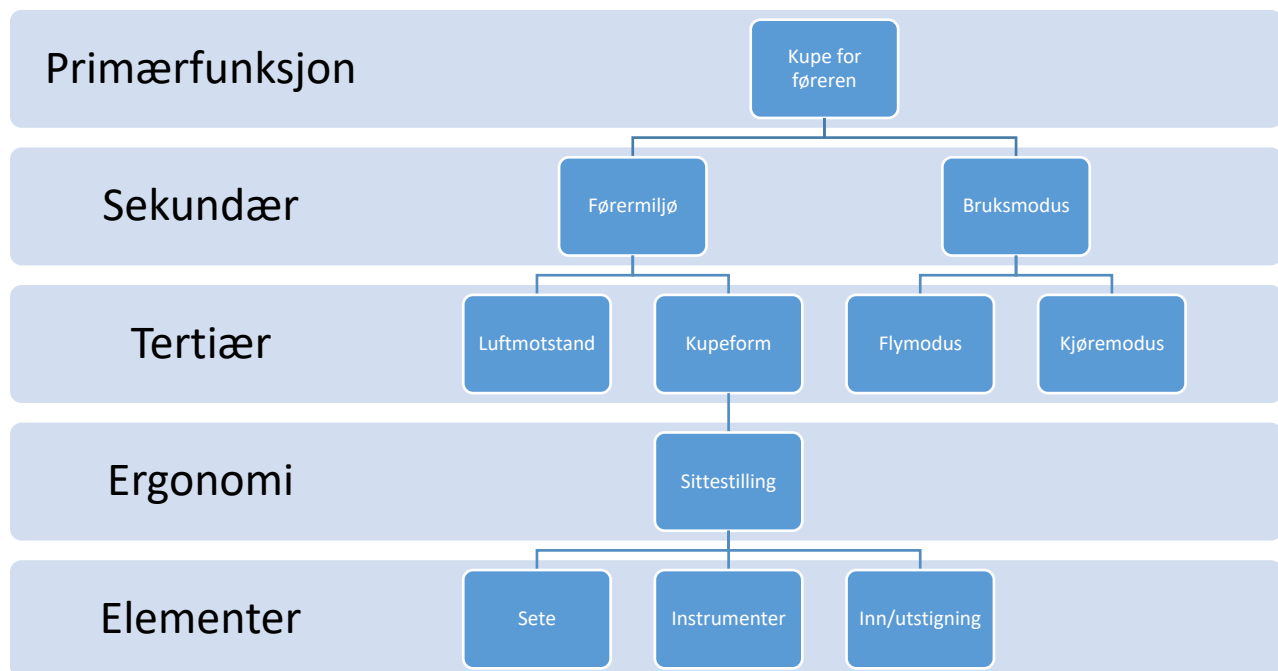
Figur 4.33: Helikopterprodusenten Bell sitt Nexus-konsept. a) og b) Designet som flykropp men med vertikal landing, fortrinnsvis med el- drift, men også hybridløsning. C) Nexus vil kunne fungere autonomt og styres med AI, men også gjennom bakkekontroll av en kombinasjon av det vi dag tenker som en pilot og en flygeleder på bakken (92).

5. FUNKSJONER OG SPESIFISERING

I dette kapittelet skal jeg gjøre rede for hovedfunksjoner mål og krav på produktet samt metriske grensespesifikasjoner. Kravene og målsettingene vil delvis være basert på tidligere Dolphin arbeid og ergonomiske anbefalinger.

5.1. Funksjonsanalyse for produkttypen

Innledningsvis gjennomføres det en rask funksjonsanalyse av sentrale funksjoner og elementer som vil inngå i det videre arbeidet av konseptgenereringen.



Figur 5.1: Grov funksjonsanalyse for Dolphin Sky med trinn og sentrale elementer.

5.2 Produktmålsetting

Hovedproduktmål er som følger (Customer's need's):

«Førerkupe og førermiljø skal tilfredsstillere ergonomiske krav, ha en innbydende framtidsrettet form og design, og skal kunne integreres i et helhetskonsept for Dolphin Sky.»

Følgende delmål inngår i oppfyllingen av hovedmålet:

- Et design som appellerer til framtidige kunder
- Ergonomisk korrekt i henhold til sitteplass, sikt og betjeningsorganer
- Lav kompleksitet, lett og rimelig å bygge
- Design av cockpit og sikkerhetsstruktur skal være integrert, av hensyn til sikkerhet.

5.3. Rangering av viktige produkttegenskaper

I denne tabellen vil jeg vektlegge forskjellige ting for produktet, der 1 ikke er viktig og 5 er veldig viktig.

Tabell 5.1: Rangeringen av produkttegenskapene med 1-5, hvor 5 er veldig viktig.

Egenskap	Beskrivelse	Vekting	Begrunnelse
Funksjonalitet	Hvor godt produktet utfører oppgaven den er designet for.	5	Skape et godt rykte for et produkt som leverer og fungerer over lengre tid.
Ergonomi	Produktet skal være behagelig å bruke for kunden og ikke medføre smerte.	4	Skader eller senskader samt ubehag er ikke en positiv tilbakemelding en vil ha fra kunde som kan føre til negativ image om Dolphin Sky
Estetisk design	Produktets utseende	4	Bruker/kunder føler seg tiltrukket til produktet. Skape image rundt designet som skaper interesse
Vekt	Produktet vekt skal være lavest mulig	3	Mindre vekt medføre mindre energi som kreves for å løfte fartøyet, som gir mulighet for lengre flytid eller mindre batteri/motor som trengs.
Sikkerhet	Produktet skal være sikkert å bruke	5	Brukeren skal føle seg trygg i produktet når det benyttes og ikke påføre frykt.
Kostnader	Produktet skal koste så lite som mulig	3	Slike produkter medfører ofte kostnader rundt delene som ofte er dyre og det samme gjelder prosessen rundt siden det er ofte mye arbeidstimer som går med for å ferdigstille et slikt prosjekt

Tabell 5.1 Forts

Egenskap	Beskrivelse	Vekting	Begrunnelse
Vedlikehold	Det skal være lett å vedlikeholde produktet	3	Av sikkerhetsgrunner vil det være nødvendig med vedlikehold og sjekk av forskjellige deler og overflater.
Sikt	Føreren må ha god sikt fra ut fra kjøretøyet. Dette er viktig da føreren må ha god sikt.	4	Med god oversikt har føreren mer kontroll og kan reagere raskere skulle noe uventet skje.
Aerodynamikk	Senker energiforbruket. Lav luftmotstand senker energiforbruk.	3	Dette gjør at det kreves mindre energi som kan forlenge flyturer mellom hver ladning samt medføre en roligere flytur.
Realistisk	Konseptet er gjennomførbart	4	Selv om designet kan se fremtidsrettet ut må det være gjennomførbart ved at det ikke bygger på teknologi fra en Sci-Fi serie.
Originalitet	Det å skille seg ut ifra en mengde design som har kommet de siste årene for slike produkter	5	Det er viktig å gå litt mot strømmen for å skape noe nytt og noe eget.
Kompleksitet	Flere deler gjør produktet mer kompleks. Komplekse løsninger er ofte dyrere.	3	Selv om den er en designoppgave er det fortsatt viktig å ikke gjøre produktet for komplekst. Dette kan medføre at det blir dyrere å produsere på grunn av produksjon og timer.
Moderne	Bør ha et moderne preg og følge trender.	4	Ved at det er moderne gjør det lettere å gli inn i markedet enn hvis den ser ut som den er produsert på starten av 1900-tallet.

5.4. Metriske grensespesifikasjoner, variasjonsbredde

Tilrådninger fra ergonomien:

I det følgende blir det brukt antropometriske mål og verdier til å tilpasse best mulige spesifikasjoner for kodeløsningen til Dolphin Sky.

Tabell 5.2: Designerverdi for en 99-prosentil-mann, og for en nødutgang på fly (50)

Måleparameter	Designverdi
Vekt 99 prosentil mann	111,2 kg
Høyde 99 prosentil mann	1920 mm
Skulderbredde 99 prosentil mann	523 mm
Minste bredde nødutgang fly	560 mm
Foretrukket bredde nødutgang fly	610 mm
Minste høyde nødutgang fly	790 mm
Foretrukket høyde nødutgang fly	815 mm

Dimensjoner på kupe:

Tabell 5.3: Metriske grensespesifikasjoner for førerkupeen. (50)

Størrelse faktor	Min (mm)	Max (mm)
Lengde	1510	1900
Høyde	1210	1750 *)
Bredde	900	1100
Lengde Fot støtte	380	500

*) Med høy sittestilling

Dimensjoner på dører:

Tabell 5.4: Metriske grensespesifikasjoner for dørene på kjøretøyet/fartøyet (50)

Størrelsesfaktor	Min(mm)	Max(mm)
Innstigningshøyde til tak	1120	1650
Hoftebredde	440	750
Skulderbredde	525	680*)
Magestørrelse	350	550
Bryst	306	500

*) Etter en islandsk vektløfter, H. J. Björnsson.

Dimensjoner på fører sete:

Tabell 5.5: Metriske grensespesifikasjoner for fører setet (50)

Størrelsesfaktor	Min (mm)	Maks (mm)
Setelengde*	450	700
Setebredde	550	625
Høyde seterygg*	635	1250
Høydejustering korsryggstøtte*	178	300
Klaring mellom ratt og lår	165	250

*Måles fra setereferansepunktet (SRP)

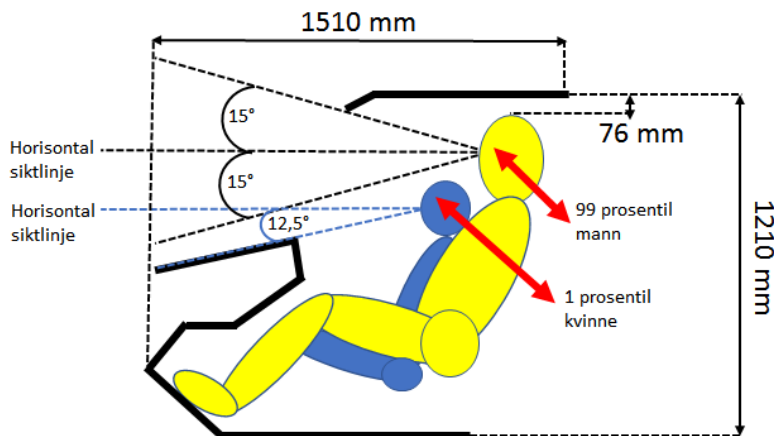
Dimensjoner på instrumentpanel:

Tabell 5.6: Metriske grensespesifikasjoner for instrumentpanelet basert på siktsoner (50)

Størrelsesfaktor	Min (mm)	Max(mm)
Bredde primærdisplay	395	750
Total displaybredde, sekundær og primær	400	925
Høyde	380	525
Siktavstand display	500	775

5.5. Metriske grovspesifisering for produkttypen

Nedenfor illustreres valg av grovspesifisering av dimensjoner basert på siktsoner og lav sitte posisjon.



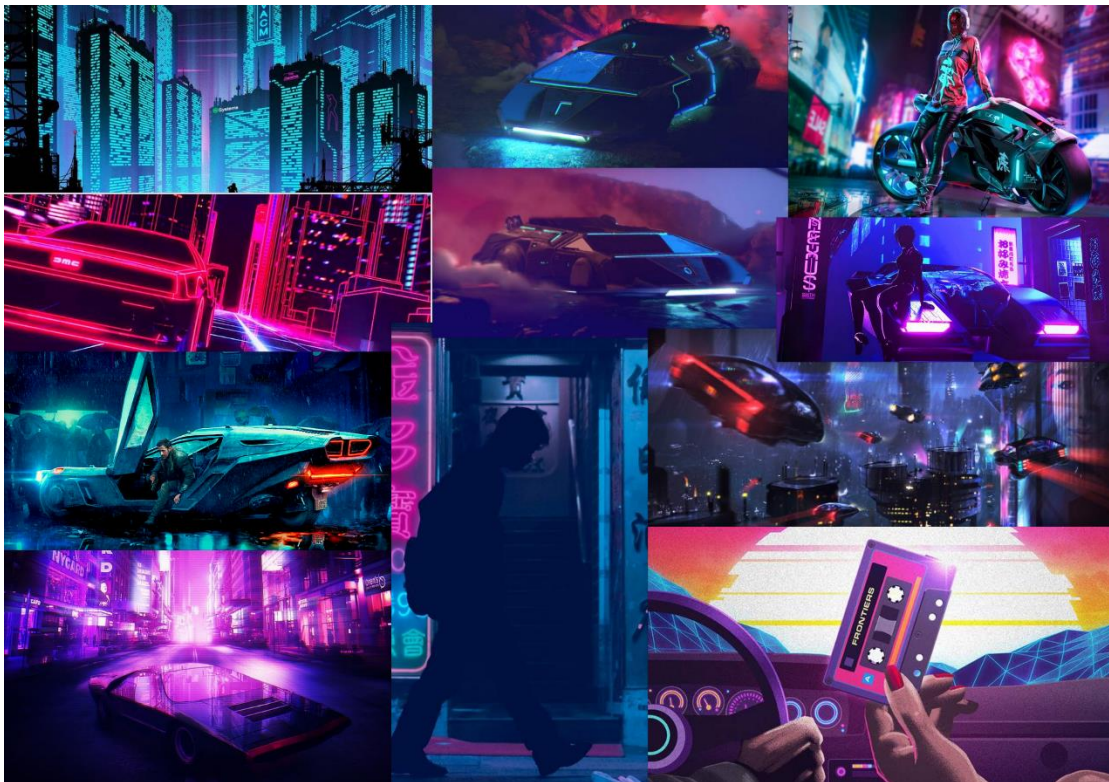
Figur 5.2: Ergonomiske anbefalinger for kabindimensjoner slik at en 99-prosentil-mann skal kunne sitte komfortabelt med god utsikt. Likeledes hvordan 1 prosentil kvinne skal kunne ha optimal utsikt (50).

6. KONSEPTGENERERING

I dette kapittelet legges grunnlaget for design og løsningsutredning, det vil bli lagt vekt på både på futuriske og funksjonelle designløsninger basert på inspirasjons kilde og egne kilder.

6.1. Design og forminspirasjon

Nedenfor introduseres denne biten med det som kalles et «moodboard», det vil si kolasj for å sette stemning.



Figur 6.1: Moodboard av Cyberpunk sjangeren med bilder fra forskjellige filmer som Blade Runner, TRON og Ghost In The Shell. Cyberpunk er en genre innenfor science fiction, som kom i 1980-årene. Handlingen finner oftest sted i nær fremtid på jorden, gjerne i et dystopisk, urbant samfunn. (93-102)

Cyberpunken er i hovedsak rettet mot datamaskiner og IKT, men også ekstraordinær energi og mangfold. Dette er et resultat av selvkorrigerende i science fiction-genre, som tradisjonelt hadde ignorert betydningen av informasjonsteknologi.

Denne litt dystopiske verden har blitt kalt for antitesen til de utopiske science fiction-visjonene som Star Trek er et godt eksempel på. I cyberpunk utspiller store deler av handlingen seg online, og skillet mellom den virkelige og den virtuelle verden kan bli noe diffus. Noen teoretikere ser på cyberpunkhistorier som fiktive prognoser for Internettets utvikling. Internettets virtuelle verden forekommer under ulike navn, som *Cyberspace*, *The Metaverse* og *The Matrix* men det kan også sees som en potensiell fremtid i Dolphin Sky. (103)

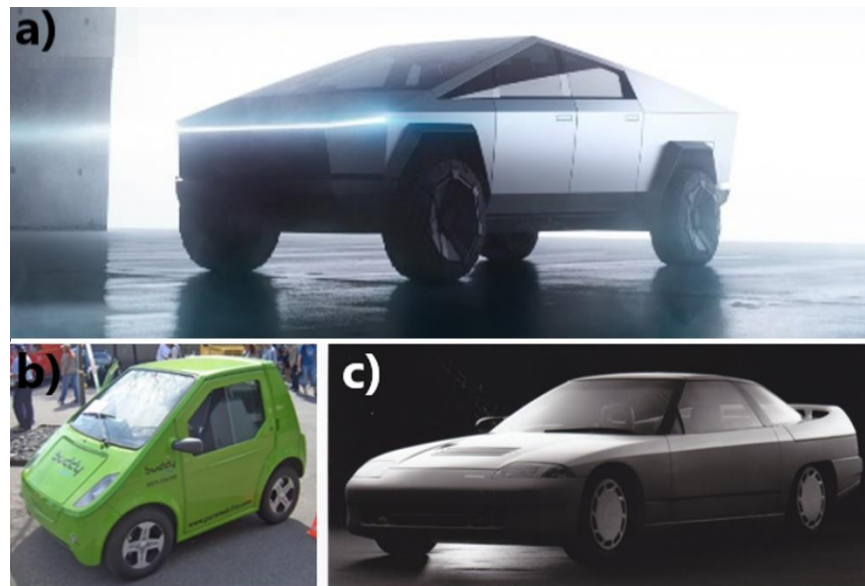
Ytre form:

Hus og hjem: Et hus kan si mye om personen som eier det. Det kan være formen, fargen eller prisen. Er du velstående? Moderne? Konservativ? Arkitektur viser utviklingen i trender. De siste tiårene har funksjonalisme gjort sitt inntog med rene linjer.

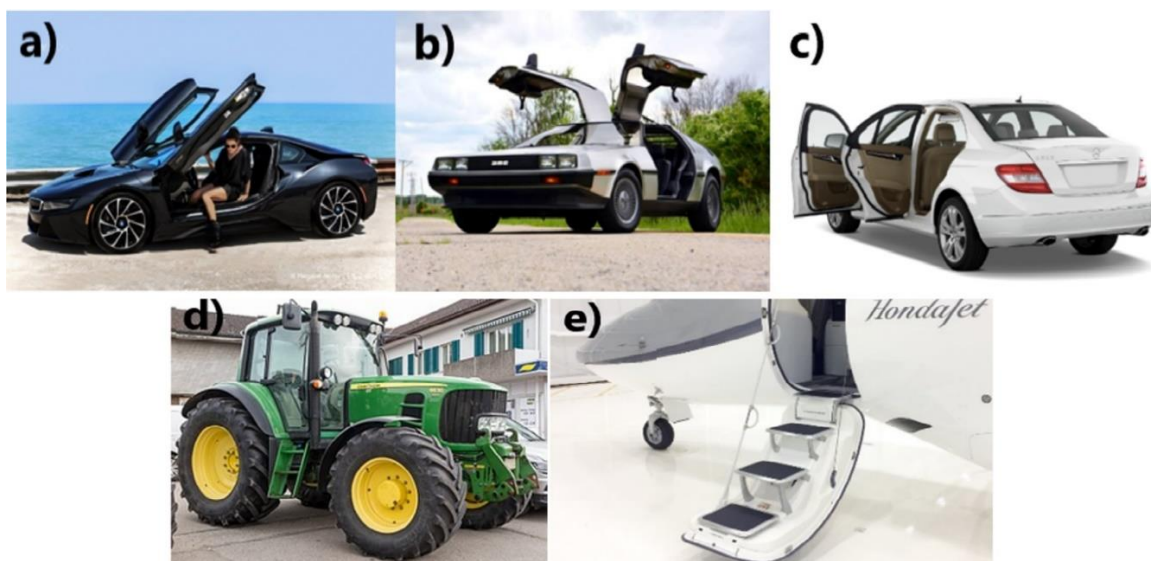


Figur 6.2: Hus og bygninger som de siste tiårene følger en arkitekttrend med uorganiske former. a) og b) Nye hus som følger funksjonalisme om hvordan utsiden av huset skal se ut, dette er mer rette og sterile linjer. c) Det nye Munch-Museet som er ferdig 2020, skapte mye oppmerksomhet grunnet sin form. d) Det samme kan sies om Operaen i Oslo da den var ny. (104-107)

Bil og transport: Bilformene kan reflektere hva som er populært i samfunnet vi lever i, det viser ofte trender innen former. Bilindustrien er en av de største i verden og jobber konstant med forbedring av design, former og materialvalg. Det siste århundret har fokuset i større grad vært rettet mot sittestilling, sikt og sikkerhet enn noen gang tidligere.



Figur 6.3: a) Tesla Cybertruck med sine harde uorganiske former skapte mye oppmerksomhet med sin fremtidsrettete kantete form. b) Buddy Electric, lite og kompakt norsk kjøretøy som er et miljøvennlig alternativ for urbane strøk. c) Mazda MX-03 med en blanding av uorganiske og organiske former. (72,108,109)



Figur 6.4: Prosjektinspirasjon. a) Scissor Doors, for eksklusive og dyre kjøretøy. b) Gullwing doors, fra filmserien «Back to the future» fra 80-tallet. Finnes også hos Tesla i dag. c) Vanlig fronthengslet dør. d) Høye traktordører av glass for god sikt. e) Mellomstore fly pleier å ha dører som åpner seg loddrett. (110-114)

Dører og bevegelse: Dører er et spennende konsept. Det finnes mange forskjellige typer dører som avhenger av hva fartøyet skal brukes til. Dørenes utseende, form og type påvirkes av trender og har utviklet seg gjennom tidene. Hvis noen har en annen dørtype enn den klassiske 90° døren skiller bilen seg fort ut.

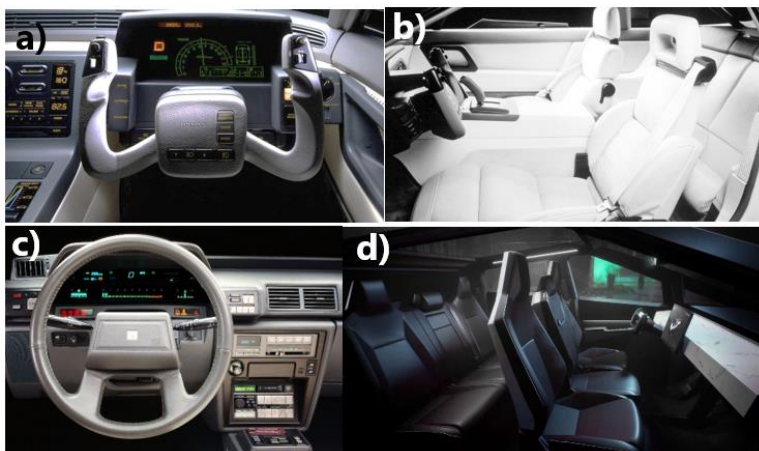
Indre og ergonomiske former:

Spillkonsoller og fritidssysler: En kan se på spillkonsoller hvordan former og trender inspirerer. De første konsollene som kom på 1970-tallet hadde en simpelt uorganisk utseende. Dette da utviklerne ikke hadde store budsjetter og dette var lettere å produsere. På 1990-tallet endret designet seg til mer organiske former. Noe som har skjedd siden 2010 er at mange av produsentene igjen har fokusert på uorganisk design. Dette fremgår tydelig av designet til de siste modellene til Playstation og Xbox.



Figur 6.5: Bilder av utviklingen til formene av konsoller fra de tre største produsentene Sony, Microsoft og Nintendo. En kan her se at selve formen til konsollen har gått fra å være organiske til uorganisk, mens kontrollene har holdt på organisk design på grunn av ergonomien og hvor godt kontrollen skal ligge i hendene under bruk. a) Playstation (PS). b) Playstation 4 (PS4). c) XBOX 360. d) XBOX Series X. e) Nintendo Entertainment System (NES). f) Super Nintendo Entertainment System (SNES) g) Nintendo 64. h) Nintendo Switch. (115-120)

Ratt, interiør og dashboard: Former og design innen ratt, interiør og dashboard har utviklet seg fra å være en styrepinne til det vi er vant med i dag. På starten var det mye eksperimentering av former og plassering av de forskjellige instrumentene. Nå er det meste digitalt med mye fokus på den ergonomiske utformingen.



Figur 6.6: Diverse inspirasjonskilder for ratt, interiør og Dashboard. a) Ratt og dashboardet til Mazda MX-03 med ratt som er veldig tydelig inspirert av kommersielle fly. b) Sete og interiøret til Mazda MX-03 som har gått for en lengre stol og høyt feste til rattet. Setene deler uorganiske og organiske former. c) Toyota Cressida 1984 sitt ratt og dashboard. Sammen med Mazda MX-03 deler de en fremtidsrettet utseende på dashboardet med fravær av vanlige analoge instrumenter. Toyota har gått for ett mer vanlig ratt men med sterke uorganiske former. d) Interiør, seter, ratt og Dashboard til Tesla cybertruck som er digitalt, minimalistisk å bære preg av fokus på uorganiske linjer. (72,121-123,)

6.2. Form og funksjonsalternativer med skisser

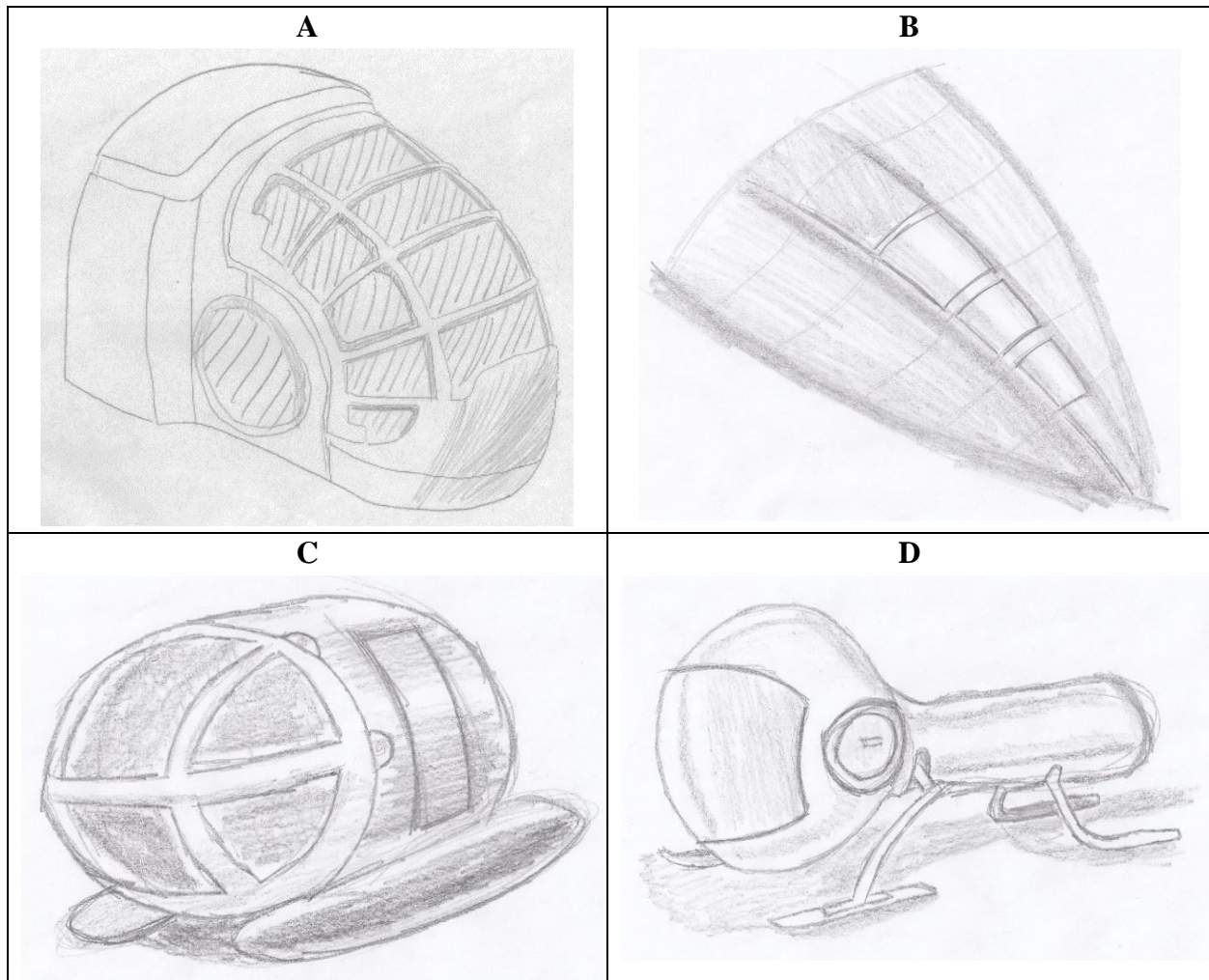
Skisser er en viktig del av idemyldringen som har vært nødvendig i dette prosjektet. En kan da visualisere ideer du har til andre, som gjør det lettere å diskutere og utvikle de forskjellige formene og funksjonene.

6.2.1. Mulige kupeformer

I det følgende vil de ulike kupeløsningen som er skissert bli presentert. Formene som er benyttet er organisk, uorganisk og en blanding av disse to.

Organisk:

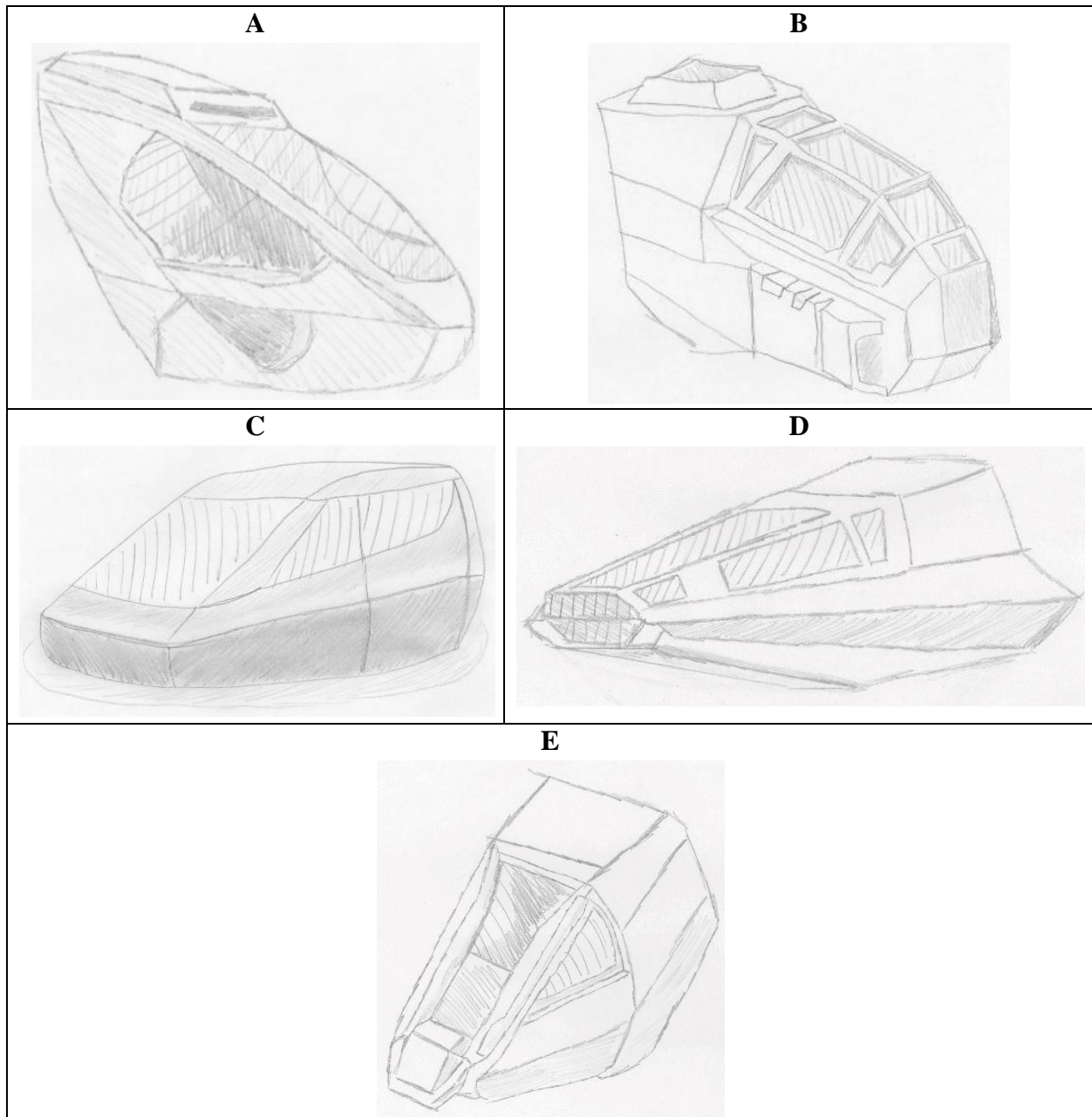
Organiske former følge naturlige slyngende linjer slik en gjerne finner i planteriket og i havet. Her fikk jeg mye inspirasjon fra ubåter og flyvende fartøy. Disse er formet for å redusere motstand under vann og i luften.



Figur 6.7: Eksempler organisk ideer til kupeløpsning

Uorganisk:

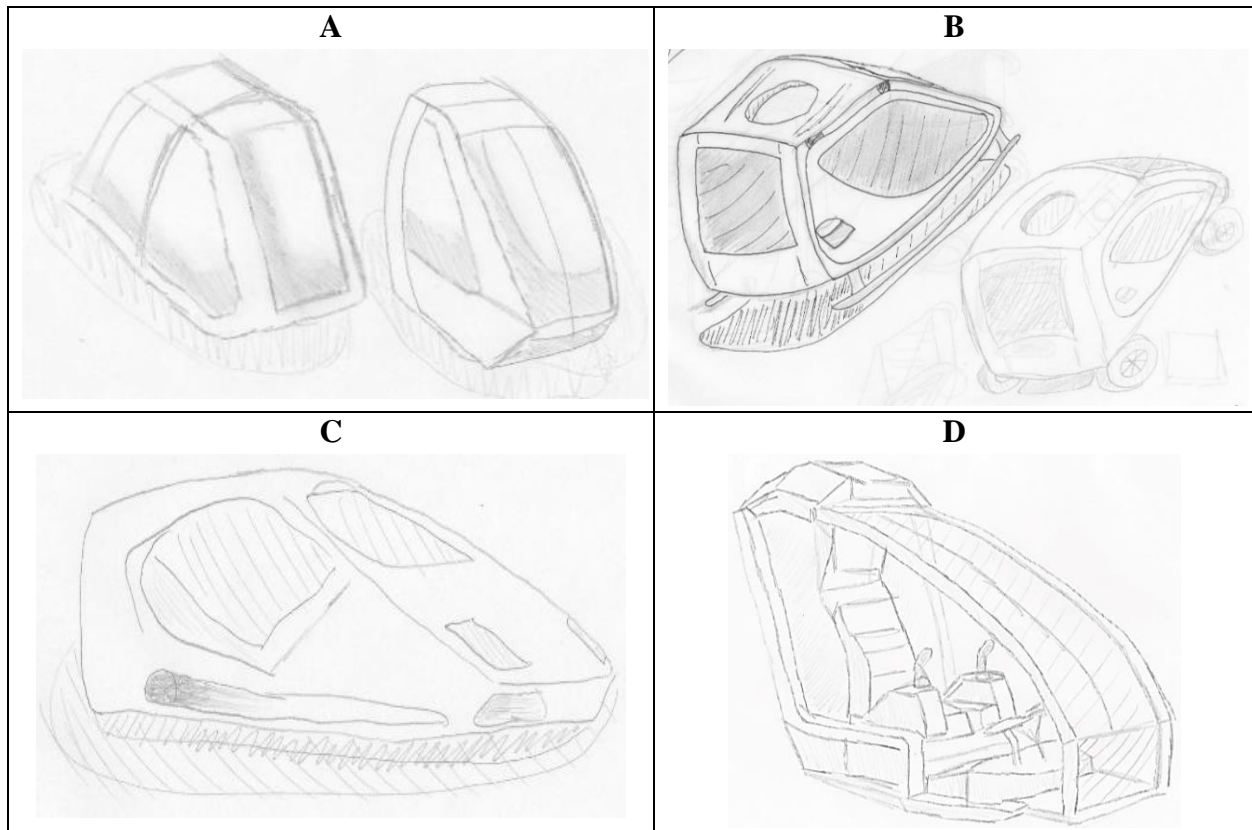
Uorganiske former fokuserer på harde og rette linjer slik en finner i krystaller og bergarter. Dette synes jeg er en mer spennende form da er mindre vanlig hos kommersielle fartøy. Meste av inspirasjonen er hentet fra science fiction.



Figur 6.8: Eksempler uorganisk ideer til kupeløsning

Kombinasjon:

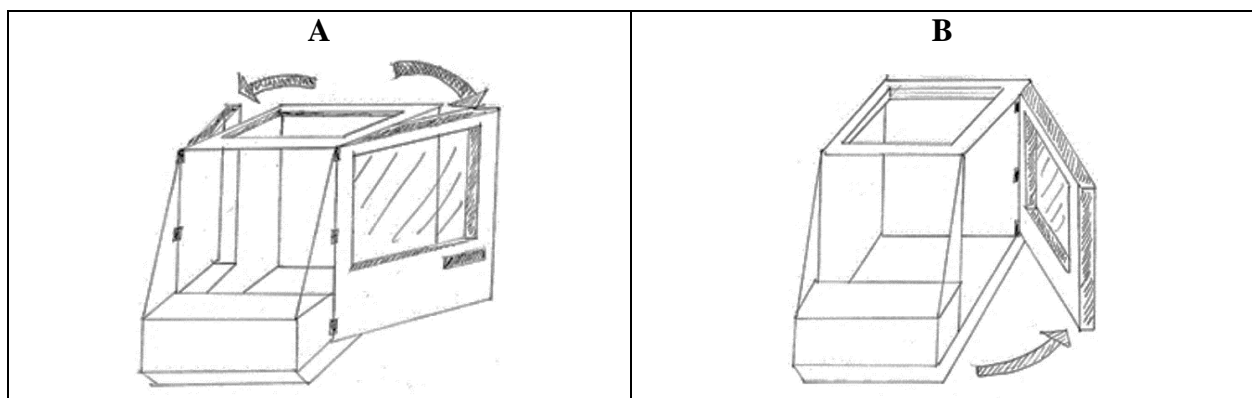
På grunn av funksjon og ergonomi er kombinasjonen av uorganisk og organisk form det vi ser oftest i dag. Inspirasjonen til disse skissene er hentet fra tog og små elektriske biler designet for et urbant miljø.

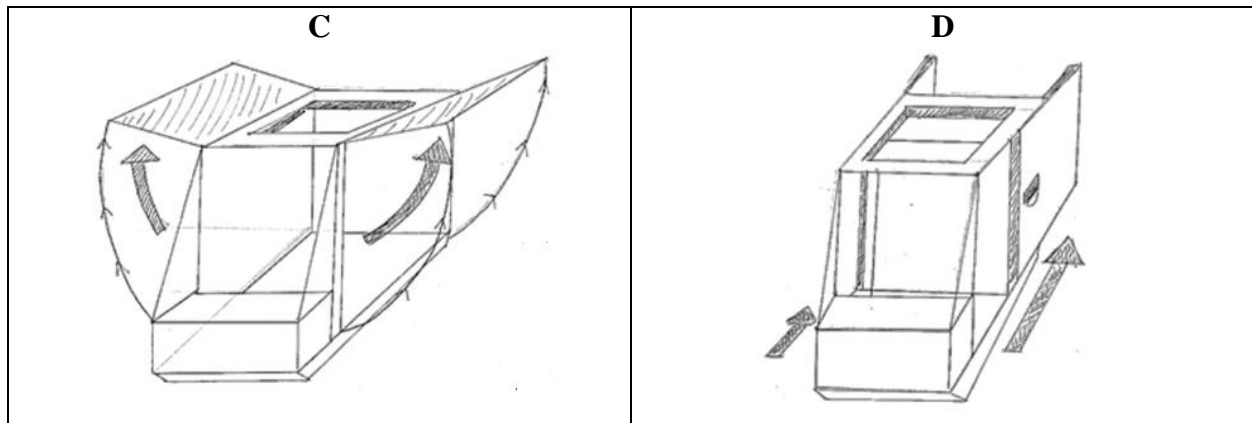


Figur 6.9: Eksempler på kombinasjoner til organisk og uorganisk ideer til kupeløsning

6.2.2. Dører og adkomst

Dørene avgjør hvordan en kommer seg inn og ut av fartøyet. Grunnet feste av flymodulen på toppen av kupen kan ikke dørene gå loddrett opp. Løsningen som ble valgt i et tidligere Dolphin-prosjekt hvor toppen av enheten vippes opp er av samme grunn heller ikke aktuell.

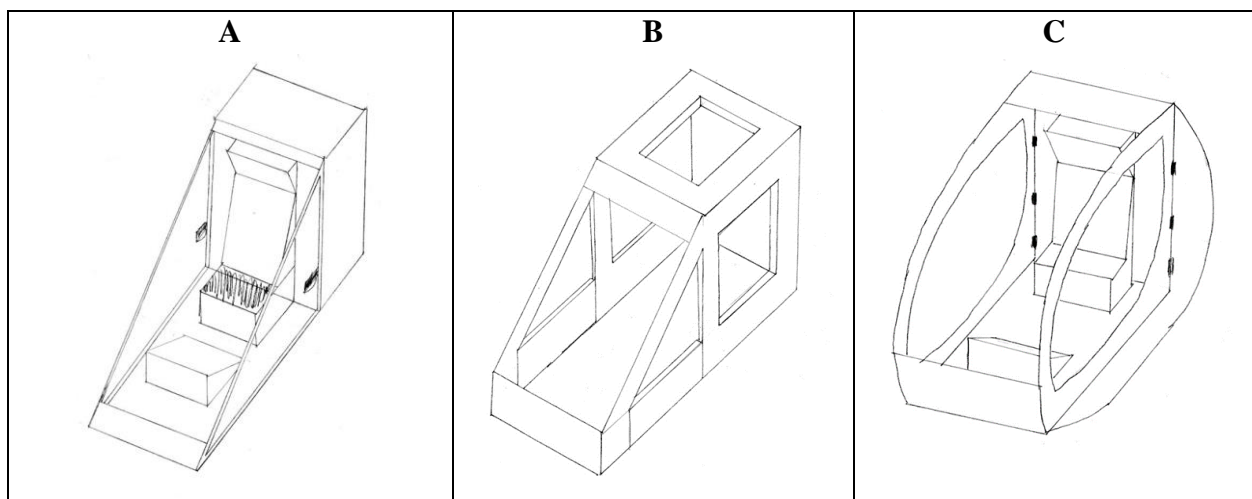




Figur 6.10: Dørkonsepter hvor en kan se forskjellige måter å åpne dører som kan brukes til Dolphin prosjektet. Pilene viser retningene dørene kan åpnes. A) Konvensjonell bildør som åpnes utover mot front. B) Samme som A bare at døren åpnes bakover. C) Måkevinger, disse er festet på toppen og løftes opp. D) Skyvedør, som beveges bakover. Mye brukt i varebiler.

6.2.3. Vinduer og sikt

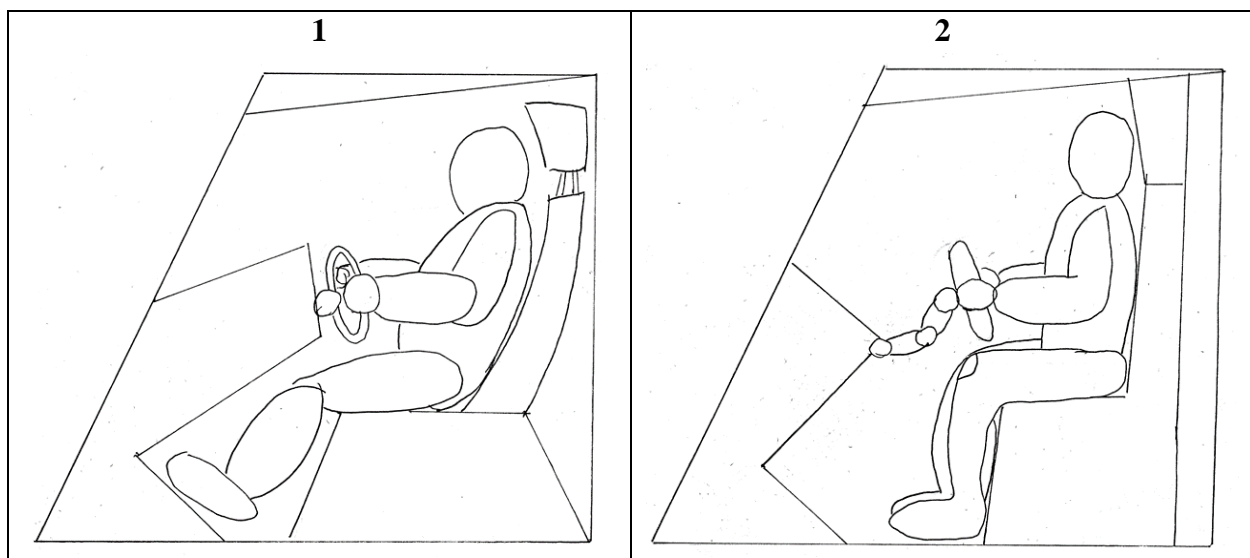
Sikt har mye å si for sikkerheten ved bruk av fartøyet. Jo mer en person ser ut jo fortere kan de oppdage farer og andre hindringer. Siden Dolphin prosjektet skal kunne bruke både fly og kjøremodul må det tas hensyn til hva begge krever av sikt for å opereres.



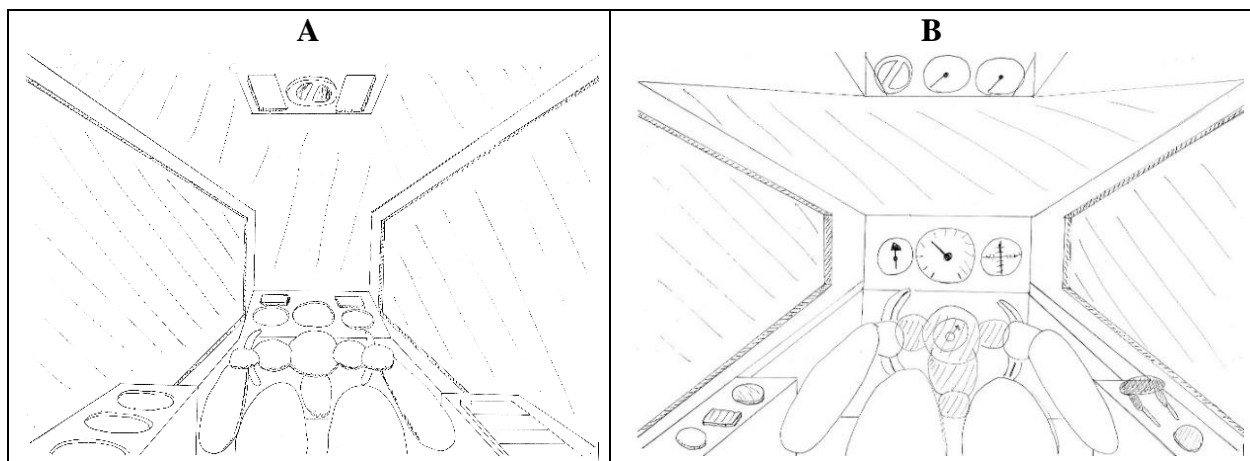
Figur 6.11: Som en ser i figurene over har vi tre forskjellige typer sikt. Det er to uorganiske og en organisk skisse. A) Er en åpen organisk ide med god maksimal sikt. B) Tradisjonell løsning for biler noe mer hindringer for sikten. C) Mer organisk og åpen løsning.

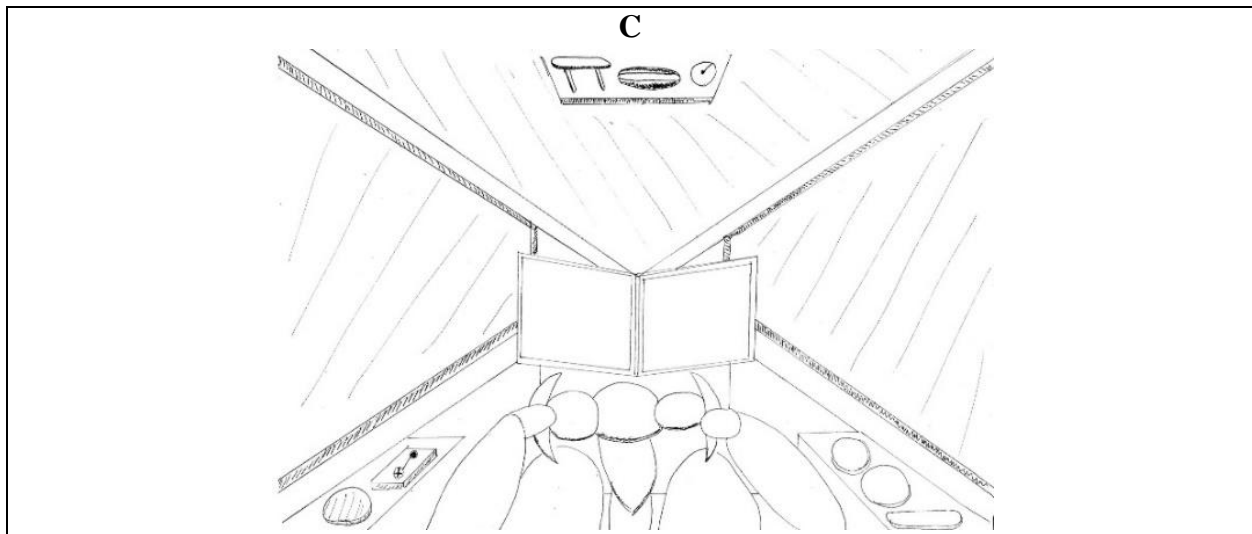
6.2.4. Dashbord og instrumentering

Nyere fartøy har samlet flere av instrumentene på skjermer. Dette for å lettest samkjøre alt av informasjon på et sted som du skal se ved et øyekast. En slik digital løsning gjør det enklere å bytte mellom de nødvendige instrumentene som kreves i de forskjellige modusene (fly- og kjøremodus). Dette gir en enklere brukeropplevelse og bedrer sikkerheten. En slik digital løsning vil også gjøre det lettere å komme med programvareoppdateringer. Siden ikke det lenger er nødvendig å installere masse ulike instrumenter, vil dette også gjøre det rimeligere å masseprodusere.



Figur 6.12: Forskjellige måter en sitter i fly og kjøremodus. Flymodus B) sitter mer hevet over dashbord og instrumenter. Dette gjør det lettere å se i x-, y- og z-retning, kontra kjøremodus hvor det kun brukes x- og y-retning.

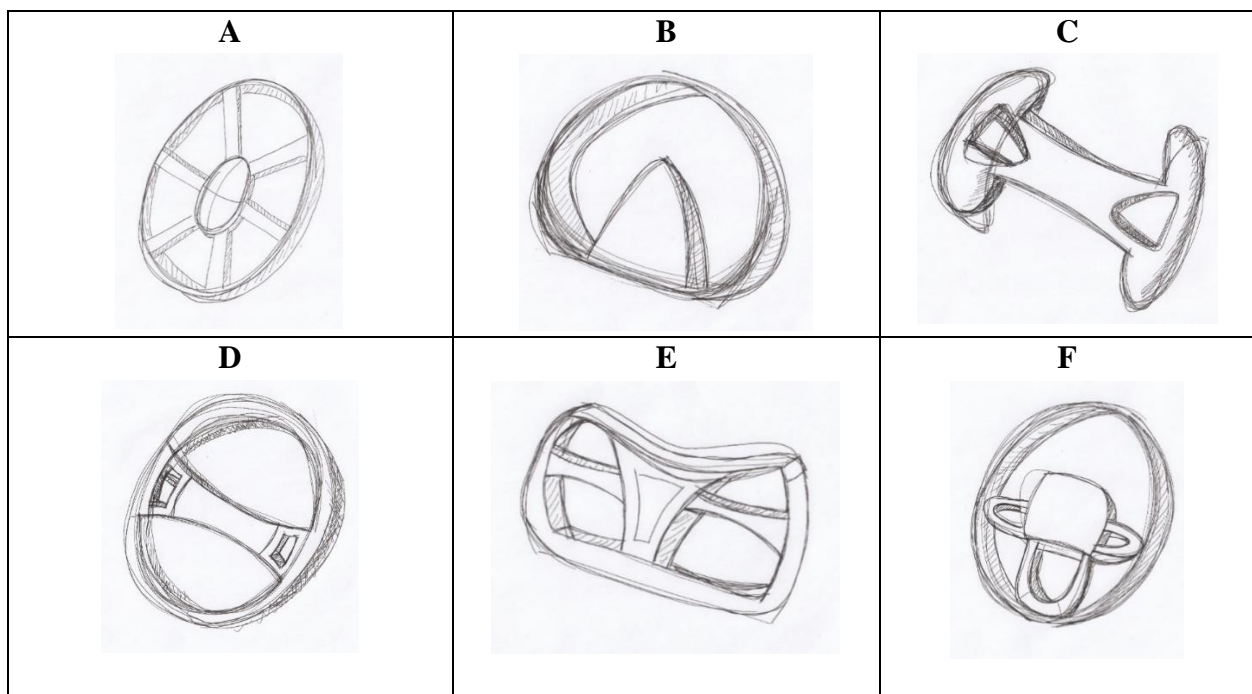


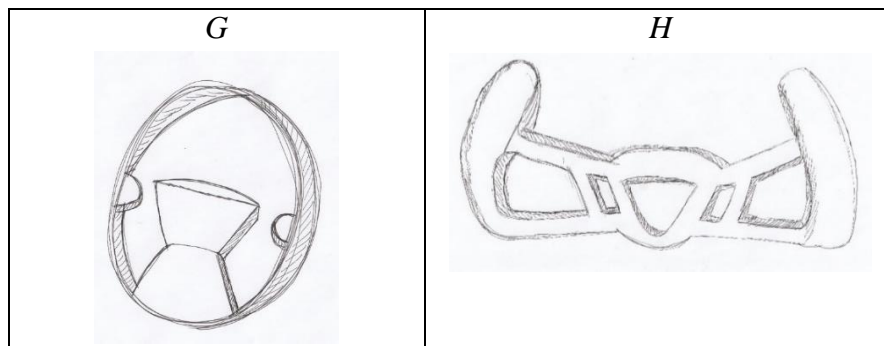


Figur 6.13: Forskjellige ideer til hvordan føreren er plassert i henhold til instrumentene og hvordan sikten er.

Ratt

Ved rattdesign hadde jeg en del forskjellige ideer som bygger på eldre Dolphin prosjekter, retro og spillkontroller. (Figuren fortsetter neste side)

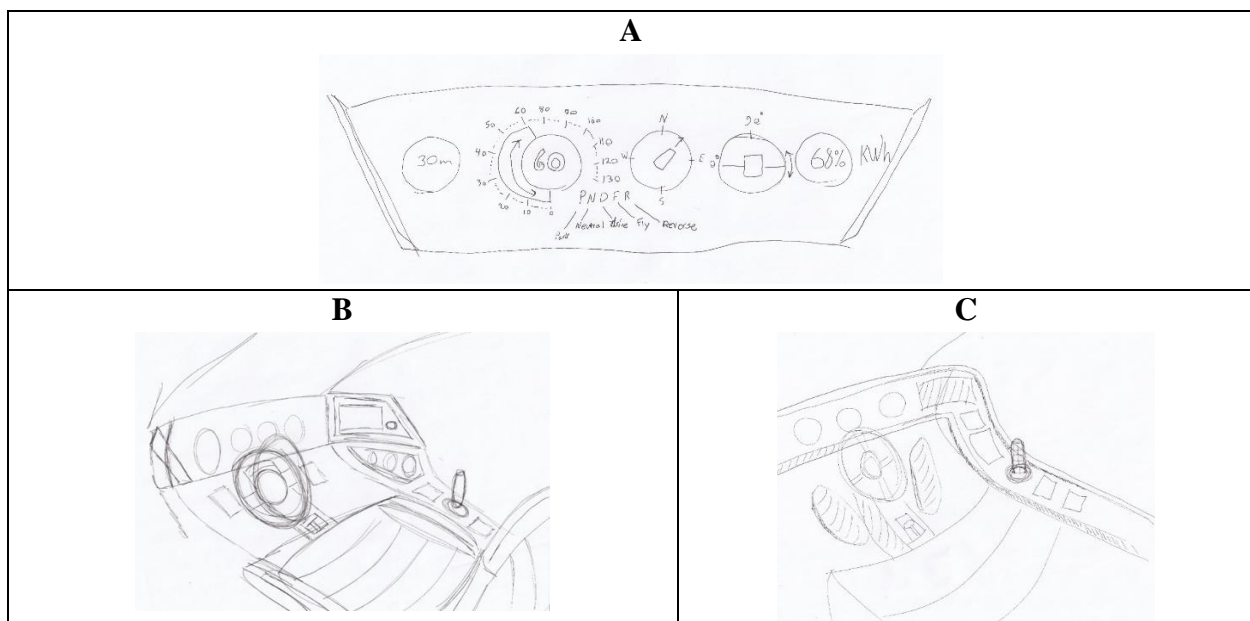




Figur 6.14: Designideer til rattdesign. A) Inspirert av gammelt hjul-design fra middelalderen og propellene på taket av fartøyet. B) Kortere hjul med en «delfinsnute» for mer plass. C) Ratt formet som en spillkontroll. D) Retro-kontroll fra 80-tallet. E) En samling av flykontroll med racing form, lukket. F) Mer moderne stil med organisk form. G) Retro-stil med mer abstrakt design med plass til kollisjonspute i navet. H) en blanding av C og E med åpen løsning.

Dashbordløsninger:

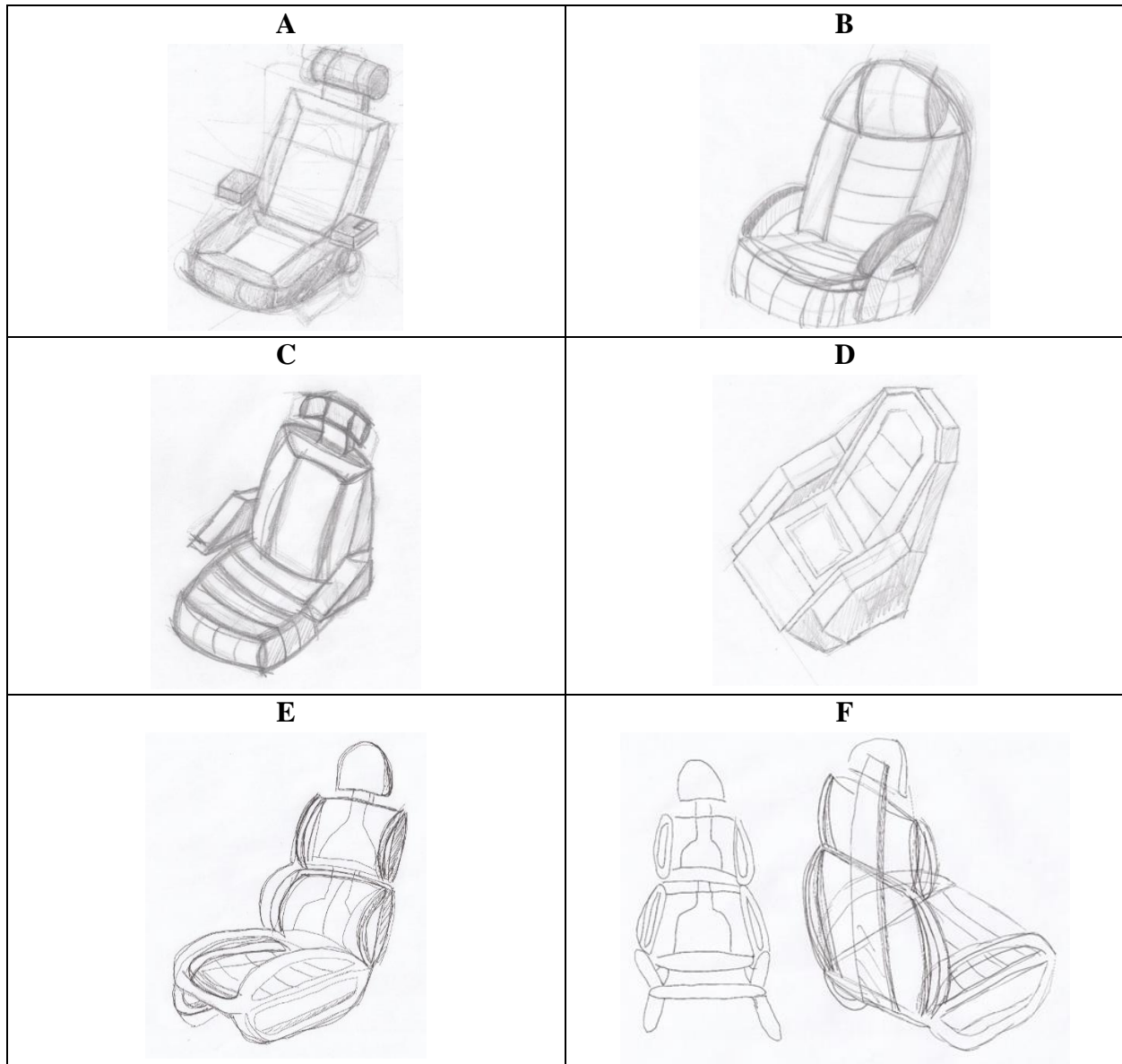
Jeg har illustrert et digital design som gjør det lettere å personalisere en løsning samt to skisseideer, der dashbordet skal omfavne brukeren å gjøre informasjon lettere tilgjengelig under bruk.



Figur 6.15: Skisse og forslag til de forskjellige løsningene for Dashboard. a) Forslag til instrumentene som skal være digitale. b) Form som skaper en liten vegg på siden hvor en kan ha skjerm som tilhører kameraet. c) Annen type som følger en lik form rundt hele sitteplassen.

6.2.5. Sitteplass og seteutforming

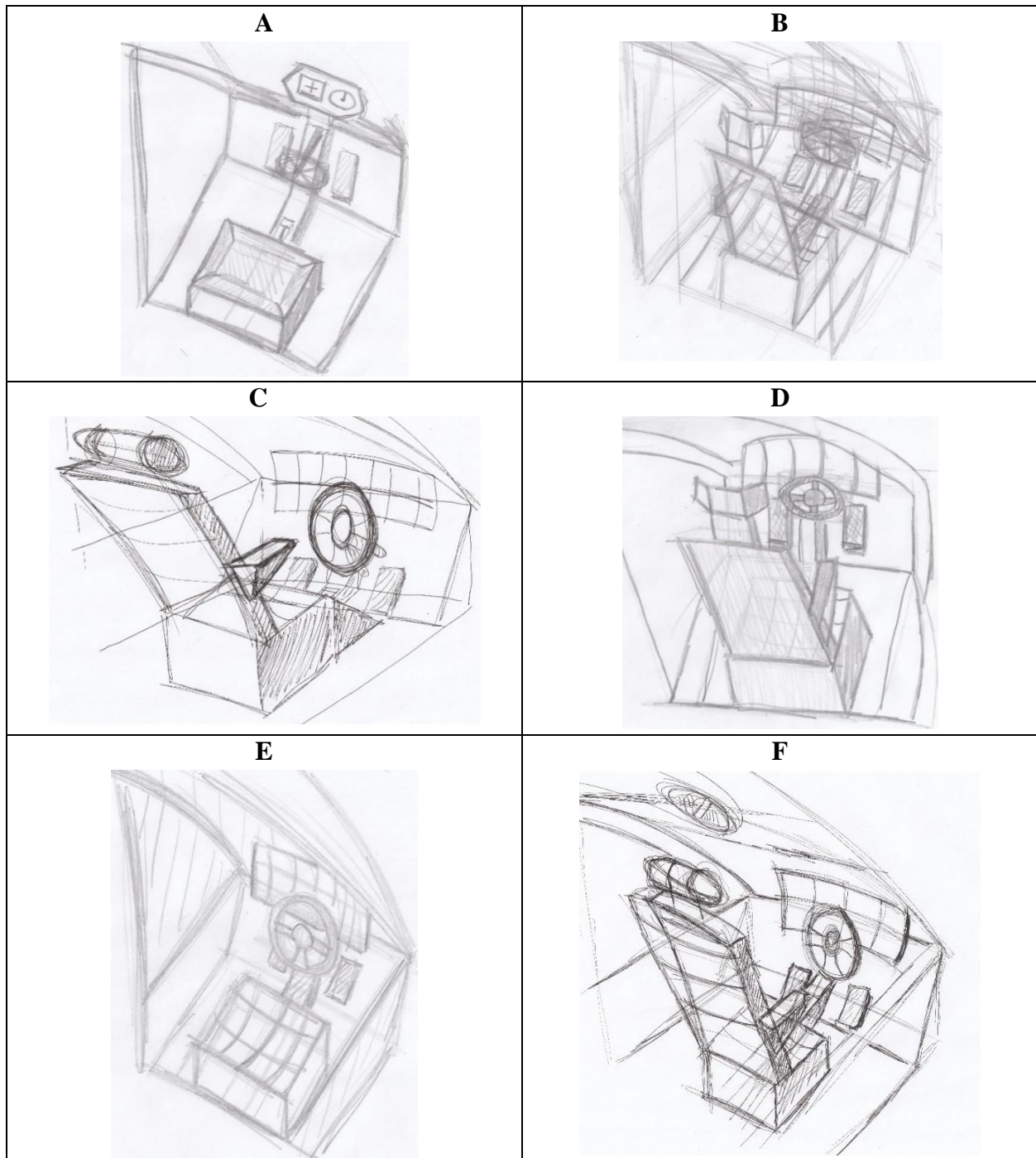
Designet av sitteplass og setets utforming er en viktig del av denne oppgaven. Her brukte jeg lang tid på å finne en balanse mellom uorganiske og organiske former, da jeg vil at designet mitt skal være ergonomisk riktig og behagelig.

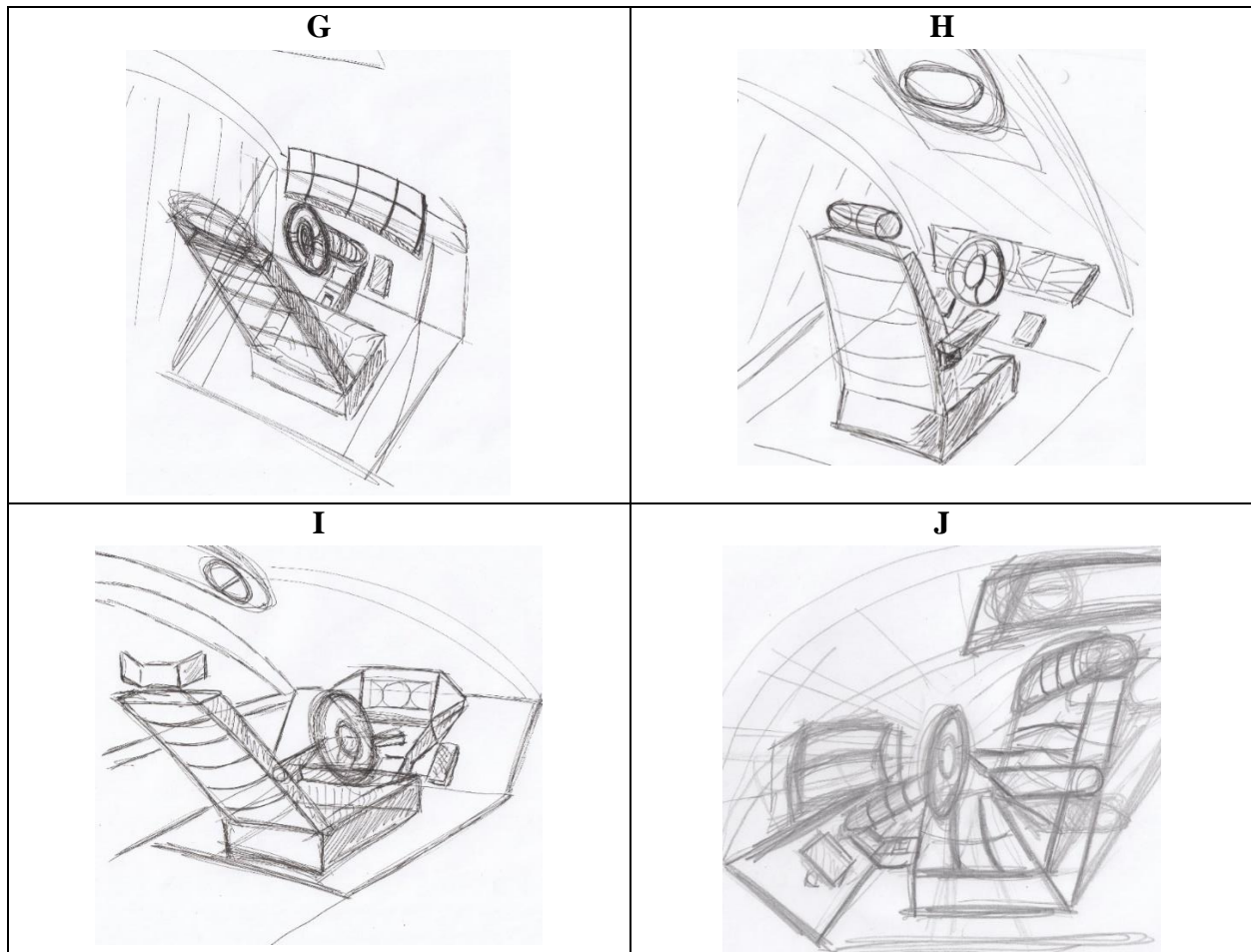


Figur 6.16: A) Mer moderne løsning på armlener. B) Mer organisk løsning med armlener som er fastsatt. C) Den vanlige løsningen for armlener. D) Uorganisk løsning med mer fremtidsrettet design. E) Racing sete med både organisk og uorganisk design. F) Grove skisser i vinkler av E.

Grovskisser med strektegninger for kjappe interiørideer.

Her er en samling av grove skisser som ble produsert over en lengre periode med brainstorming. Skissene gir uttrykk for min inspirasjon til de forskjellige delene av prosjektet.





Figur 6.17: Utvalg av forskjellige skisser som viser diverse ideer mot slutten av skisseringsfasen der jeg fokuserer på området rundt interiøret og spesielt forhold rundt dashboard utformingen.

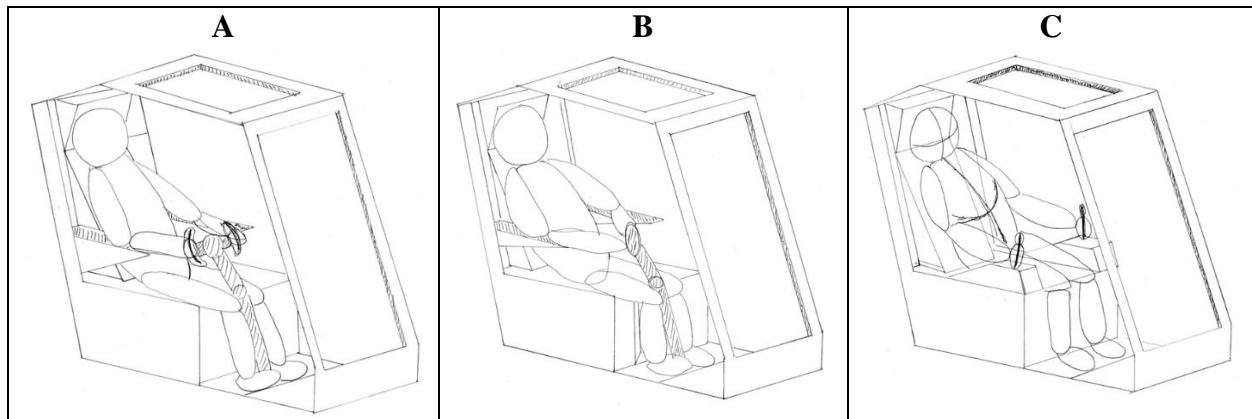
For Dolphin Sky er det viktig med bra sikt både forover og til sidene, spesielt med tanke på landing og take-off.

6.2.6. Betjeningsorganer

Siden fartøyet både skal kunne kjøres og fly er det nødvendig å kombinere styringsmåter fra flere fartøy. Som kommersielle fly, helikoptre og jettfly. Følgende styringsprinsipper er aktuelle:

- A) Vanlig flyratt-styring hvor du trekker til deg ratt for å stige
- B) Mekanisk helikopter spak som styrer opp og ned samt sideveis.
- C) Korte elektriske halvspaker (Joystick) med samme bevegelse som ovenfor.

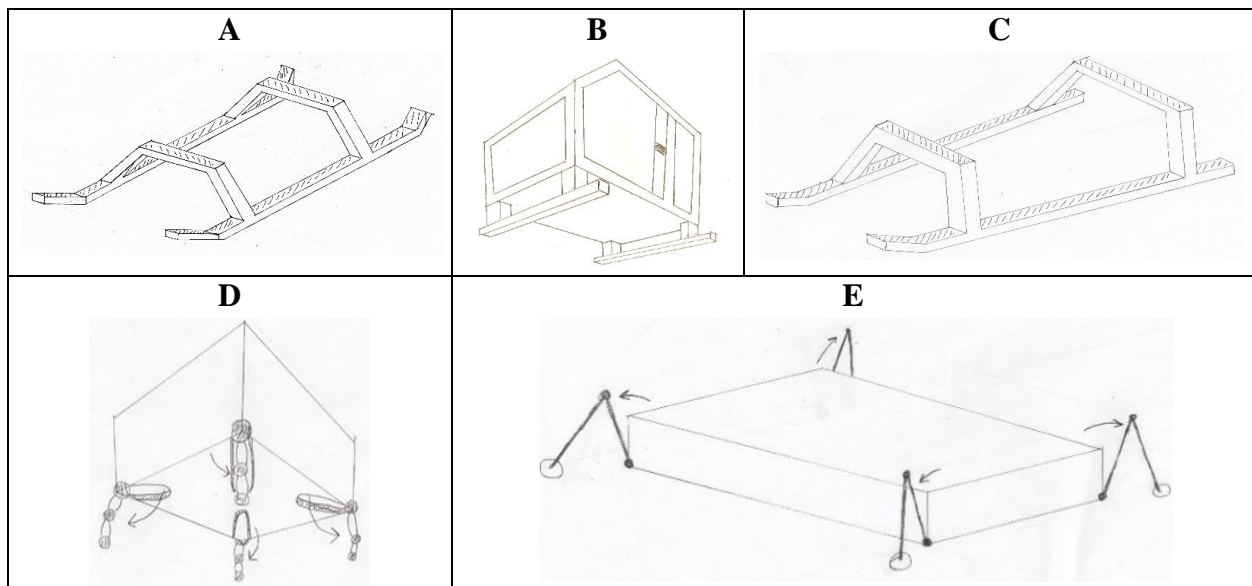
De forskjellige prinsippene er illustrert i forhold til sittestillingene på skissene som følger på neste side.



Figur 6.18: A) Fly ratt/kontroll, hvordan piloter styrer fly. B) Helikopter, Hvordan en styrer. (Mangler pedaler) C) Gravemaskin/Drone/Handikapstyre. En er z-retning og den andre er z og y-retning.

6.2.7 Understell og føtter

Her fremkommer flere skisser og ideer for vanlig og mer utradisjonelle landingsutstyr som kan gjøre det lettere å koble sammen de forskjellige modulene.



Figur 6.19: A) Standard landingsutstyr i dag. B) Ben foran og bak fartøyet som enten kan vippe ut eller være fast. C) Lignende ben som A, men ikke parallelle. Fordi vekten kan være større bak eller foran. D) Ben som folder seg ut og gjør det lettere å lande der områdene er ujevnt. E) Samme som D bare her kommer de ut ovenfra og er inspirert av benene til insekter.

7. EGENSCREENING OG KONSEPTVALG

I dette kapitlet gjennomføres screening av alternativer for hovedformer og delløsninger til førerkupeløsningene ut ifra fastsatte kriterier. Deretter presenteres løsningsvalgene som det skal arbeides videre med hensyn til design og senere designfremstilling.

7.1 Kunsten å velge

De tidlige grovskissene som er lagt fram i Kapittel legges til grunn for screening og løsningsseleksjon. Mer detaljert konseptuelt skissegrunnlag vil nok være ønskelig, men er som det går fram nedenfor, svært krevende.

Organisk og rund i kantene eller uorganisk og mer bastant?



Figur 7.1. Mer detaljerte skisser gir fort et bedre inntrykk av hvordan man inspireres og utvikler et konsept videre basert på enkle skisser, men kan samtidig gjøre både valget og ikke minst muligheten for å følge opp i 3D enda mer krevende (Se Vedlegg II for større og mer detaljerte fargeskisser).

Dette følges av designutforming av alle de andre delene til prosjektet. Når alt er presentert begynner utvelgelsesfasen til de forskjellige hovedformene og delene slik at jeg står igjen med et hovedkonsept og de enkelte delene.

Evalueringer gjøres ut ifra seleksjonsmatriser til designet er komplett. Dette er da hovedformer som følges av flere konseptskisser. Helt til slutt kommer designutforming av dører, vinduer, dashboard, takpaneler og betjeningsorganer.

7.2. Utvikling av seleksjonsmatrise

I dette kapitlet skal Pugh's metode benyttes for trinnvis seleksjon av form- og løsningskonseptene for de forskjellige delene til Dolphin-prosjektet. For å kunne gjøre dette utvikler jeg et sett seleksjonskriterier som bygger videre på produktmålsettingen og egenskaps-rangeringen som er formulert i Kapittel 5, avsnitt 5.2 og 5.3. Når alt er presentert begynner så utvelgelsesfasen til de forskjellige hovedformene og delene, slik at jeg står igjen med et hovedkonsept og alle delvalgene. Evalueringer gjøres ut ifra seleksjonsmatriser til designet er komplett.

Følgene krav inngår i seleksjonsarbeidet:

Tabell 7.1: De forskjellige kravene. Delementer er uthevet og øvrige krav er generelle.

Krav	Forklaring
Estetikk	Hvilket design har den mest stilrene utformingen?
Originalitet	Hvor vanlig er bruken av denne typen? Hvilken skiller seg ut?
Fremtidsrettet	Her sees det etter en helhetlig fremtoning som gjør at designet fremstår som interessant og annerledes, og som ansees som moderne om noen år.
Moderne	I hvor stor grad er designet moderne i tiden vi lever i? Valg av utforming baserer seg ofte ut fra trender.
Ergonomi	Dører og adkomst: Komme seg ut og inn av kjøretøyet? Dashboard og instrumentering: Hvordan er dashbordet i henhold til føreren? Ratt: Hvordan er rattet i henhold til føreren? Sitteplass og sete: Hvor godt sitter føreren og hvordan følger den ergonomiske krav? Betjeningsorganer: Hvor godt følger de ergonomiske størrelser og mål?
Sikt	Vinduer og sikt: Hvor mye oversikt har du over det rundt deg? Dashboard og instrumentering: Hvor mye ser du forbi utstyret? Ratt: Hvor godt ser du over og rundt? Sitteplass og sete: Hvor mye muligheter gir sete for å se rundt? Betjeningsorganer: Hvor godt kan du se uten å fokusere på kontrollen?
Plassutnyttelse	Hvor godt brukes plassen som designet trenger?
Kompleksitet	Hvor omfattende og avansert er formen? Simplisitet er foretrukket.
Sikkerhet	Hvor lett er det å få tak i de og holde rundt?
Styrkeforhold	Hvor mye tåler de av vekt?
Aerodynamikk	Hvor effektiv er formen med tanke på luftmotstand?
Formtilpasning	I hvilken grad vil designet på dørene passe inn i det valgte formkonseptet?










Tabell 7.2: Oversikt over sentrale krav hos de ulike delene av designkonseptet.

Krav	Forskjellige krav til de forskjellige designkonseptene							
	Kupe	Dør	Vindu	Dashboard	Ratt	Sete	Betjeningsorganer	Ben
Estetikk	x	x	x	x	x	x	x	x
Originalitet	x	x		x		x		
Fremtidsrettet	x	x	x	x	x	x	x	x
Moderne		x	x	x	x	x	x	x
Ergonomi		x		x	x	x	x	
Sikt			x	x	x	x	x	
Plassutnyttelse				x	x	x		
Kompleksitet				x	x	x		
Sikkerhet							x	
Styrkeforhold								x
Aerodynamikk	x							
Formtilpasning		x	x	x	x	x	x	x


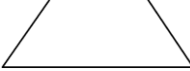



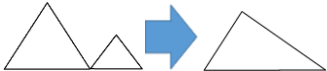
7.2.1 Form-konsept for kupe

Vi skal nå gå igjennom de forskjellige formene prosjektet kan ha trinnvis ved å se på de forskjellige grunnformene. Det kan bli lett å tenke ensformig uten å bruke en slik fremgangsmåte, dette åpner opp for flere typer design som kanskje du ikke hadde kommet på selv. Det er utrolig hvilke former en kan lage ut ifra formene sirkel, trekant og firkant. I figuren under viser jeg en oversikt over de forskjellige grunnformene satt sammen for å danne ulike former.


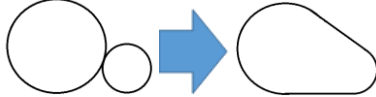

Tabell 7.3: Her kan en se hvordan de ulike grunnformene kan danne forskjellige former til Dolphin-prosjektet.

Uorganisk		Organisk
A 	B 	C 
Blanding av organiske og uorganiske former		
D 	E 	F 
G 	H 	I 


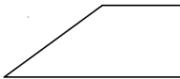
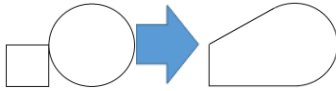

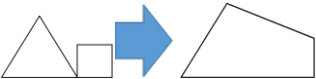
Tabell 7.4: Uorganiske formene satt sammen med samme form i forskjellige størrelser.

Uorganisk	
A1 	B1 
A2 	B2 
A3 	B3 


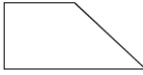
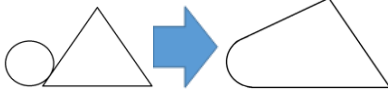


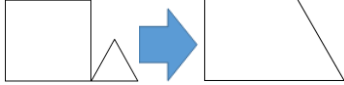
Tabell 7.5: Organiske former med kun sirkler i forskjellige størrelser.

Organisk
C1 
C2 
C3 


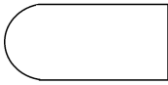
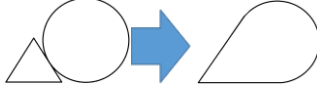
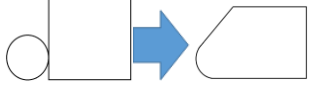
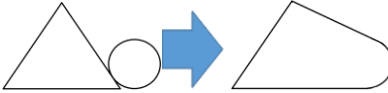
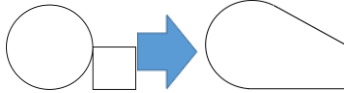
Tabell 7.6: Blanding av både organiske og uorganiske former D og E i forskjellige størrelser.

Organisk og uorganiske former D og E	
D1 	E1 
D2 	E2 
D3 	E3 

Tabell 7.7: Blanding av organiske og uorganiske former F og G i forskjellige størrelser.

Organisk og uorganiske former F og G	
F1 	G1 
F2 	G2 
F3 	G3 

Tabell 7.8: Organisk og uorganiske former fra H og I i forskjellige størrelser.

Organisk og uorganiske former H og I	
H1 	I1 
H2 	I2 
H3 	I3 

Tabell 7.9: 1/3 Seleksjonsmatrise for de alternativene jeg har tegnet. Jeg vektet utvelgelsen på tre kriterier og vektet mellom fra 1 til 3.

Kriterier	De forskjellige grunnformene								
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
Estetikk	1	3	1	1	2	2	2	2	3
Originalitet	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Aerodynamikk	1	2	1	2	3	2	3	3	3
Fremtidsrettet	1	3	1	2	3	3	2	3	3
Sum	4	9	4	6	9	8	8	9	11

Tabell 7.10: 2/3.

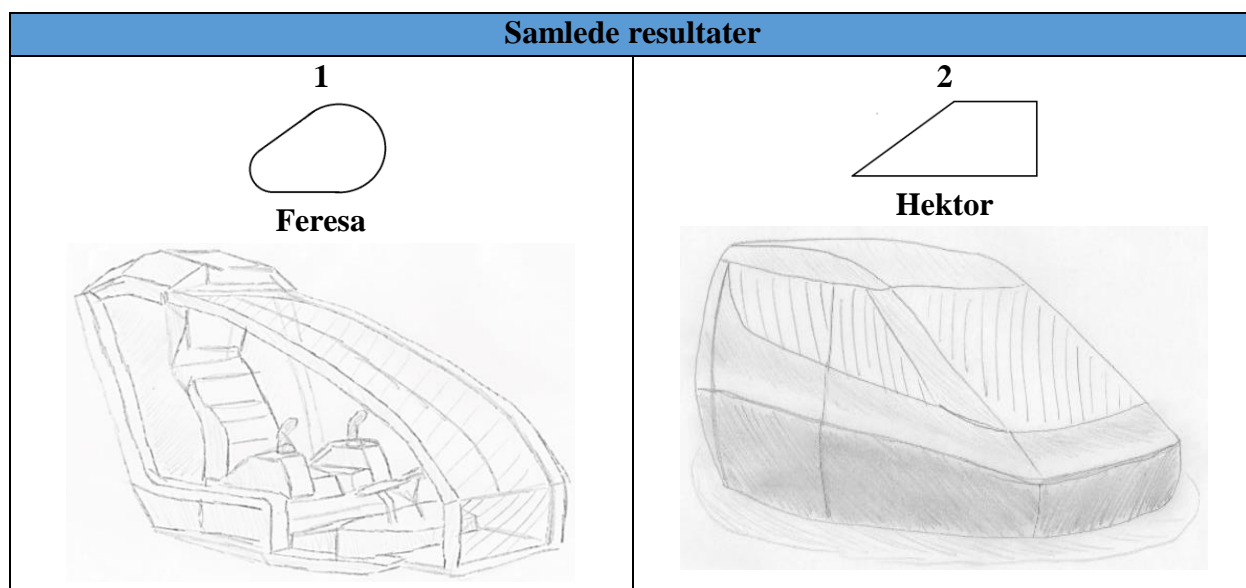
Kriterier	De forskjellige grunnformene								
	D1	D2	D3	E1	E2	E3	F1	F2	F3
Estetikk	1	2	1	3	3	1	2	3	2
Originalitet	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Aerodynamikk	1	2	1	3	1	1	3	2	3
Fremtidsrettet	1	2	2	3	3	1	3	3	2
Sum	4	7	5	11	8	4	9	9	7

Tabell 7.11: 3/3.

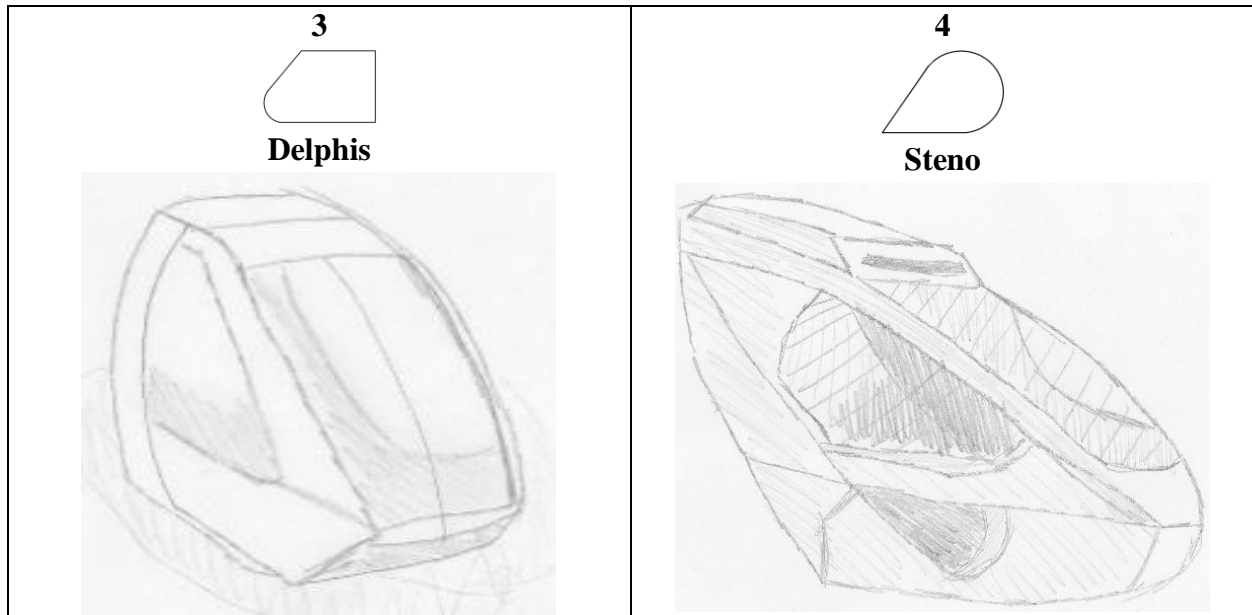
Kriterier	De forskjellige grunnformene								
	G1	G2	G3	H1	H2	H3	I1	I2	I3
Estetikk	2	2	2	3	3	1	2	3	2
Originalitet	1	1	1	1	2	1	1	2	1
Aerodynamikk	1	2	1	2	3	2	3	3	3
Fremtidsrettet	2	2	2	3	3	3	2	3	3
Sum	6	7	6	9	11	7	8	11	9

Vinner: C3, E1, H2 og I2

Tabell 7.12: Samlet resultat og de 4 beste av formalternativene.



Tabell 7.12 forts.



7.2.2 Dører og adkomst

I tabell 7.13 skal jeg velge hvilken designløsning som bør foretrekkes for dørene, ved hjelp av seleksjonsmatrisen og kravene nedenfor.

Tabell 7.13: Seleksjonsmatrise for valg av dørtype for Dolphin-prosjektet slik disse er vist i delkapittel 6.2.2. Utvelgelsen er basert på +/- ut ifra en personlig bedømmelse av kriterier satt opp mot de forskjellige designløsningene.

Dørtype	A	B	C	D
Kriterier				
Estetikk	+	-	+	-
Originalitet	+	+	+	-
Fremtidsrettet	-	+	+	-
Moderne	+	-	-	+
Ergonomi	+	+	+	+
Formtilpasning	+	+	-	-
Sum	5	4	4	2
Rangering	1	2	2	3

7.2.3 Vinduer og sikt

Kriteriene som legges til grunn i seleksjonsmatrisen for valg av vindusløsninger er som tidligere men med tillegg av krav for «Sikt»:

Tabell 7.14: Seleksjonsmatrise for valg av vinduer og sikt for Dolphin-prosjektet som er vist i delkapittel 6.2.3.

Vinduer og sikt	A	B	C
Kriterier			
Estetikk	-	-	+
Fremtidsrettet	-	-	+
Moderne	+	+	+
Sikt	+	-	+
Formtilpasning	+	-	+
Sum	3	1	5
Rangering	2	3	1

7.2.4 Dashbord og instrumentering

Kriteriene som legges til grunn i seleksjonsmatrisen for valg av dashbord og instrumentdesign men med spesielt fokus på «Plassutnyttelse»:

Tabell 7.15: Seleksjonsmatrise for valg av dashbord og instrumenter sikt for Dolphin-prosjektet som er vist i delkapittel 6.2.4.

Dashbord og instrumentering	A	B	C
Kriterier			
Estetikk	-	+	+
Originalitet	+	+	+
Fremtidsrettet	-	-	+
Moderne	-	+	+
Plassutnyttelse	+	-	+
Sikt	+	-	+

Tabell 7.15 forts.

Dashbord og instrumentering	A	B	C
Kriterier			
Ergonomi	-	+	+
Kompleksitet	+	+	+
Formtilpasning	-	+	+
Sum	4	6	9
Rangering	3	2	1

Ratt:

Kriteriene som legges til grunn i seleksjonsmatrisen for valg av ratt er som tidligere men med fokus på «**Ergonomi**» og «**Sikt**»:

Tabell 7.16: Seleksjonsmatrise for valg av ratt sikt for Dolphin-prosjektet som er vist i delkapittel 6.2.4.

Ratt	A	B	C	D	E	F	G	H
Kriterier								
Estetikk	-	+	-	+	-	-	-	+
Fremtidsrettet	-	-	-	-	+	+	-	-
Moderne	-	-	-	+	-	+	-	-
Plassutnyttelse	-	+	+	-	+	-	-	+
Sikt	-	+	+	+	+	+	+	+
Ergonomi	+	-	+	+	+	+	-	+
Kompleksitet	+	+	+	+	-	-	-	-
Formtilpasning	+	+	+	+	+	-	-	+
Sum	3	5	5	6	5	4	1	5
Rangering	4	2	2	1	2	3	5	2

7.2.5 Sitteplass og sete

Kriteriene som legges til grunn i seleksjonsmatrisen for valg av seteform er som tidligere men med spesielt fokus «**Plassutnyttelse**» og «**Ergonomi**»:

Tabell 7.17: Seleksjonsmatrise for valg av seteform sikt for Dolphin-prosjektet som er vist i delkapittel 6.2.5.

Seteform					
Kriterier	A	B	C	D	E
Estetikk	-	+	+	-	+
Originalitet	+	+	+	+	+
Fremtidsrettet	-	+	+	+	+
Moderne	-	+	+	-	+
Plassutnyttelse	+	-	-	-	+
Sikt	+	+	+	+	+
Ergonomi	+	+	-	+	+
Kompleksitet	+	-	+	-	-
Formtilpasning	-	-	+	+	+
Sum	5	6	7	5	8
Rangering	4	3	2	4	1

7.2.6 Betjeningsorganer

Kriteriene som legges til grunn i seleksjonsmatrisen for valg av betjeningsorgandesign er som tidligere men fokus på «**Sikkerhet**» og «**Ergonomi**» følger:

Tabell 7.18: Seleksjonsmatrise for valg av betjeningsorganer for Dolphin-prosjektet som er vist i delkapittel 6.2.6.

Betjeningsorganer			
Kriterier	A	B	C
Estetikk	+	-	+
Sikkerhet	+	+	+
Sikt	+	+	+
Ergonomi	+	+	+
Fremtidsrettet	+	+	+
Moderne	+	+	-
Formtilpasning	+	-	+
Sum	7	5	6
Rangering	1	3	2

7.2.7 Understell og føtter

Kriteriene som legges til grunn i seleksjonsmatrisen for valg av understell og fotdesign er som tidligere men med fokus på «**Styrkeforhold**» og konstruksjonssikkerhet:

Tabell 7.19: Seleksjonsmatrise for understell og føtter til Dolphin-prosjektet som er vist i delkapittel 6.2.7.

Understell og føtter Kriterier	A	B	C	D	E
Estetikk	+	-	+	-	-
Styrkeforhold	+	+	+	-	-
Fremtidsrettet	+	+	+	+	+
Moderne	+	-	-	+	+
Formtilpasning	+	+	-	-	-
Sum	5	3	3	2	2
Rangering	1	2	2	3	3

7.3. Egen konseptscreening med vekting

Ved utvelgelse av hovedform er det laget en seleksjonsmatrise med forskjellig vekting av de ulike kriteriene, se tabell 15. Dette er gjort for å få en mer detaljert utvelgelsesprosess, siden hovedform anses som den viktigste utvelgelsen.

Forklaring av kriteriene som ligger til grunn for valg av hovedform:

- **Ergonomi:** Hvor brukervennlig er produktet med hensyn til menneskelige mål og bevegelser som skal kjøres under kjøring og ved med tanke på adkomst inn i kjøretøyet.
- **Sikt:** Hvordan er sikten rundt kjøretøyet. Av sikkerhetsmessige grunner bør føreren ha god sikt rundt kjøretøyet.
- **Aerodynamikk:** Hvor optimale er arealkombinasjonene, og hvor effektiv er formen med tanke på luftmotstanden som skal sirkle over kjøretøyet?
- **Estetikk:** En personlig vurdering av hvor elegant formene er, og hvor godt formene danner en fin og helhetlig kjøretøysutforming.
- **Realistisk:** Hvor virkelighetsnær løsningen er; samsvarer det med virkeligheten og i hvilken grad er det realiserbart.

- **Originalitet:** Personlig vurdering av hvor særegent produktet er. For meg er originalitet noe som har et særpreg og som skiller seg litt ut i mengden av eksisterende løsninger.
- **Kompleks:** Hvor avansert, omfattende og tidkrevende er løsningen, i hvilken grad vil løsningen være mulig å håndtere i forhold til om formene har vanskelige vinkler og krumninger?
- **Kompetanseutvikling:** Hva vil jeg lære mest av å utvikle? Masteroppgaven bør være en læringsprosess hvor man utvikler sin kompetanse.
- **Motivasjon:** Hva vil jeg selv jobbe videre med.

Vekting av de forskjellige kriteriene:

- **15%:** Estetikk, realistisk og motivasjon er kriteriene som jeg har sett på som viktigst, og derfor blir disse tre vektet med 15%. Det er for meg viktig at det endelige resultatet ser estetisk pent ut, noe jeg kan identifisere meg med og noe jeg selv ville brukt. For at prosjektet skal ha en fremtid må det være realistisk å gjennomføre, formen må gjenspeile virkeligheten. Sist men ikke minst må motivasjon ligge til grunn for å sikre et godt resultat.
- **10%:** Ergonomi, sikt, aerodynamikk, originalitet samt kompetanseutvikling er vektet med 10 % grunnet at disse kriteriene er essensielle i utviklingen for masteroppgavens målsetting.
- **5%:** Kompleksitet er det eneste kriteriet som er vektet med 5%. Grunnen til dette er at alle løsningene sees på som forholdsvis jevne (Her vil det gis høyest poeng for lavest kompleksitet).

Tabell 7.20: Seleksjonsmatrise for valg av hovedkonsept med vektete kriterier. Poengskalaen går fra 1-5, hvor 5 er best.

Kriterier	Vekting	Alle 4 konseptformer							
		ALT 1 Feresa		ALT 2 Hektor		ALT 3 Delphis		ALT 4 Steno	
		Poeng	Sum	Poeng	Sum	Poeng	Sum	Poeng	Sum
Ergonomi	10%	5	0,5	4	0,4	5	0,5	4	0,4
Sikt	10%	5	0,5	3	0,3	5	0,5	4	0,4
Aerodynamikk	10%	4	0,4	3	0,3	4	0,4	4	0,4
Estetikk	15%	4	0,6	4	0,6	5	0,75	3	0,45
Realistisk	15%	4	0,6	4	0,6	5	0,75	4	0,6
Originalitet	10%	5	0,5	3	0,3	5	0,5	3	0,3
Kompleks	5%	2	0,1	2	0,1	2	0,1	3	0,15

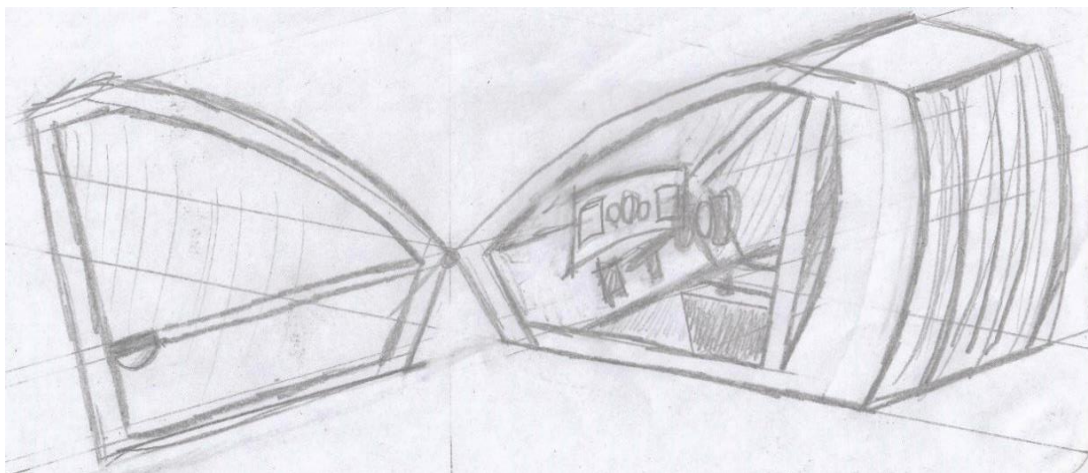
Tabell 7.20 forts.

Kriterier	Vekting	Alle 4 konseptformer							
		ALT 1 Feresa		ALT 2 Hektor		ALT 3 Delphis		ALT 4 Steno	
Kompetanse- utvikling	10%	5	0,5	4	0,4	5	0,5	5	0,5
Motivasjon	15%	5	0,75	4	0,6	5	0,75	3	0,45
Vektet sum	100%	4,45		3,6		4,75		3,65	
Rangering		2		4		1		3	
Beste løsning						😊			

Ut ifra screeningen i tabell 7.20 var det konseptform alternativ 3 (Delphis) som kom best ut med en vektet sum på 4,75.

7.4. Foretrukne løsnings- og estetikkalternativer

Nedenfor ses et grovt skisseinntrykk av flere viktige elementer fra den forutgående seleksjonsprosessen satt inn i en helhet.



Figur 7.2: Tidlig formstudier som grunnlag for 3D-modell for Delphis.

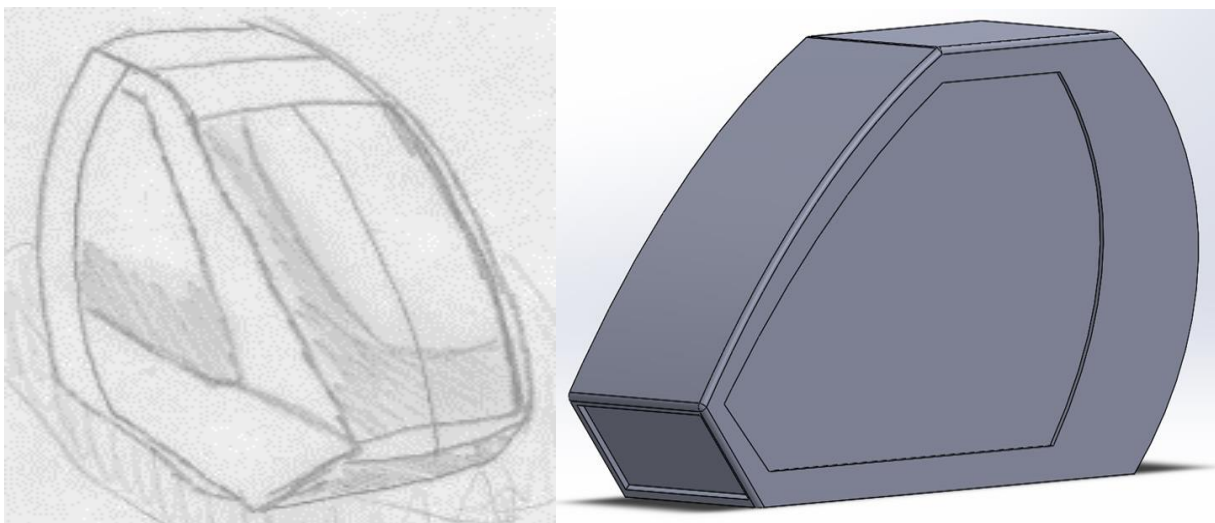
Sluttkommentar til seleksjon av hovedkonsept: I det videre arbeidet skal det nå både tilføyes detaljer og utformes et helhets design i 3D slik at resultatet til slutt blir et mer helhetlig konsept for Dolphin Sky.

8. UTVIKLING AV PRODUKTARKITEKTUR I 3D

I dette kapitlet blir modellerings prosessen for konseptløsningen beskrevet og vist frem med de andre delene jeg har lagd i tillegg. For å få en mer virkelighetsnær følelse av prosjektet og konseptet blir det produsert 3D-modeller ved å bruke CAD-programmet Solidworks. Løsningen vil bli presentert i to faser, en tidlig fase og en designrevisjon.

8.1 Design av cockpit (Fase I)

Formen som ble valgt i 7.2.1 med kallenavnet Delphis. Denne skal jeg jobbe videre med å utvikle i CAD-programmet Solidworks, hvor jeg skal tilslutt ende opp med en mer komplett 3D-modell.



Figur 8.1: Delphis skissen som blir utgangspunkt i første fase med tidlig 3D-form til høyre.

Følgende designtrinn inngår i første fasen av designarbeidet for 3D-utvikling av kupeform og interiør hos Delphis-konseptet mitt:

- a) Designe av modulbasert enkelt sete.
- b) Design av dashbord og styrekontroller.
- c) Design av dører og vurdering av adkomst.
- d) Tilpasning i første helhetsløsning.

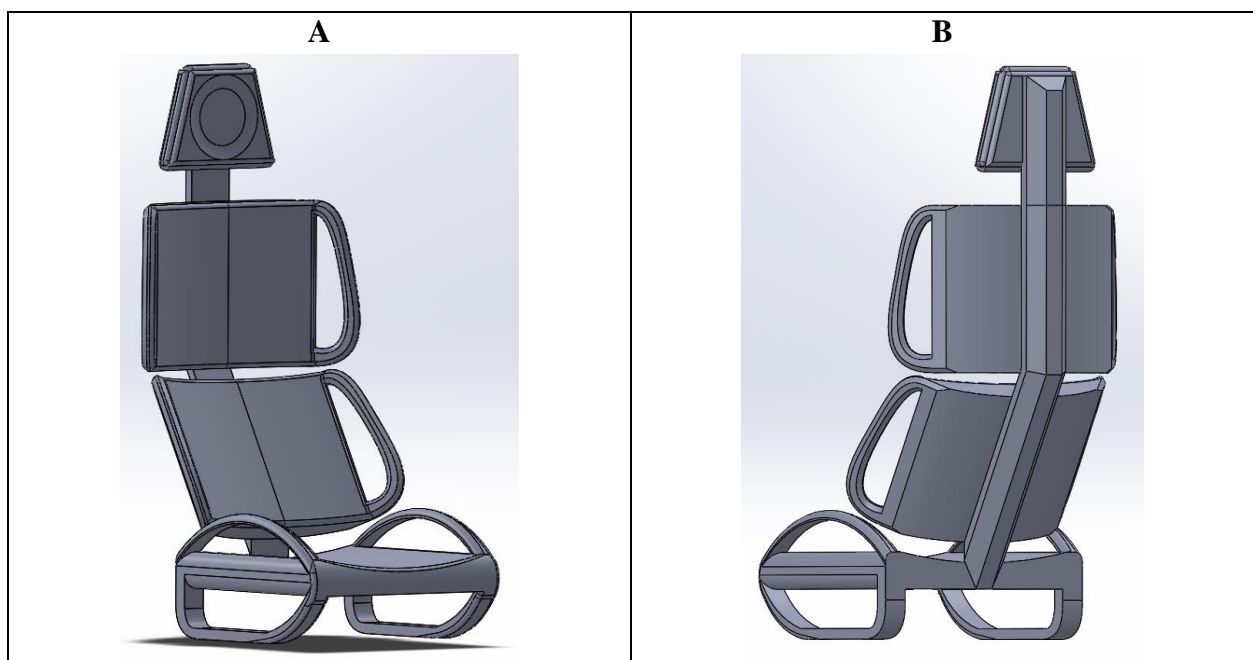
8.2. Design av sete

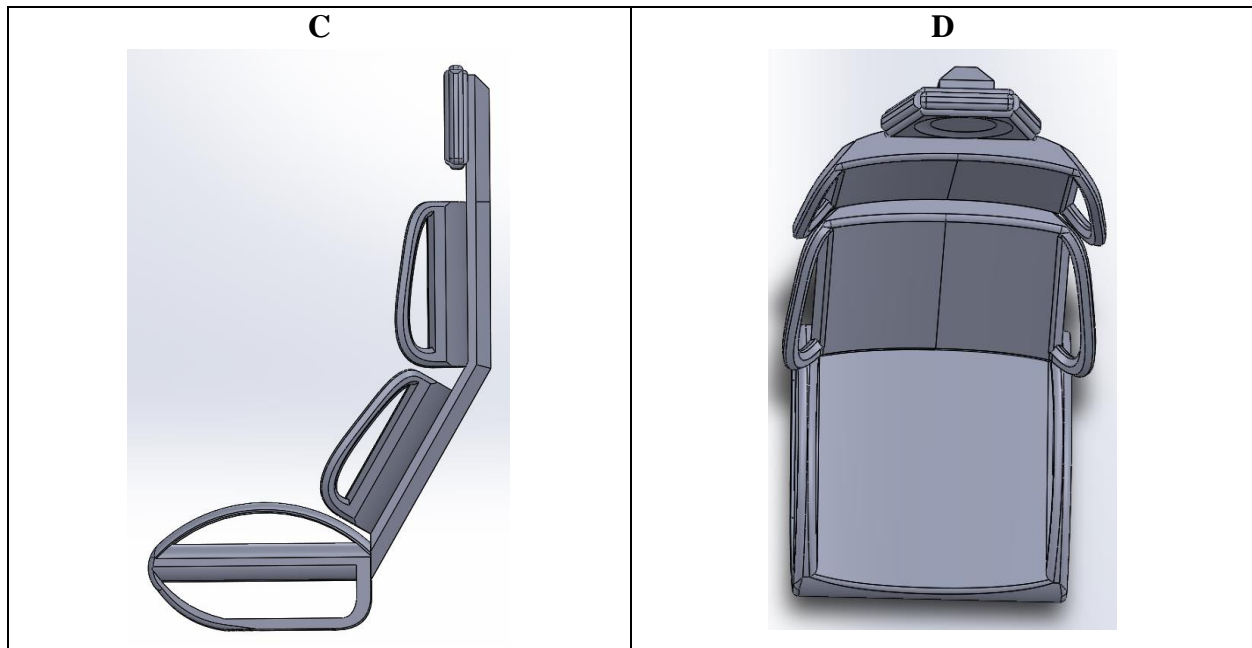
Nedenfor viser jeg en litt større håndtegning av det valgte stolkonseptet som grunnlag for videre 3D-tilpassning, med puter og aluminiumramme.



Figur 8.2: Tidlig skisse stol form av organiske buer. Utkastet til skissen som skulle moduleres tok mye inspirasjon fra sportsbiler og science-fiction.

Utkast til sete med svak krumning i ryggen (Forts. neste side)

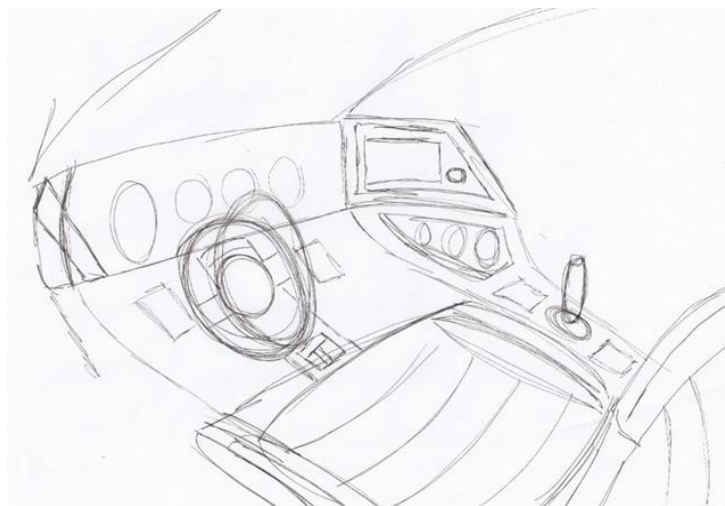




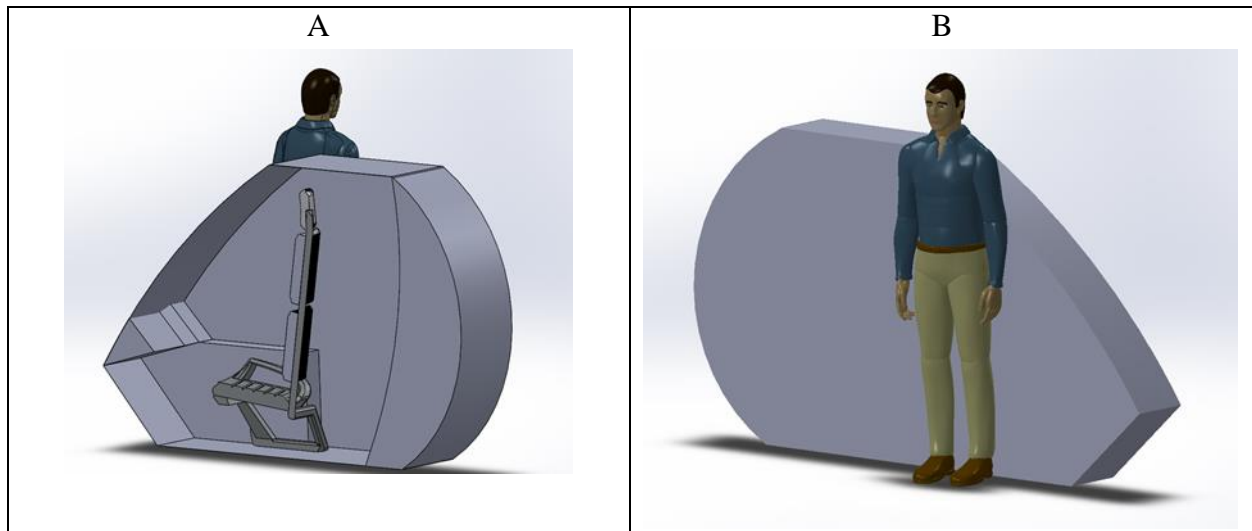
Figur 8.3: A) til D) 3D utkast til tidlig stolform som en finner i racingbiler der en har høye pedaler og en nesten liggende sittestilling.

8.3. Design av dashbord og styrekontroller

Dashbordet er en svært krevende del av interiøret på grunn av den komplekse formen og ergonomiske krav.

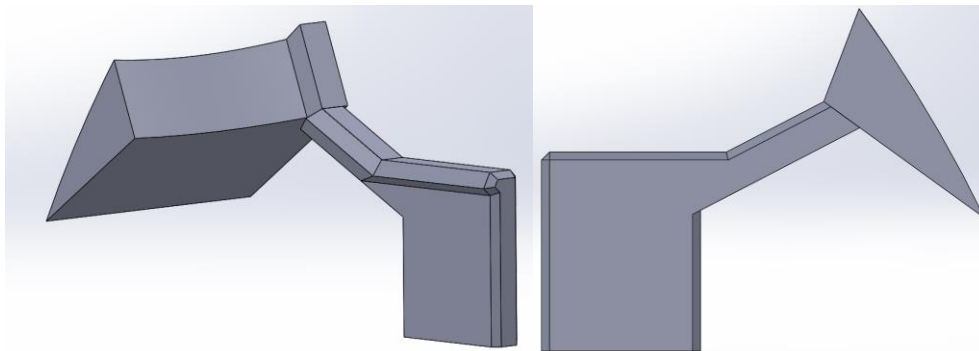


Figur 8.4: Tidlig inspirasjonsskisse for interiøret som viser diverse former og sidemonterte instrumenter.



Figur 8.5: A) Størrelsestest av kupeskall sett fra siden med en rett stolrygg og plass avsatt til dashboard. B) Testperson ca. 185cm høyde (Working man, Solidworks)

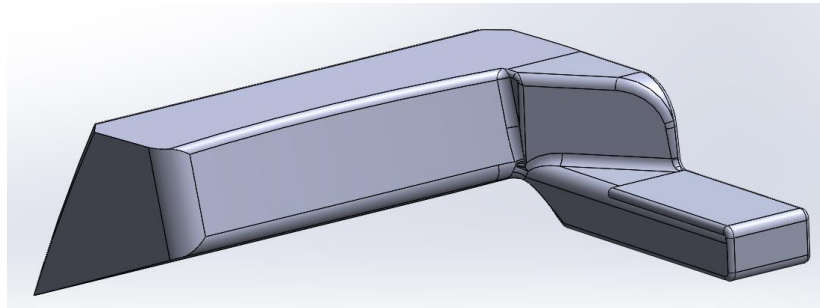
Designarbeidet begynte med to deler hvor en var foran føreren og en annen var på siden for instrumenter. Jeg fant senere ut at jeg kunne tegne delen integrert i kupemodellen, noe som gjorde det mye lettere å forme figuren.



Figur 8.6: Utfordringer: Tidlig 3D skisse og prøve-tegning av dashboardet. Her prøvde jeg å lage to deler som skulle passe sammen slik at jeg kunne jobbe med delene hver for seg, noe som viste seg å være vanskelig å gjøre.

Dashbordform:

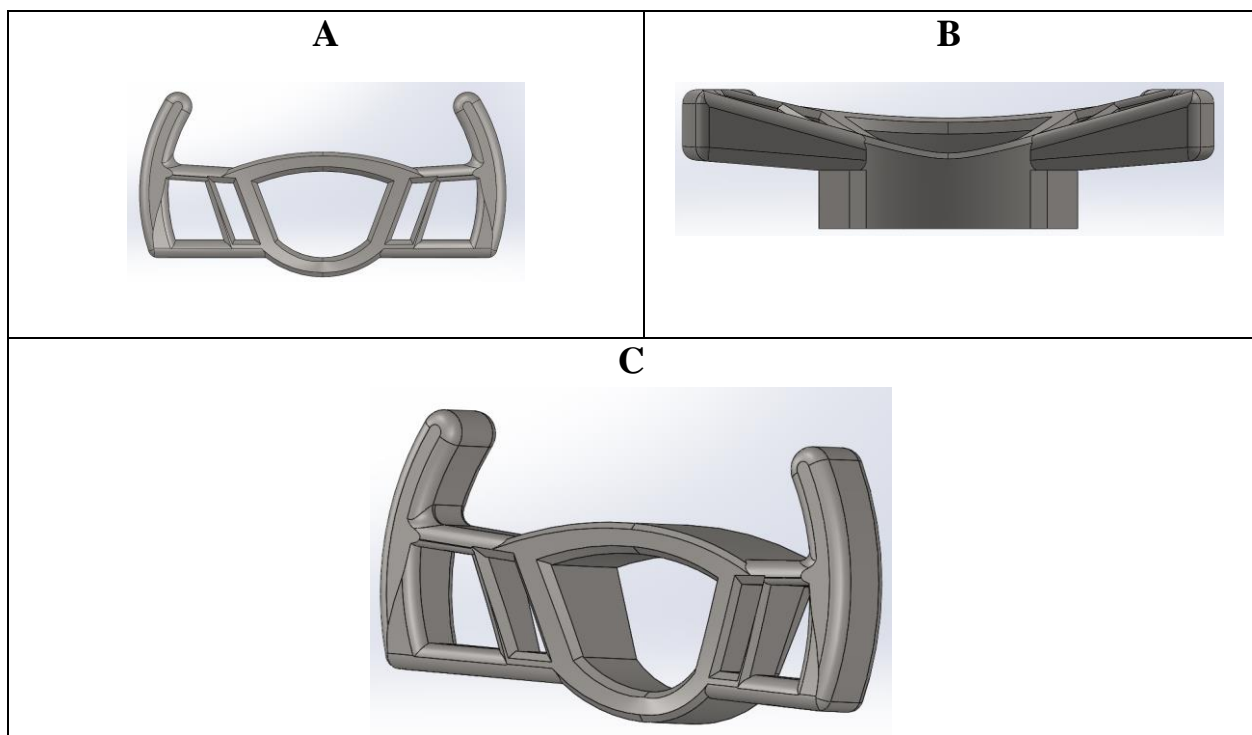
Satt sammen de to delene og fjernet kontakten med gulvet for å gjøre delen mindre og spare materialer og vekt. Avrundet kantene for design.



Figur 8.7: Nytt dashboard arrangement som er konstruert i en del, men en ny utfordring som ble å tilpasse hjørner og frontrute. Foreløpig er ikke instrumenter visualisert.

Ratt:

Når jeg skulle lage rattet satt jeg opp forskjellige sirkler som jeg deretter kuttet til for å få formen en kjenner så godt til i typiske bilrattformer (Jfr. Vedlegg III bakerst). Dette for å gjøre det lettere å opprettholde ergonomiske mål videre utviklingsarbeid. Etter dette kunne jeg forme et mer fly lignende ratt som ville være mer behagelig å holde. Nedenfor følger eksempler på flyinspirerte trinn i utviklingsarbeid.



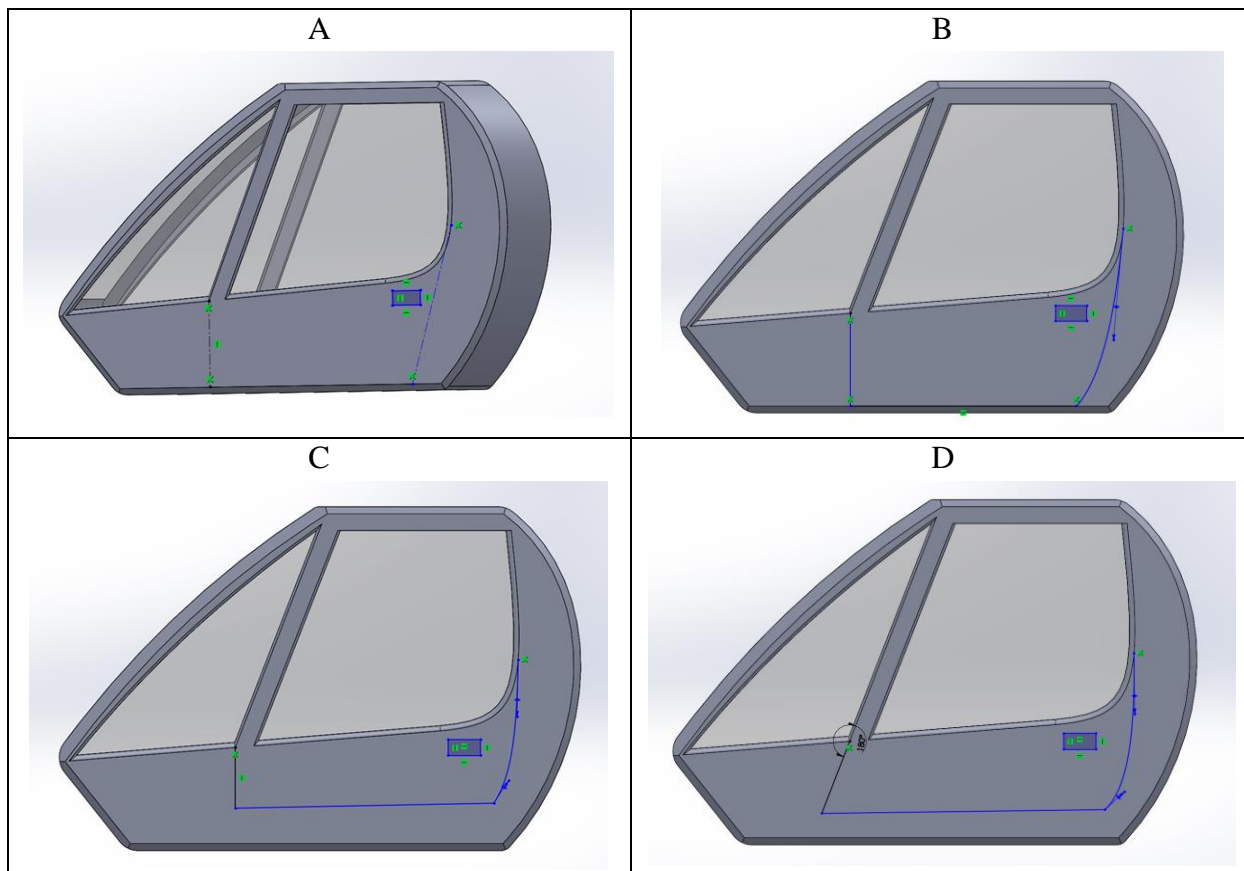
Figur 8.8: A-C): Endelig rattdesignform som jeg har tenkt å bruke videre med inspirasjon fra kommersielle fly men også fra diverse racing biler.

Her stod jeg opprinnelig mellom to typer rattalternativer hvor en var mer lik et vanlig bilratt mens den andre var mer uvanlig med inspirasjon for fly. Denne hadde mer uorganisk design, men fortsatt organisk rundt det som skulle være i kontakt med hendene for å være behagelig å holde.

8.4 Adkomst

Dørdesignet tenkte jeg skulle baseres på vanlige bildører men kun med inngang på den ene siden og bare nødutgang på den andre siden. Dørutformingen er viktig både med hensyn til tilgang til sete men også understell og dørterskel vil også påvirke hvor vanskelig det er å komme inn i førerkupeen. Nedenfor er en gjennomgang av mulige dørformer.

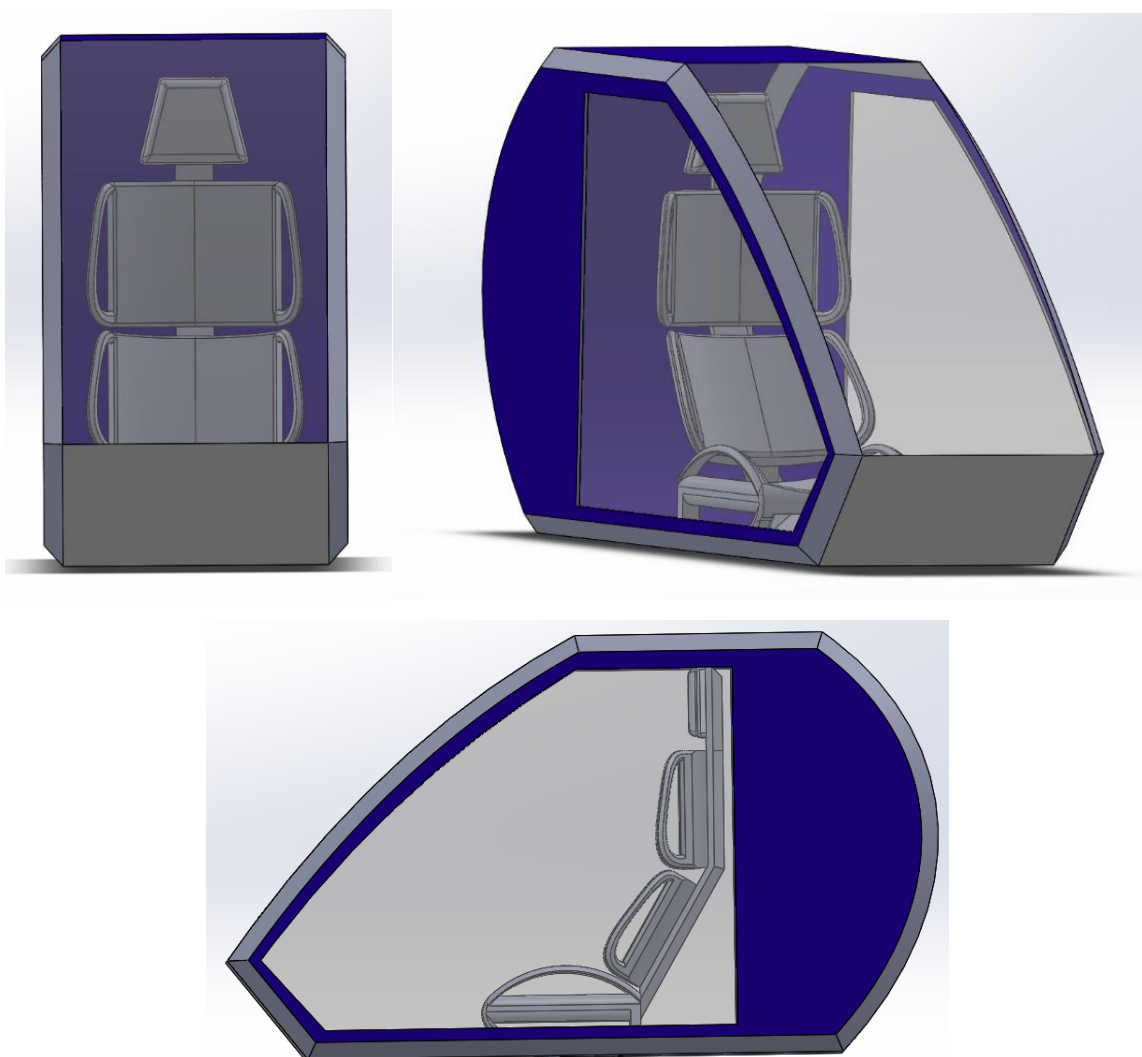
Dørutforminger:



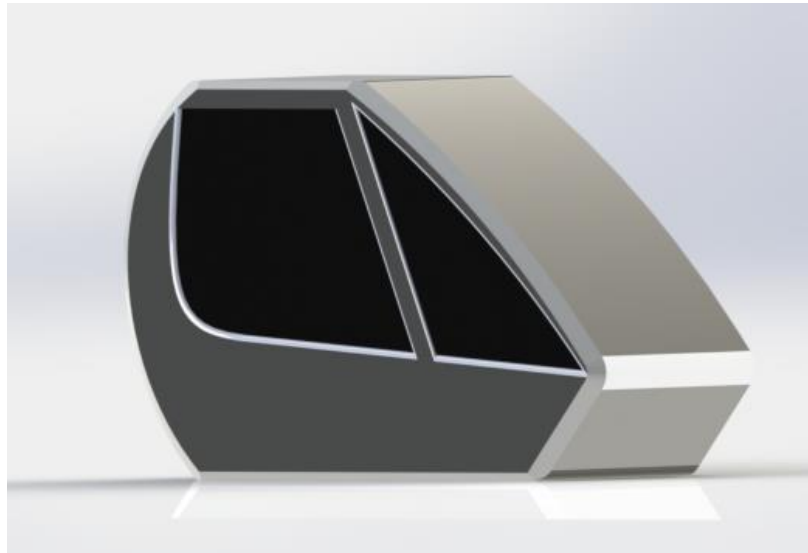
Figur 8.9: Dørløsninger: A) Dør med åpning helt ned til terskel og rette dørkanter. B) Avrundet i bakkant i forhold til kupeformen. C) Døråpning med høy terskel. D) Døråpning med litt bue i bakkant men rett foran som gjør at døra vipper litt oppover.

8.5. Sammenstilling (Fase I)

I det følgende gis en grov oversikt over sammenstilling med stol innmontert i kupeen i foreløpig skala. Dette for bedre å kunne få oversikt over å dimensjonere og proporsjonere som grunnlag for videre raffinering for bedre design. Etter at jeg fikk satt sammen forskjellige deler fikk jeg se at noe ikke stemte. Stolen ble alt for lav og måtte endre på høyde. Dette gjorde at jeg måtte endre på høyden til kupen slik at stolen passet inn.



Figur 8.10: Tidlig modell med gjennomsiktige dører for å kunne betrakte stol og kupemål i henhold til hverandre, hvor stolen er posisjonert for nærme gulvet og vil måtte heves. Likeledes ser man at takhøyden er for liten og det må justeres i kupedimensjonene.



Figur 8.11: Litt senere rendering med litt flere justeringer i fronten og vinduer samt med litt mer høyde og fargeforslag.

8.6. Designrevisjoner (Fase II)

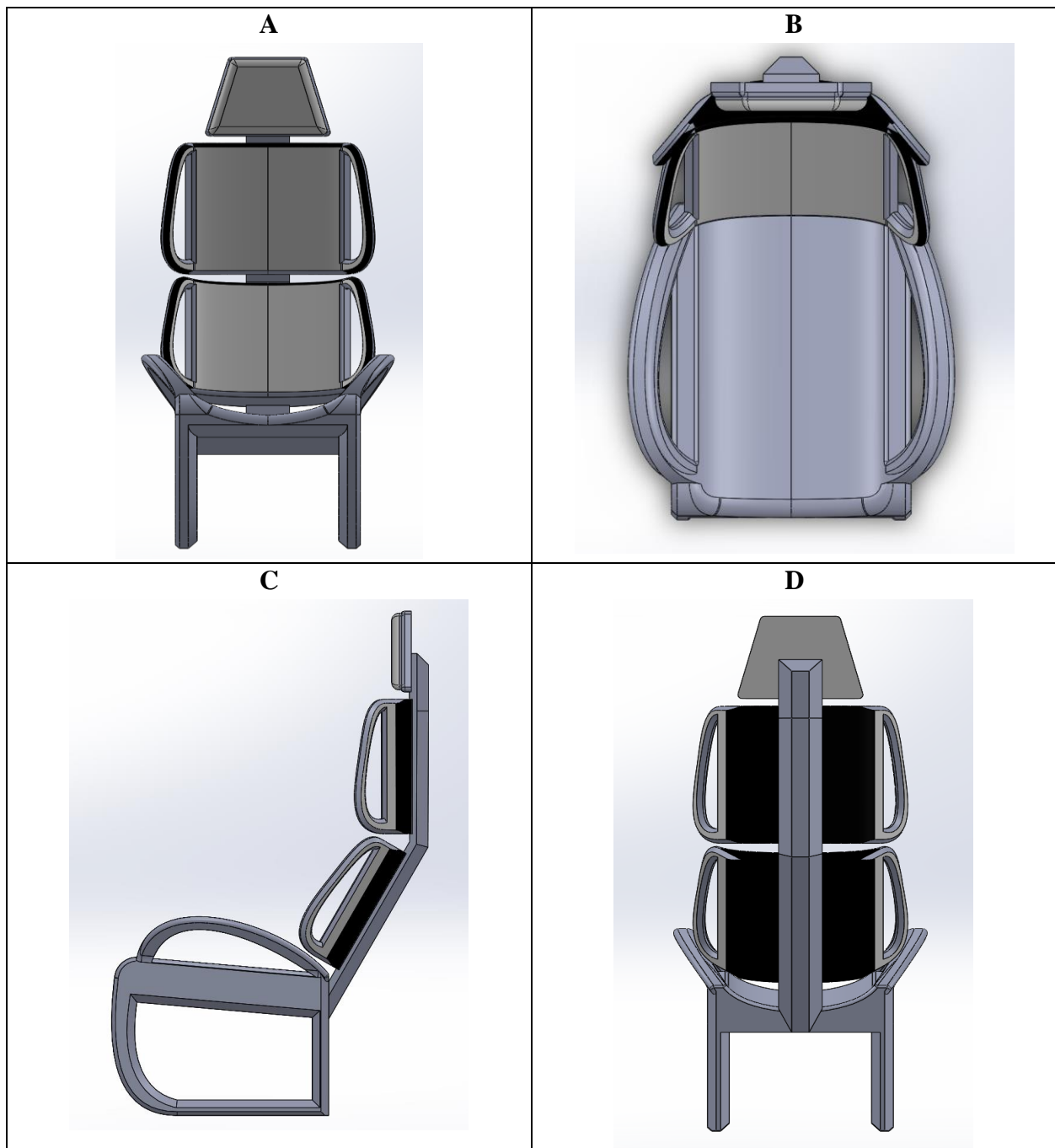
Etter de første modellene så jeg flere ting måtte endres på når det kom til form, dimensjoner og utseende dersom man skulle følge det beste av ergonomiske krav og oppnå et spennende design. Dermed startet en ny designfase, der følgende trinn inngår.

- a) Revisjon av formen på stolryggen og setevinkel.
- b) Revisjon av stol-understell med større sittehøyde og bedre puter.
- c) Tilpasninger av dashboard med digital visualisering og ratt.
- d) Mer detaljert utforming av kupe med detaljering.
- e) Tilpasning av dørform, spesielt på innstigningsiden.

8.6.1 Stoltilpasninger

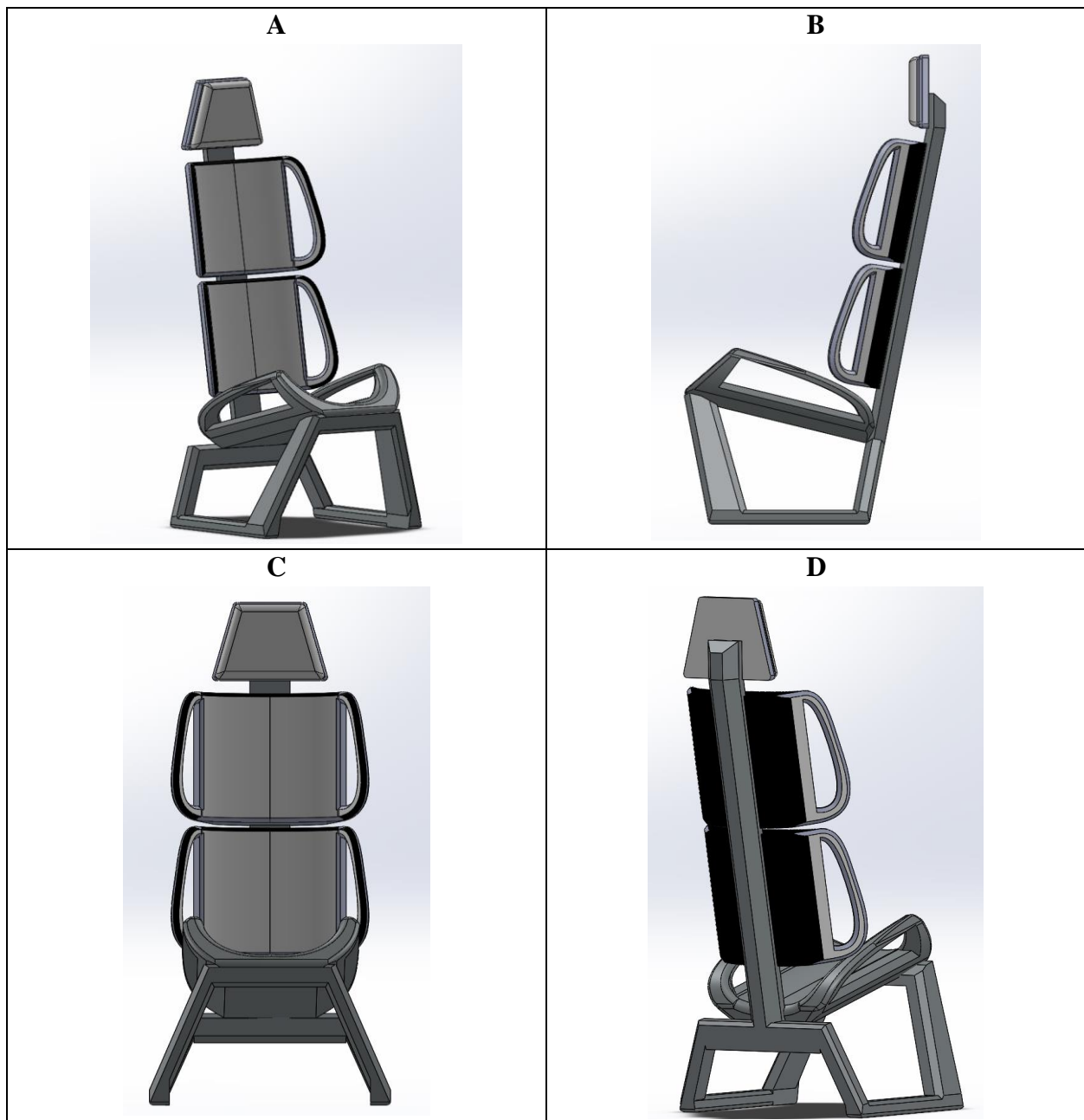
Første jeg la merke til var at stolen var for lav i henhold til ergonomiske krav og måtte heves for å få korrekt krav. Jeg måtte også endre vinkelen på setet til 20 grader som er vanlig i kjøretøy.

Første tilpasning: Først tilpasset et understell som gir en høyere og bedre sittestilling. Det ble også produsert en annen stol som hadde hele underdelen som en egen del hvor ryggen var løs.



Figur 8.12: A-D) Første tilpasningstrinn hvor sete er designet med ny underdel hvor bunnen består av en del og ikke to individuelle deler.

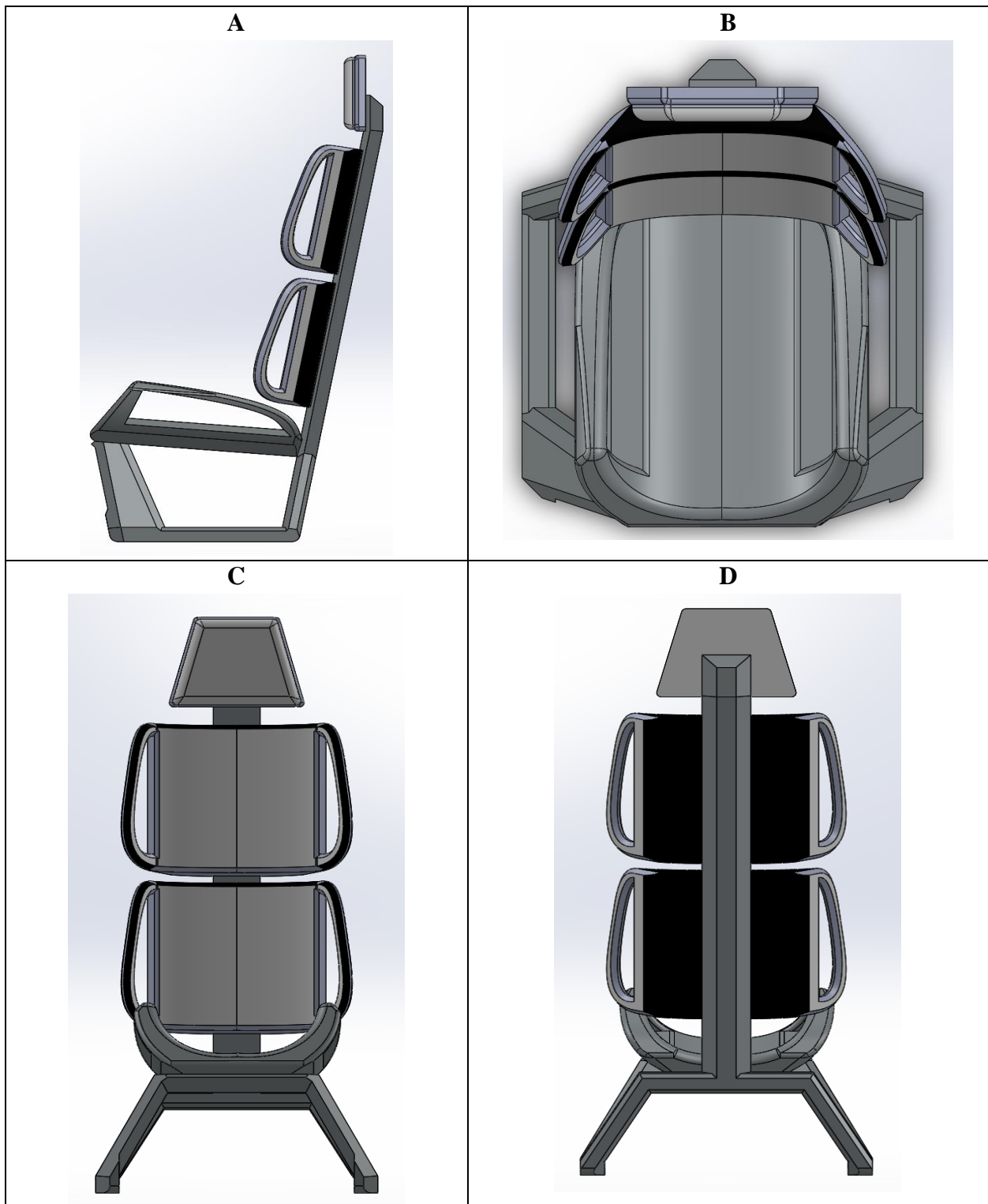
Andre tilpasningstrinn: I dette trinnet løses ryggen opp og puten blir en egen del som gjør det lettere å justere etter brukerens behov.



Figur 8.13: A-D) Sete med rett rygg og vinkel på 20 grader etter ergonomiske krav for bilsete, men der vinkelen blir litt for stor med hensyn til god sikt forover. Det er ønskelig å heve bakenden litt.

Tredje tilpasningstrinn: Etter at gjorde dette valgte jeg å senke setevinkelen til 5 ° for å gi bedre sikt forover ved landing. I dette tilfelle fulgte jeg da heller kravene/anbefalinger til arbeidsstoler som lignet mer på formen de bruker i kommersielle fly.

Setevinkel redusert til 5 Grader (Se også neste side):





Figur 8.14: A-E) Samling av 3D-illustrasjoner for siste versjon i utviklingstrinnene fra utkast til setet med rett rygg 5 grader setevinkel og nytt understell.

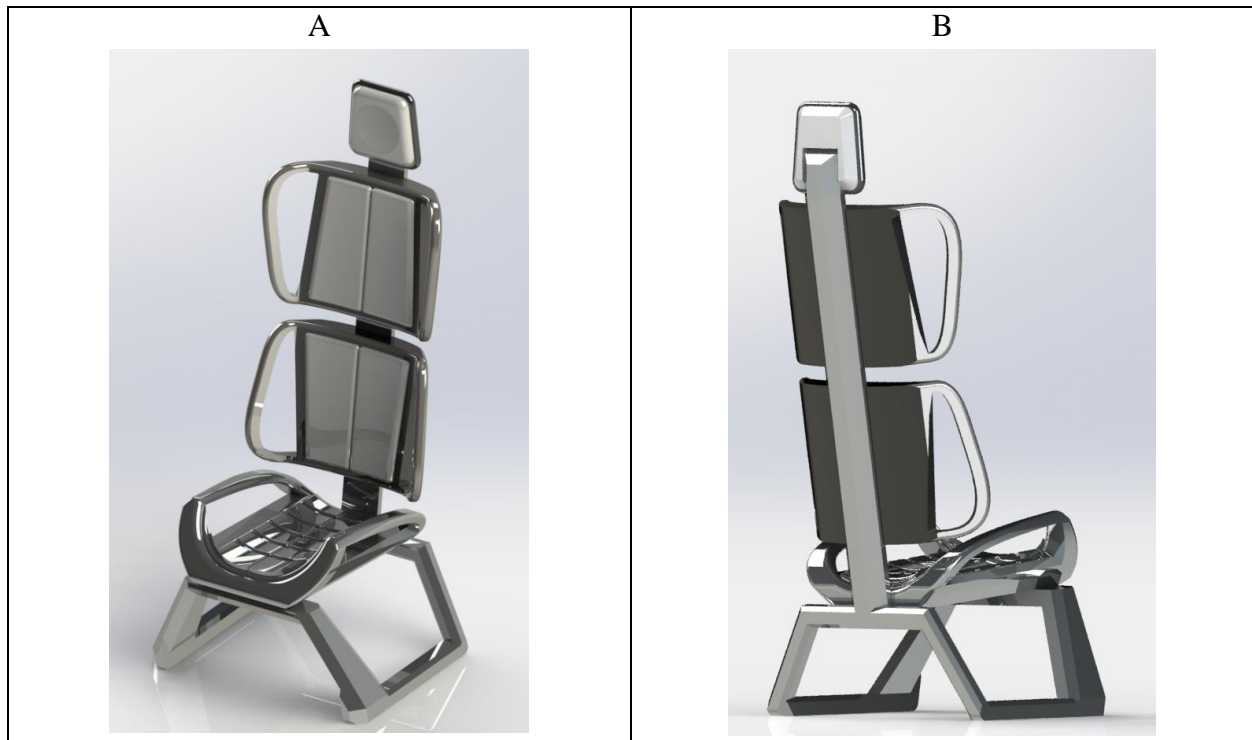
Etter siste trinn fikk et resultat for stolutformingen som jeg kunne være mye med fornøyd i forhold til kupeutformingen for Dolphin og en sittestilling som passer bedre inn i designet for hele fartøyet.

Fjerde tilpasning, puter: Et forhold som de færreste tenker nøye over er at man ofte kan bli sitte lenge i et sete. Forhold som virker inn på komfort er setedempingen, hvilken grad fuktighet absorberes eller ledes vekk, likeledes om seteflaten oppfattes som kald eller varm når en setter seg inn. Et annet forhold som er viktig å tenke på er slitestyrke på setene.

En vanlig seteløsning til et kjøretøy kan veie fra 15-35 kg avhengig av understell og justeringsmuligheter. I Dolphin Sky vil det være viktig å få lagd så lette seteløsninger som mulig. Dette gjelder da også setematerialene. Seteutforming omfatter følgende:

- a) Nedre setedel med riflet overflate for lufting.
- b) Øvre setedel med modulputer (justerbare i høyden).
- c) Kombinert nakkepute og nakkestøtte (justerbar).

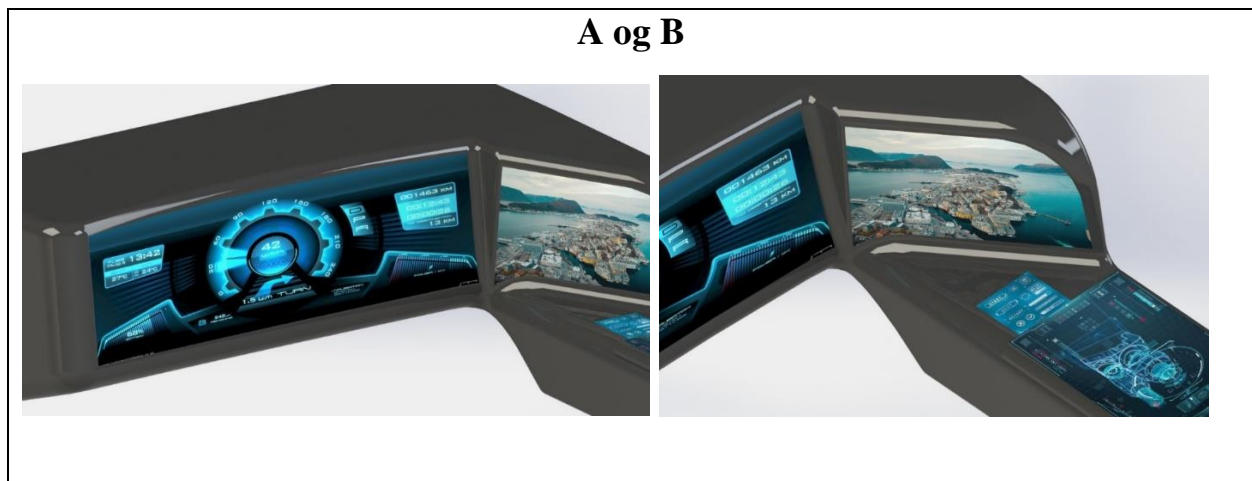
Neste side illustreres ulike aspekter av setepute designet i en større helhet i forhold til seteform.

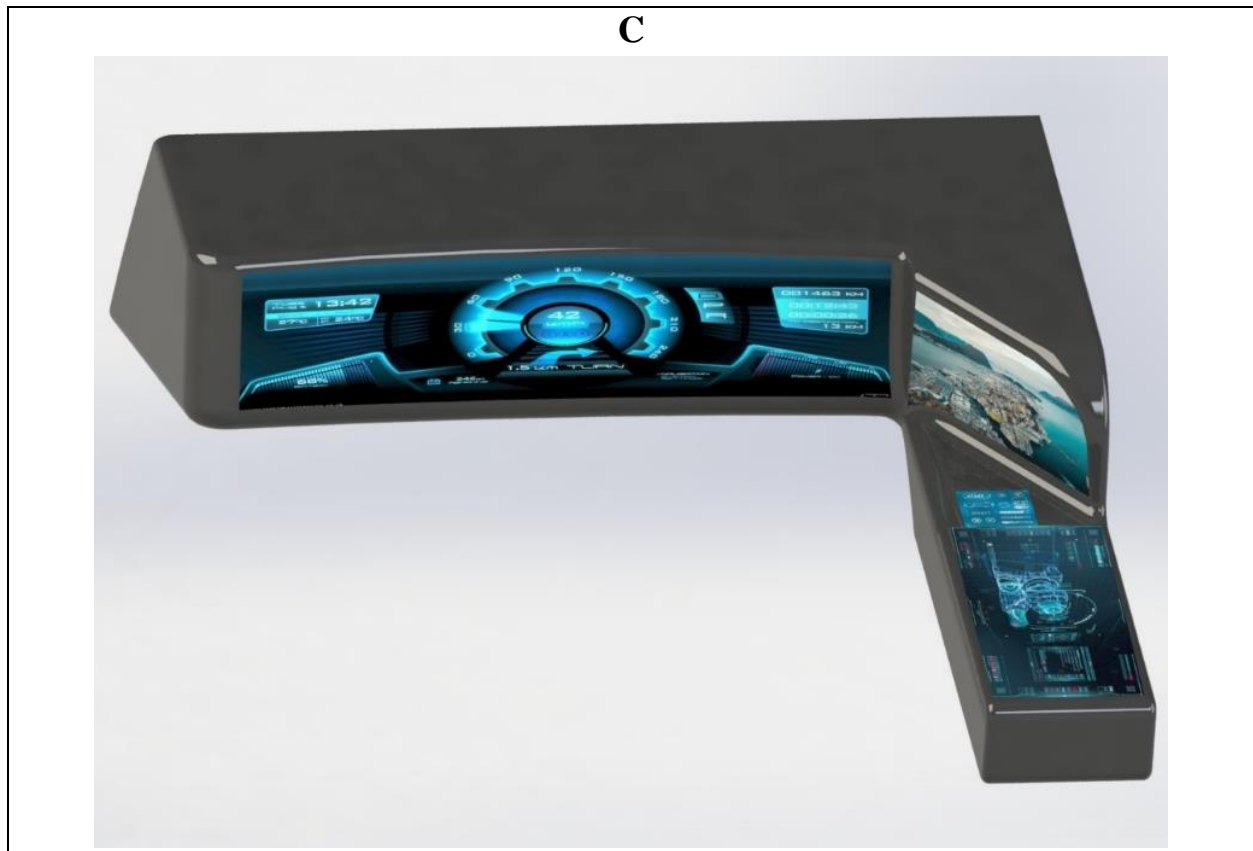


Figur 8.15: A-B) 3D-Render av steversjonen med løs puter og mer detaljer omkring putedesignet.

8.6.2 Cockpit og ratt tilpasning

I dette stadiet har jeg lagt til digitale instrumenter som viser informasjonene en trenger under bruk, som f.eks. fart, høyde, retning, batterikraft igjen og andre ting. En ekstra skjerm for ryggekamera, samt kamera som viser ting under flyvning av fartøyet (Se også neste side).





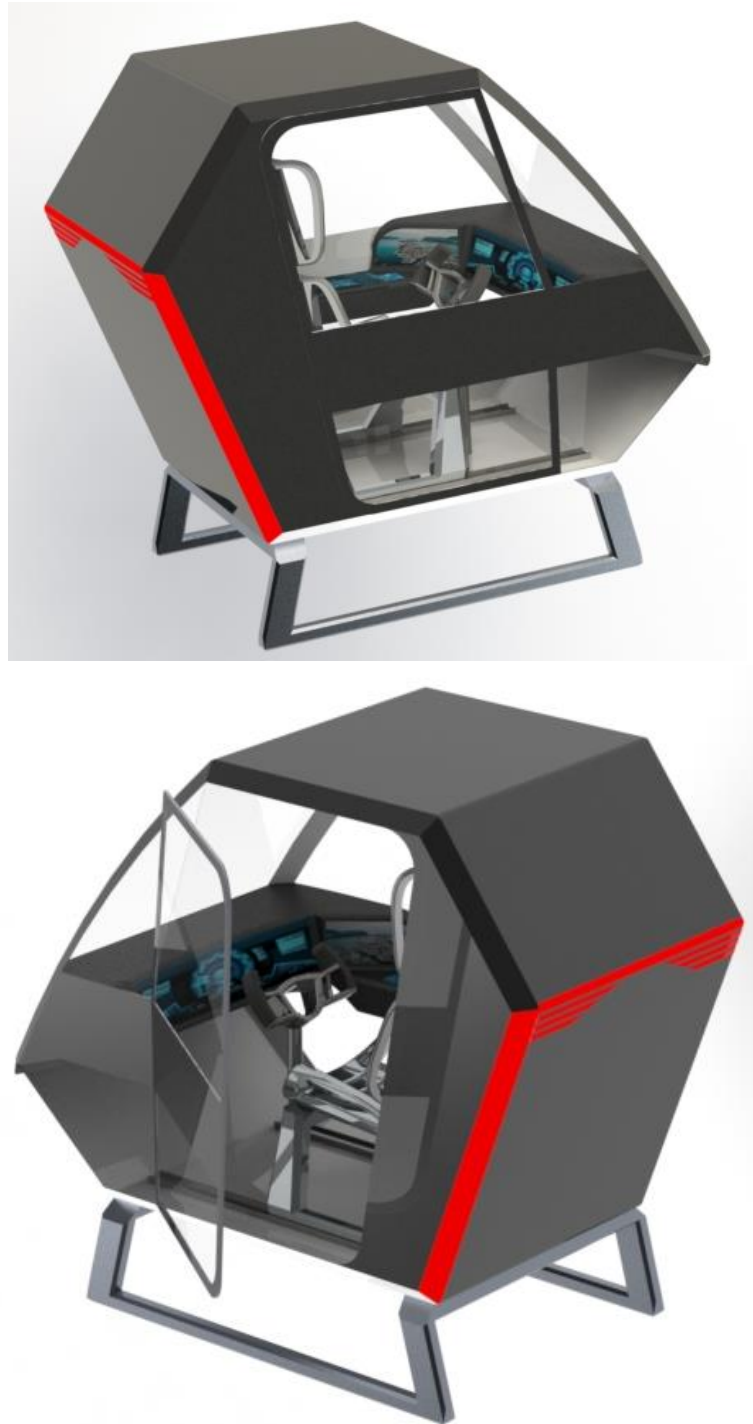
Figur 8.16: A) Rendering av dashbord med hoved-display foran fører. B) samt sidedisplay med ryggekamera. C) Touchpanel i bakre delen av sidedisplay.

Endelig rattutforming:



Figur 8.17:A-B) Ferdig design på ratt med aluminium og kunstlær på håndtakene. I senter vil det kunne bli plassert en logo eller annet instrumentering.

Helhetsrendering av kupe med interiør:



Figur 8.18: Helhets rendering av kupeløsning klar til innstigning.

Tabell 8.1: Oversikt over dimensjoner og hoved data på prototypeløsningen.

Dimensjoner og egenskaper	Mål
Ytre dimensjoner til Dolphin Sky	
Lengde	1900mm
Bredde	1000mm
Høyde	1400mm (1730mm med ben)
Stol	
Bredde	600mm
Høyde	1345mm
Lengde	700mm
Ryggvinkel	100°
Setevinkel	5°
Dør	
Høyde	1300mm
Lengde	960mm
Ratt	
Høyde	190mm
Bredde	380mm
Materialvalg:	
Karbonfiber (På skallet)	
ABS-plast	
Aluminium	
Polyester	
PU (formstøpt polyuretanskum)	

9. EKSTERN INPUT FRA FAGPERSONER

Dette kapittelet tar for seg ekstern konsepttesting som ble gjennomført etter at jeg hadde ferdigstilt det meste av prosjektet. Dette skal kunne brukes som en tilbakemelding for diverse forbedringer og tips til videre arbeid.

9.1. Målsettinger for testingen

Ved slutfasen av prosjektet, ble det valgt å utføre en test hos fagpersoner på NMBU for å få objektive synspunkter rundt konseptet. Det er blitt gjennomført spørreunde for å få et innblikk i hvordan fagpersoner opplever produktet. Viktigheten med denne undersøkelsen er å få innspill om Dolphin Sky, fase 2 har forskjellige sider som kan forbedres.

Hovedmålet for testingen er å få faglig input knyttet til designvalg og spesielt i forhold til materialvalg, robusthet, og mulig tilvirking. Likeledes generell inntrykk av designarbeidet som kan være til god nytte videre.

Følgende delmål/hovedspørsmål inngår i testingen:

- *Hva de synes om designet og 3D-designet, helhet og deldesign.*
- *Materialvalg og alternativer.*
- *Kobling/festemuligheter for de forskjellige delene og materialene.*
- *Hvordan kan design og utforming av konseptet bli bedre?*

9.2. Valg av fagpersoner

Ved valg av fagpersoner var det mest optimale å spørre de med mest erfaring innenfor de relevante fagfeltene. Valget falt på de som er vist til nedenfor i tabell 9.1 som har sine spesialfelt som kan hjelpe på utviklingen av prosjektet innen materialvalg og design.

Tabell 9.1: Valg av fagpersoner som ble brukt under tilbakemeldingen

Navn	Stilling	Spesialitet
Egil Stemsrud	Senioringeniør	Konstruksjon/Dimensjonering/Materialvalg
Henrik Holmberg	Overingeniør	Teknisk Tegning/Programvarebruk/3D-Design
Stine Meling	Advokat	Inspirasjon/Brukerperspektiv

9.3. Kommunikasjonsmetode

På grunn av situasjonen med Covid-19 ble testingen gjennomført via «Windows Teams». Etter forholdene fungerte dette fint, men det var ikke like optimalt som å møtes ansikt til ansikt.

9.4. Resultater

Jeg prøvde å holde meg innenfor de rammene som jeg hadde satt med enkle spørsmål som henviser til målene for testing, men de fagfolkene hadde så mye mer som jeg kunne notere ned og bruke videre. Dette ser jeg på som en stor hjelp ved videre arbeid og forbedring av designet for senere oppgaver.

Hva synes de om designet?

Her har tilbakemeldingene vært utrolig positiv. Dette synes jeg var veldig artig da jeg føler jeg tok en stor sjans på noe annerledes og originalt, noe som ikke er veldig vanlig og som kanskje er før sin tid. Jeg var redd de tenkte at jeg hadde tatt en lett utvei med rette former og enkle løsninger, som kunne slå tilbake på meg ved å kanskje vise mindre kunnskap om design og erfaring i Solidworks. Dette gjorde at jeg fikk en positiv følelse over designet som kunne gjort det artig å få testet det ved en senere oppgave om meninger fra «mannen på gaten».

Materialvalg

Grunnet fokuset på vekt var valget på de fleste overflatene karbonfiber grunnet styrken og dens lave vekt i forhold til stål.

- **Kroppen**
 - Meste av kroppen med platene rundt burde støpes i karbonfiber
 - Vinduet burde være i ABS-plast
 - Selve skjelettet som holder sammen kroppen burde være i aluminium grunnet vekt
- **Sete**
 - Formene som har kontakt til kroppen støpes i hardplast med polyester og PU (formstøpt polyuretanskum) som pute
 - Underdelen med ryggen burde produseres i aluminium for styrke for å holde sammen setet for sikkerhet.
- **Dashboard**
 - Støpes i karbonfiber

- **Ratt**

- Siden rattet skal påføres kraft i forskjellige retninger sammen med halsen burde den være produsert i aluminium.
- Rattet burde ha et trekk av lær, gummi eller grov plast for bedre grep og behagelighet.

Koblinger og fester av de forskjellige delene og materialene

Det ble anbefalt at benene ble festet direkte til skjelettet med skruer og skinner som skulle holde bedre ved landing. Siden der døra skal festes er loddrett kan det fikses lett med to små hengsler eller en lengre en. Det må også installeres en list som stopper døren slik at den ikke går lenger innover enn nødvendig. Dette hadde jeg allerede tenkt, men fremkom ikke i 3D-modellen.

Festet mellom gulvet og stolen må ha en låsemekanisme slik at stolen ikke flyr av gårde ved en evt. en kollisjon. Dette kan løses med bolter som har en fjærløsning som gjør det lett og demontere stolen skal fikses eller endres på. Mellom flyvemodulen og kupeen kan det være en strikkløsning som beskytter taket mot den enorme kraften som oppstår når fallskjermen løses ut. Platene anbefales å festes til skjelettet med en blanding av lim og nagler.

Hvordan kan design og utforming av kjøretøyet bli bedre?

Ikke mye tilbakemeldinger utenom at det kan være smart med en skråprofil på benene som kan forhindre bøyning hvis en lander skjevt.

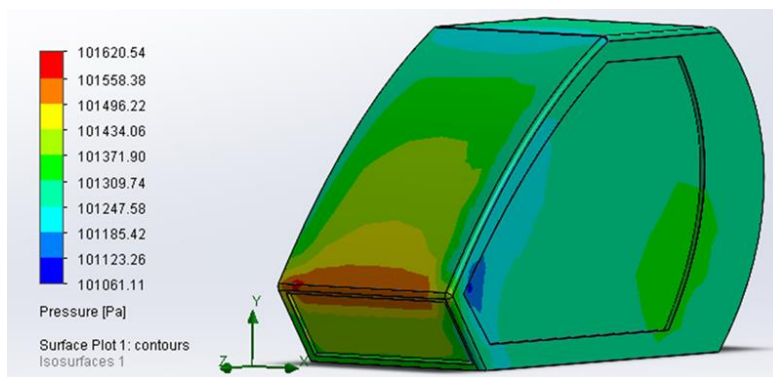
Oppsummering

Alt i alt var det både produktive og konstruktive tilbakemeldinger som en kan ta med videre i prosjektet. Mye falt naturligvis utenfor denne oppgavens tidsrammer (Jfr. begrensninger avsnitt 2.3), på dette tidspunktet. Dette medfører at det var mye som ikke kunne gjennomføres eller benyttes og som derfor må legges til i videre arbeid. Jeg var litt nervøs for tilbakemeldingene, men i ettertid er jeg veldig lettet over den positive responsen og alt jeg har lært av disse dyktige fagpersonene.

10. ROBUSTHET, VEDLIKEHOLD OG RESIKULERING

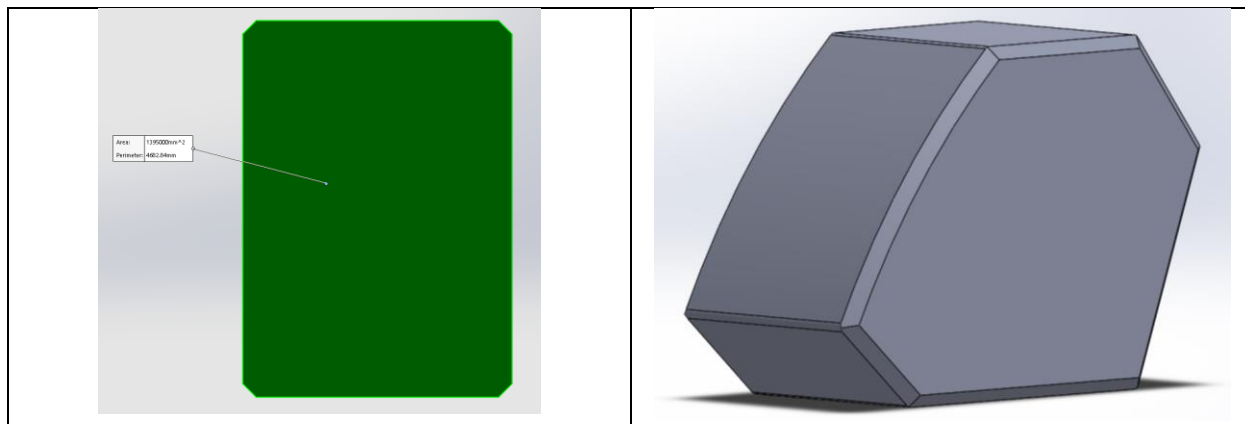
Her blir det sett på de aerodynamikken til Dolphin Sky slik designet har blitt til slutt. Dette omfatter enkle beregninger av luftmotstand koeffisient og visninger av hvordan luft-strømningene oppfører seg i forhold til designet av kjøretøyet. Materialer og vedlikehold vurderes også.

10.1 Luftmotstand og beregninger



Figur 10.1: Inntrykk fra en liten hurtigtest av luftmotstandsforhold ved Solidworks Flow Simulation av første formutkast (Jfr. avsnitt 8.1).

Analyse i Solidworks Flow Simulation: Det ble brukt en enkel modell som kun bestod av skallet og benene til fartøyet. Siden benene var såpass små og tynne tok jeg kun med det største arealet av 3D- kroppen i arealet som er 1395000 mm².



Figur 10.2: Bildet til venstre viser det største frontarealet på 3D designet angitt som 1395000 mm². Bildet til høyre viser 3D figuren brukt uten ben i luftmotstand-analysen.

Variabler: Nedenfor kommer nødvendig data for beregninger der det kun valgt en øvre hastighet som er ca. 60 km/t, dette er en verdi som er satt av hovedveileder Jan Kåre Bøe, samt at luftmotstanden C_w kan grovt settes til 0,5 jfr. figur 4.17. Verdien for lufttetthet er $1,293 \text{ kg/m}^3$ ved 20°C og standard atmosfæretrykk på 101325 Pa .

Tabell 10.1: Oversikt over verdier som brukes for å regne ut luftmotstandskoeffisienten

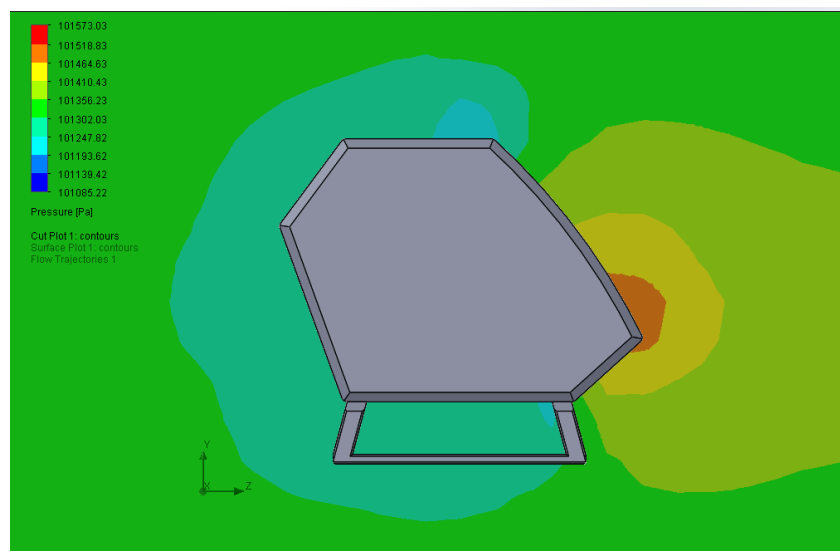
Parameter	Omregning	Verdi
Hastighet, v	60 km/t (Jan Kåre)	16,667 m/s
Tetthet, ρ	-	$1,202 \text{ kg/m}^3$
Areal, A	-	$1,395 \text{ m}^2$
C_w	-	0,5 (Grovt)

$$F_D = \frac{1}{2} * C_w * \rho * A * v^2$$

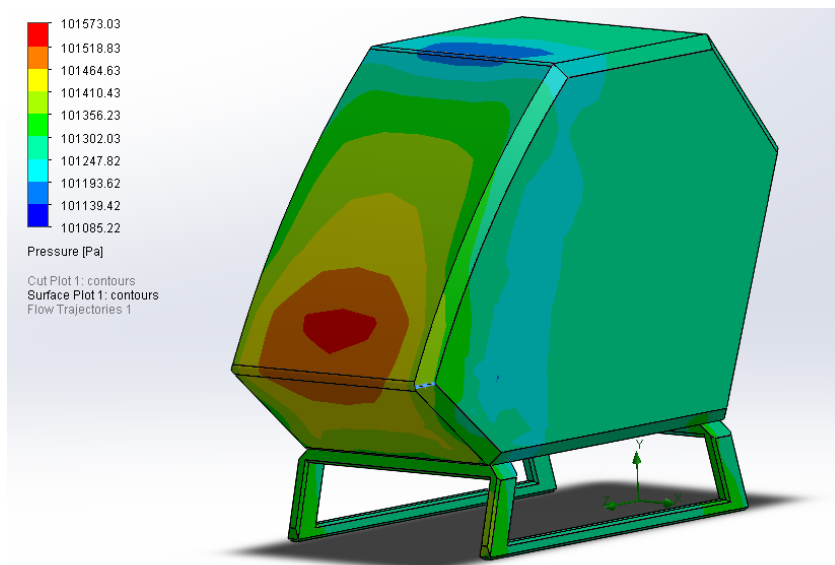
$$F_D = \frac{1}{2} * 0,5 * 1,293 * 1,395 * 16,667^2 = 125,26 \text{ N}$$

10.2 Visualisering

I figuren under vises trykket som dannes på fartøyet i 60 km/t. Området med størst trykk er helt i front, som er logisk. Rødt område viser det det forekommer størst og blå viser der det forekommer minst. Trykkskalaen vises på venstre side.

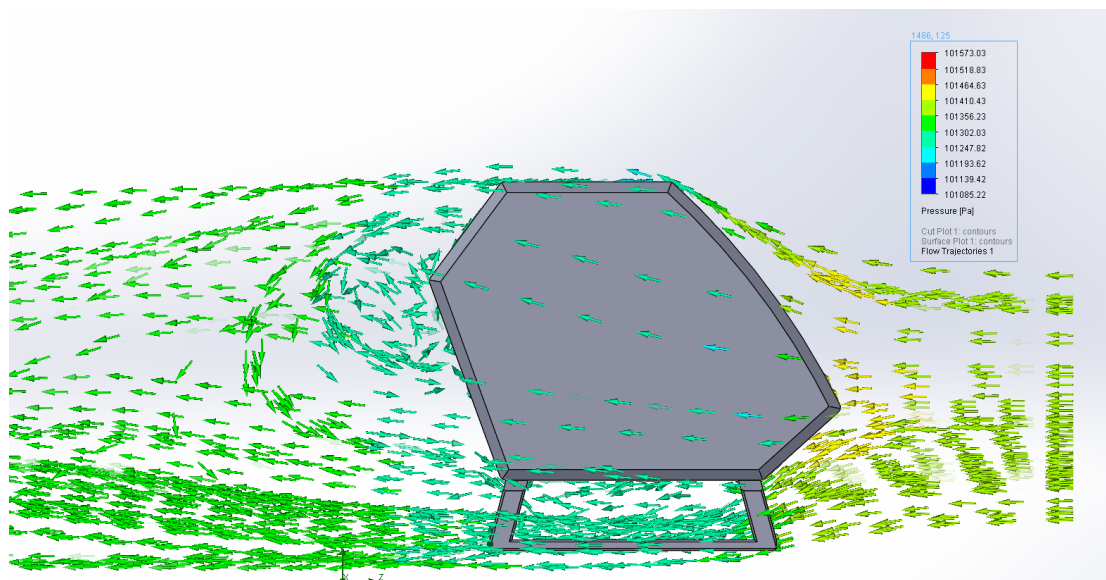


Figur 10.3: Ikke overaskende er det mest trykk forrest på fartøyet der luften treffer først. Dog er trykkforskjellen så lite at dette kun viser hvor det er mulig for liten forbedring.

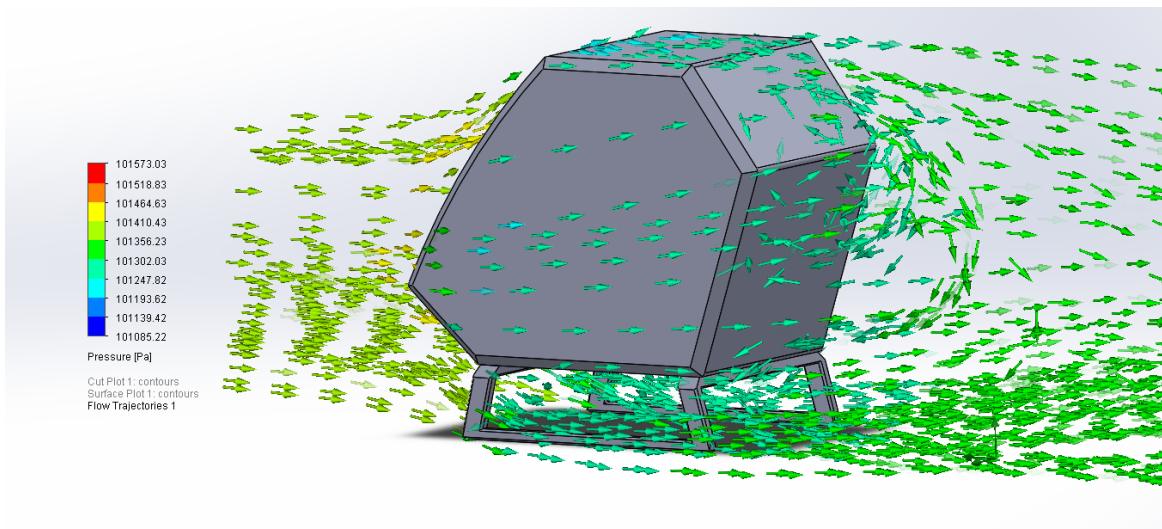


Figur 10.4: Press på hele fartøyet sett i 3D. Som forklart over er det forventbart hvor det kom til å forekomme mest trykk. Dette kan forbedres senere ved optimalisering av figuren. Igjen er trykkforskjellen så lite at dette kunne viser hvor en burde se først.

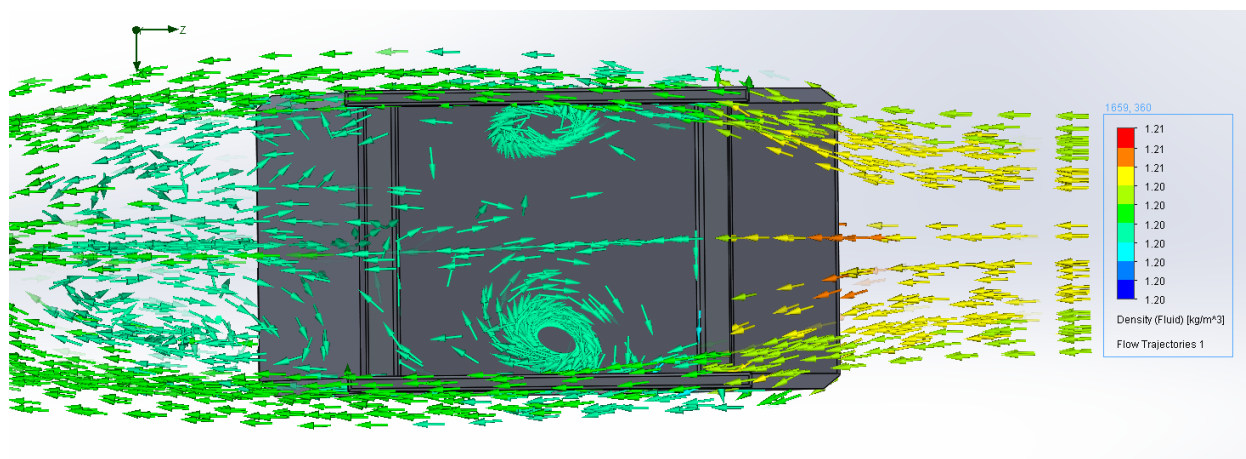
I figur 10.5 og 10.6 nedenfor vises hvordan luftstrømmen fordeler seg rundt kjøretøyet i hastigheten 60 km/t.



Figur 10.5: Mest press fra understellet som vil skape løft via undertrykk.



Figur 10.6: Vi ser at det skapes turbulens bak modellen.



Figur 10.7: Dannes turbulens under ved benene.

Kort oppsummering:

Ved hjelp av simuleringsprogrammet Solidworks Flow Simulation er det sett på hvordan en løftstrøm vil oppføre seg omkring førerkupeen hos Dolphin Sky slik den foreligger. Likeledes hva slags endringer som bør gjøres for å bedre de aerodynamiske egenskapene. Figur 10.4 viser hvor en burde begynne for å forbedre luftstrømningen først ved å omforme snuten til fartøyet. Dette vil få ned luftmotstanden litt. Forbedringsmuligheter kan oppsummeres slik:

- Frontpartiet bør avrundes mer, men fortsatt prøve og opprettholde konseptet.
- Optimalisere bakenden mer slik at det ikke blir like mye turbulens.

Nå skal det sies at det vi ser på er kun små detaljer siden farten er så liten, så igjen er dette forbedringer som vil hjelpe litt men ikke betraktelig som hvis farten skulle vært helt oppe i 100-120 km/t. De øvrige luftsimuleringene viser et positivt inntrykk av formgivningen og antyder også et bidrag til løft, noe som er viktig i alle vingekonstruksjoner.

10.3. Materialer, styrke og vedlikehold

Materialvalg er en svært viktig del av produktutviklingen. Valg av materialer gir både muligheter og begrensninger i utviklingsprosessen. I denne prosessen bestemmes kun materialet av skallet til karosseriet, og materialet blir valgt ut fra behov og design. Vekten på materialet bør være relativt lav, ha god styrke og formbarhet. Et kjøretøy kan bli utsatt for store belastninger, blir belastningene av materialet for stort går det utover flytegrensen og gir varige deformasjoner.

En drøfting av aktuelle materialer følger under:

Stål

Stål er det materialet som er mest brukt gjennom tidene i bilkarosserier, på grunn av sin gode styrke og formbarhet, samt at materialet er billig. Det er et materiale som er enkelt å arbeide med og kan sveises. Ved å benytte forskjellige legering av stål kan man øke styrken. Ulempen med stål er at det er tungt i forhold til konkurrerende materialer og har dårligere korrosjonsbeskyttelse. Etersom det har blitt mer fokus på vekt i bilindustrien med tanke på miljø, har man gått mer bort fra stål som et helhetlig karosserimateriale. De fleste personbiler i dag har en blanding av stål- og aluminiumdeler.

Aluminium

Aluminium er et lettmetall med bare en tredjedel av densiteten til stål. Aluminium må bearbeides for i sin rene form er det ikke særlig sterkt, men med forskjellige legeringer og varmebehandlinger får aluminium økt styrke. Materialet har god motstand mot korrosjon, da det blir dannet et naturlig oksidasjonslag over metallet. Før var det mest vanlig å bruke aluminium i noen av delene i tyngre kjøretøy som lastebiler og busser for å spare vekt. I dag er aluminium mer brukt, også noen bruker det i hele karosseriet i vanlige personbiler. En ulempe er at aluminium har lavere bruddfasthet og stivhet enn stål, derfor må tykkelsen heves for at verdiene skal være sammenlignbare, og dermed blir vekten også høyere. Til tross for dette, vil et karosseri i aluminium veie mindre enn et karosseri i stål, men ulempen er at prisen vil bli høyere. Den må også forbehandles hvis det skal fargelegges ellers vil fargene flasse av.

ABS-plast

I moderne biler blir det bare mer og mer plast, ettersom plast har lav vekt og god formbarhet. Den mest brukte plasttypen er ABS-plast, som er lett og elastisk, med en god slagfasthet. ABS har gode bearbeidingssegenskaper og lar seg varme forme og sveise. ABS-plast har glatt finish som har god holdbarhet og er ment for å vare lenge. Ulempen med ABS-plast er at den kan gi et billig preg og fort gi riper i karosseriet.

Karbonfiber

Karbonfiber er et materiale som kommer til å bli mye brukt i fremtiden både på grunn av sin lave vekt og gode styrke. Den største ulempen er at karbonfiber er meget dyrt, og en annen ulempe er at det er krevende materiale å jobbe med. BMW i3 er trolig den rimeligste bilen som er laget i karbonfiber til nå. Hadde det ikke vært for den høye prisen, ville karbonfiber trolig vært mye mer brukt i dagens biler. Karbonfiber er også lett å laminere som gjør det lettere å beskytte mot riper og produsere i andre farger.

Tabell 10.2: Oversikten over materiellenes motstandsevne mot elastisk deformasjon. (124)

Materiale	E-Modul (GPa)
Stål ASTM-A36	200
Karbonfiberforsterket plast	150
Aluminium Bronse Legering	120
Aluminium	69
ABS-plast	1,4-3,1

Kontroll og ettersyn:

Etter samtaler med Egil Stensrud fikk jeg forskjellige tilbakemeldinger på hva burde gjøres under kontroll og ettersyn. Under selve kontrollen var det viktig å se etter tydelige deformasjoner rundt alle festene av de forskjellige delene for å se etter en mulig svakhet. Ved ettersyn var det viktig å se etter sprekkdannelser på driftsenheten på skjelettet rundt taket der fly enheten er festet etter oppgitte sykluser. Dette er for å forhindre at det oppstår brudd.

10.4. Miljøkrav og resirkulering

ABS-plast:

Dette materialet er petroleumbasert, altså plast laget av olje og naturgass. Plasten er såkalt hardplast, og selv om den kan resirkuleres er den ikke av plasttypene man kan levere i vanlig plast-resirkulering. Den er ikke biologisk nedbrytbar, og hvis det havner i naturen vil de ofte ende opp som mikroplast. Dette er ikke bra for naturens del. (125)

Karbonfiber:

Materialer basert på karbonfibrer har vist seg å være vanskelige å resirkulere, siden man ikke kan smelte dem om slik som med metaller, men i stedet må brenne eller kjemisk oppløse dem for å gjenvinne materialet. Tidlige studier viste at slike fibrer i noen tilfeller kunne forårsake midlertidige betennelser i lunger ved høye konsentrasjoner, selv om langtidspåvirkningen på mennesker ikke synes å være tilstrekkelig kjent må vi fortsatt følge med på utviklingen. (126)

Stål:

Stål kan tåle en høy resirkulert andel uten å miste styrke. I dag er det mulig å kreve 40% resirkulert innhold i sveisede plateprofiler og 70% i valsede profiler (H og I profiler). Armeringsjern kan leveres med 100 % resirkulert innhold. Resirkuleringsgraden i stålet påvirker klimagassutslippet. Ved å benytte stål med mindre vekt for samme funksjon f.eks. høyfast stål, kan de totale utslipp for konstruksjonen reduseres ytterligere. Ved endt levetid kan 100% av stålet resirkuleres, og det finnes veletablerte returordninger for skrapstål i dag. Stålkonstruksjoner kan også gjenbrukes direkte, spesielt boltede fremfor sveisede konstruksjoner. (127)

Aluminium:

Aluminium kan gjenvinnnes i det uendelige uten at egenskapene forandres. I tillegg er aluminium et verdifullt metall, selv som skrap til gjenbruk. Nyere studier har vist at opp til 95% av aluminiums innholdet i kjøretøyer, og 93% av det i bygninger, hovedsakelig i kledningsvegger, kan resirkuleres. Dette gir også fremtidige forretningsmuligheter, siden bygninger vil bli "urbane gruver" for kommende generasjoner, noe som muliggjør en hel gjenvinningssyklus og et kutt i energiforbruket i produksjonen på 95% sammenlignet med produksjon av primæraluminium. (128)

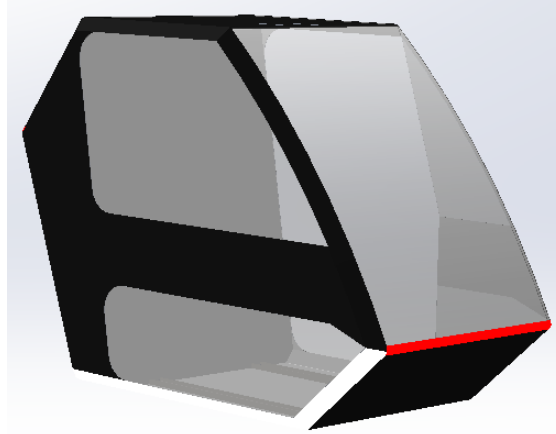
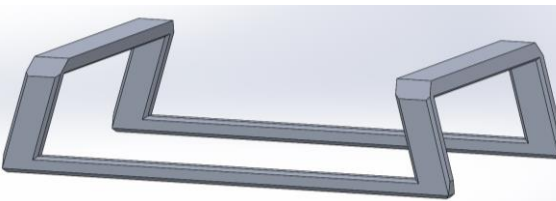
11. FRAMSTILLING OG PRODUKSJONSKOSTNADER

I dette kapitlet skal jeg grovt gå igjennom produksjonsmetodene for de forskjellige komponentene for å se om det er realiserbart. Det optimale er om de kan produseres på NMBU, selv om jeg tror karbonfiberen ikke kan det og må gjøres eksternt.


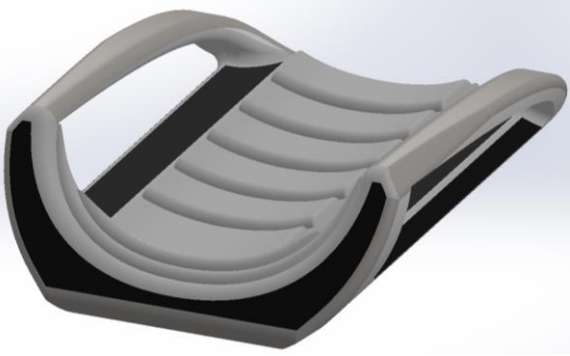

11.1. Produksjonsmetoder

I tabellen under viser jeg en oversikt over produksjonsmetodene for de ulike komponentene. De fleste av komponentene kan produseres på NMBU sitt verksted, men noen av de må produseres eksternt. Noen av komponentene er ikke aktuelle siden de må videre tilpasses og har kun eksistert som en forenklet løsning på grunn av tidsmangel. Dette kommenterer jeg ved komponenten.


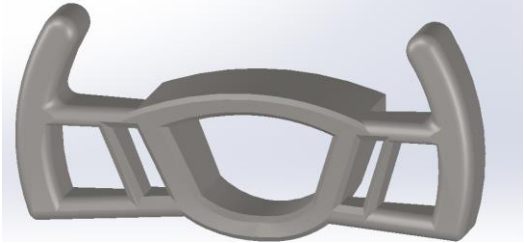
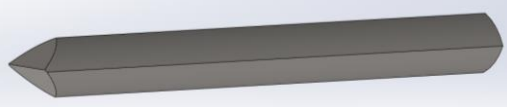

Tabell 11.1: Komponentene presenteres med en figur, navn og en grov beskrivelse av tiltenkte produksjonsmetoder.

Del	Komponent	Produksjonsmetode
Skall		<p>Materialer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Karbonfiber for veggene. • ABS-plast for vinduer. <p>Produksjon:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Begge materialene støpes. <p>Feste:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Festes med lim og nagler til skjelettet.
Ben		<p>Materialer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aluminium. <p>Produksjon:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fres. • Sveise sammen deler. • Bores hull. <p>Feste:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bolter med skiver.

Tabell 11.1 forts.

Del	Komponent	Produksjonsmetode
Ryggpute		<p>Materialer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Karbonfiber. • Polyester. • PU. <p>Produksjon:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hovedformen støpes. • Putene limes på. <p>Feste:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Festes med fjærbolter til ryggen.
Sittepute		<p>Materialer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Karbonfiber. • Polyester. • PU. <p>Produksjon:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hovedform støpes. • Putene limes på. • Bore hull. <p>Feste:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Festes med bolter til stolskjelettet.
Stol skjelett		<p>Materialer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aluminium. <p>Produksjon:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frese kantene og spor til setene. • Sveise sammen. <p>Feste:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Festes med en fjærboltløsning til skinner på gulvet.

Tabell 11.1 forts.

Del	Komponent	Produksjonsmetode
Hodepute		<p>Materialer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Karbonfiber. • Polyester. • PU. <p>Produksjon:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Støper rammen. • Limer på puten. <p>Feste:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Festes til ryggen med klikk-system.
Ratt		<p>Materialer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aluminium • Lær <p>Produksjon:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Freses ut og sveises. • Limer på plast håndtakene. <p>Feste:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Klikk-system til halsen.
Ratthalsen		<p>Materialer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aluminium. <p>Produksjon:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrusjon <p>Feste:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Må videre utvikles
Dashbord		<p>Materialer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Karbonfiber <p>Produksjon:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Støpes <p>Feste:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limes til veggene

11.2. Kostnads kalkyle for prototype

Her vil jeg ta for et grovt kostnadsoverslag knyttet til design og utviklingsarbeid som er gjennomført i dette gradsarbeidet.

Tabell 11.2: Kostnads kalkyle for utviklingsarbeidet av Dolphin Sky kupemodul.

Konseptutvikling	Timer	Pris	Sum (NOK)
Prosjektplanlegging og utredningsarbeid	150	600	90 000
Produktspesifisering	100	600	60 000
Formgivning og design	200	600	120 000
3D-modellering	200	600	120 000
Luftmotstand analyse	50	600	30 000
Prosjektrapport	200	600	120 000
Totalsum og kostnad	900		540 000

11.3. Konkurrentvurderinger

Dette er et lite marked, men en som er i vekst, noe en ser med et økende antall firmaer som begynner å produsere prototyper og som skaper oppmerksomhet rundt produktet sitt.

Fordelen her med Dolphin Sky er at det er et kontinuerlig pågående prosjekt for studenter som vil utvikle sine kunnskaper og ferdigheter innen produktutvikling. Dette gjør at prosjekt er oppdatert med ny teknologi, samt at det «ikke koster seddelpenger siden studenter ikke har timelønn».

Prototypen er det som tar opp majoriteten av kostnadene ved slike prosjekter. Når en serieproduksjon starter faller enhetskostnaden drastisk.

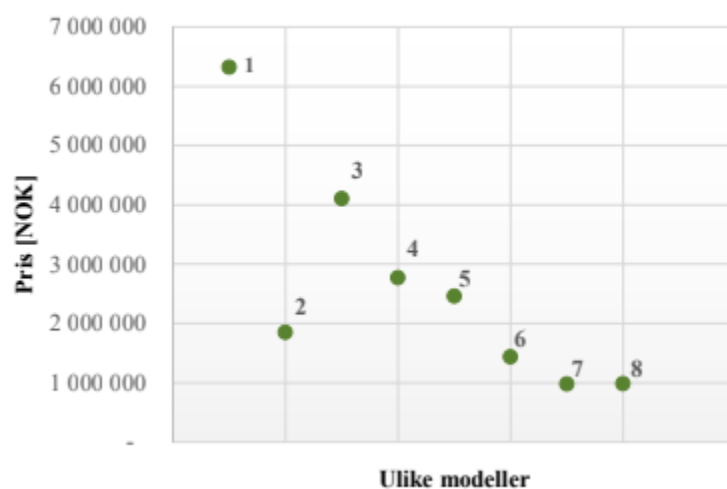
Tabell 11.3: Sammendrag av forskjellige priser fra forskjellige konkurrenter med estimering av pris for Dolphin Sky. (26)

Type	Pris
<i>Ehang 184</i>	Ca. 2 134 000 – 3 201 000 NOK
<i>PAL-V-Liberty (forskjellige typer)</i>	Ca. 3 283 350 - 5 472 250 NOK
<i>AeroMobil</i>	Ca. 1 848 000 NOK
<i>Moller: M400</i>	Ca. 4 105 000 NOK
<i>Terrafugia</i>	Ca. 2 772 000 NOK
<i>Overdrive #1</i>	Ca. 895 000 – 1 439 000 NOK

Tabell 11.3 forts.

Type	Pris
<i>The SkyQuad</i>	Ca. 980 000 NOK
<i>Xplorair</i>	Ca. 493 000 – 985 000 NOK
<i>Dolphin Sky (Prototypstadiet)</i>	Ca. 10 228 794 NOK
<i>Dolphin Sky (Enhetspris)</i>	Ca. 6 323 100 NOK

Prisnivå for de utvalgte modellene



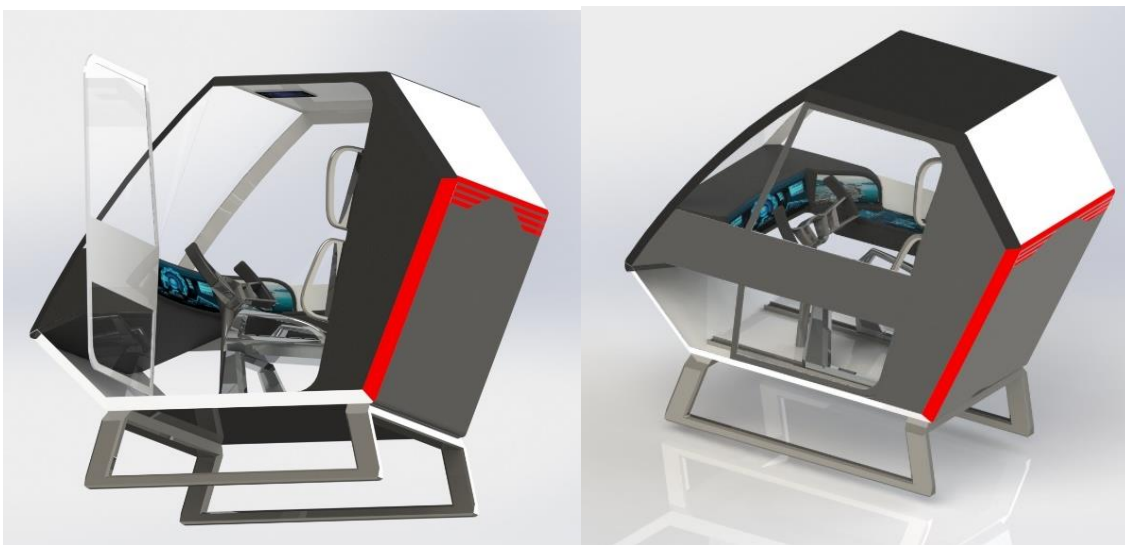
Figur 11.1: Oversikt over hvordan Dolphin Sky (Enhetspris) kan ligge prismessig i forhold til de utvalgte konkurrentene. Nummering representerer: 1: Dolphin Sky, 2: Aeromobil, 3: M400, 4: PAL-V, 5: Terrafugia, 6: Overdrive#1, 7: The SkyQuad og 8: Xplorair. (26)

12. HELHET OG MARKEDSPRESENTASJON

Her vil jeg vise frem renderte illustrasjoner av prosjektet i 3D. Her får et virkelig innblikk hvordan prosjektet vil se ut i virkeligheten.

12.1. Renderte framstillinger

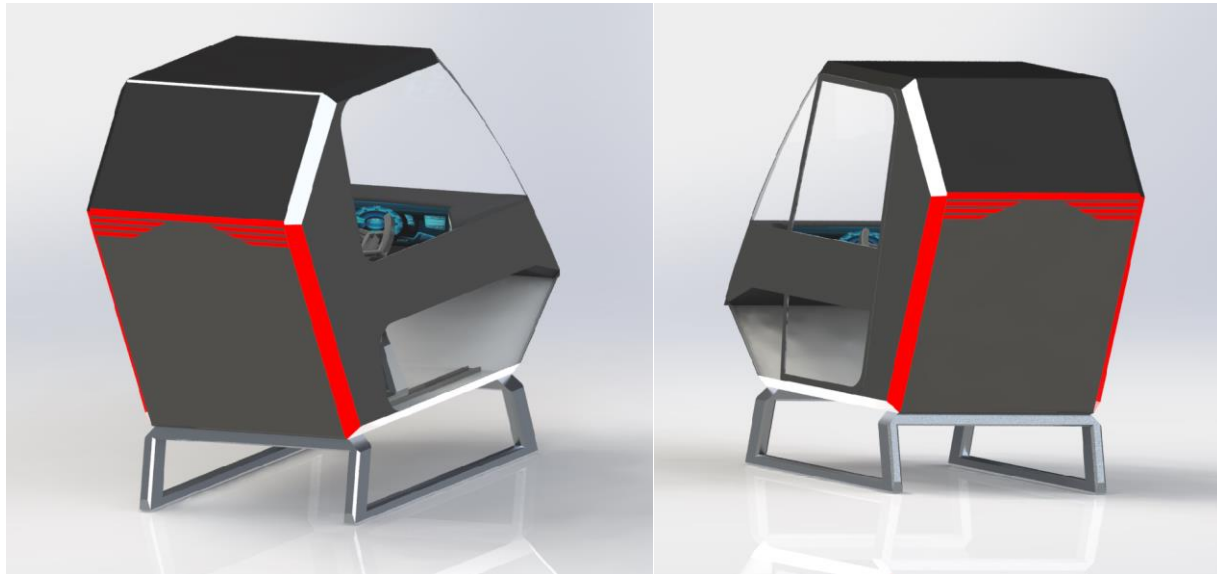
12.1.1 Presentasjonsbilder av Dolphin Sky



Figur 12.1: Helhetsrendering med innsyn i kabinen og med lukket dør.



Figur 12.2: Nysgjerrig mastergradveileder titter inn i kupeen.



Figur 12.3: Sett bakfra med høye bremselys. Til venstre kan det skimtes instrumentering som lyser opp i kupeen.

12.1.2 Sitteplass og seteutforming

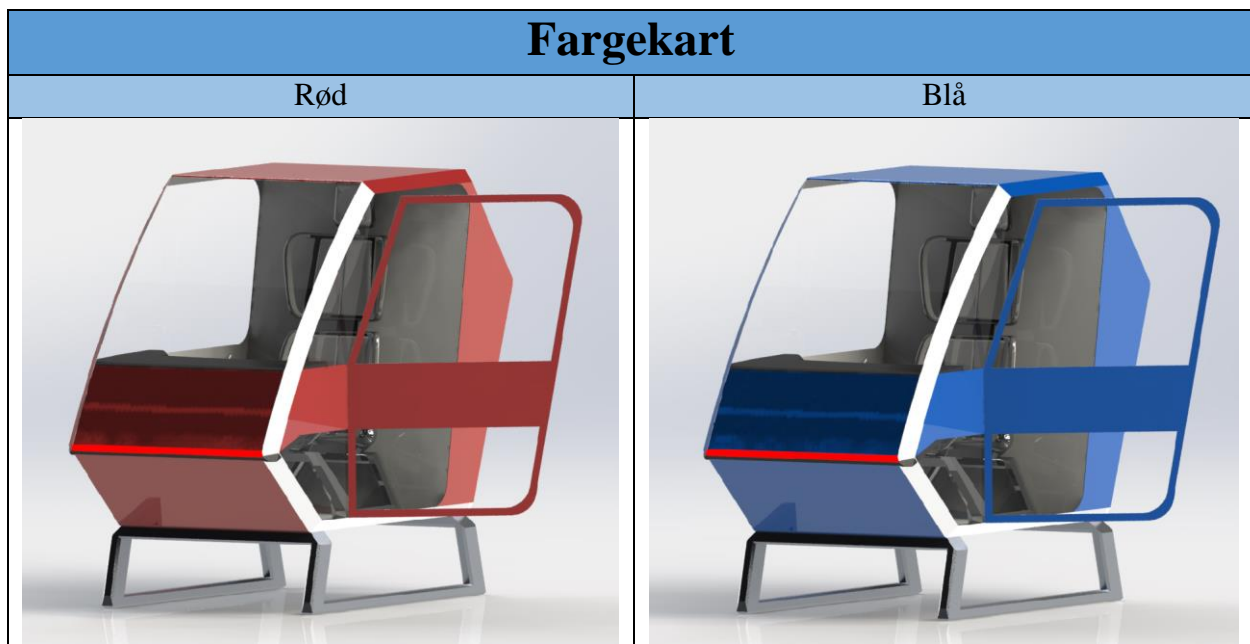


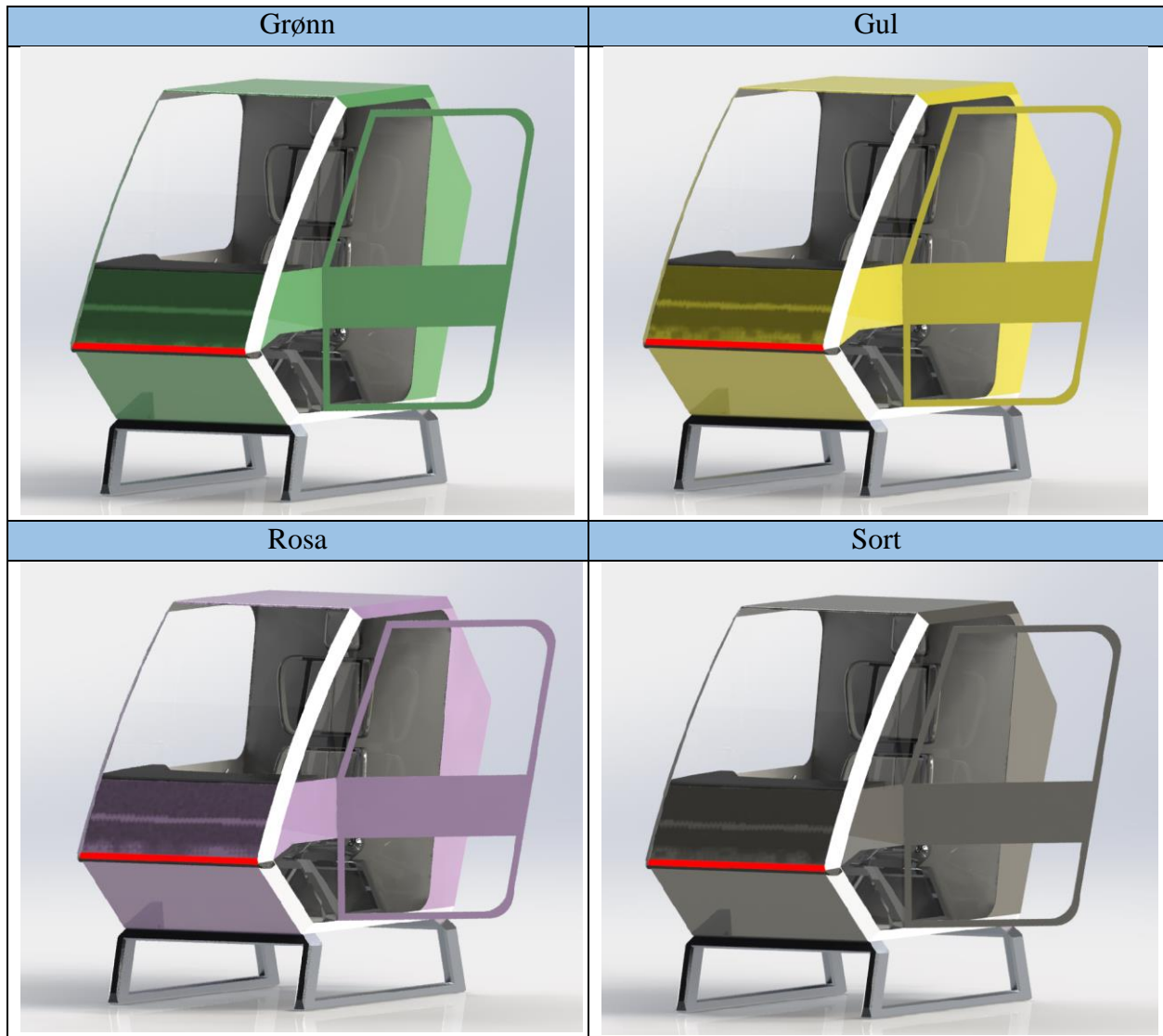
Figur 12.4: Innstigning til førerkupeen med åpen dør. Sidebuene på setet gjør det lettere å komme inn siden du kan gripe tak i kanten.



Figur 12.5: Helhetsinntrykk av setet, utenfor kupeen. Setet kan være et eget produkt.

12.1.3 Forskjellige fargevalg (Se neste side også)





Figur 12.6: Seks forskjellige fargevalg for å tilfredsstille kunder med mange fargepreferanser.

12.1.4 Dolphin Sky i forskjellige miljøer



Figur 12.7: Dolphin Sky på operataket i Oslo. (129)



Figur 12.8: Dolphin Sky parkert foran Ur-Bygningen på NMBU. (130)



Figur 12.9: Dolphin Sky skuer over en del av en amerikansk storby. (Fra Solidworks)



Figur 12.10: Dolphin Sky i en Cyberpunk-inspirert bakgrunn. (131)



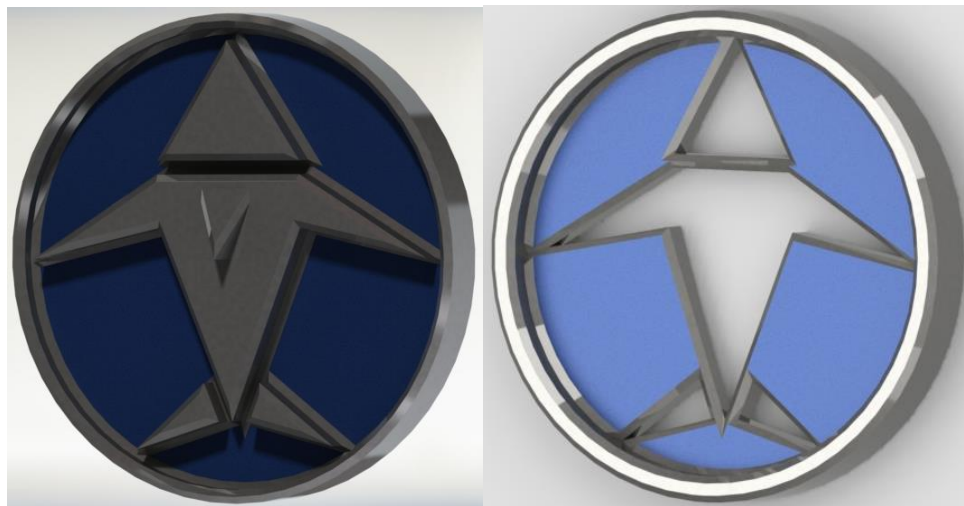
Figur 12.11: Dolphin Sky satt foran en retro-inspirert bakgrunn. (132)



Figur 12.12: Dolphin Sky med et Blade Runner inspirert bakgrunn. (133)

12.1.5 Logo og varemerke

Dolphin Sky logoen bygger på en uorganisk logo av en delfin som er sett ovenfra som ser ut som et fly. Den kommer til å være omgitt av blått som symboliserer både himmel og hav, de uorganiske formene skal symbolisere selve fartøyet og dens design som bygger på det samme. Det er brukt mye tid og ressurser på å finne opp et originalt design på flere deler som skal skape en egen helhet som ikke en har sett før. Som er noe helt unik på markedet som forhåpentlig skal skape interesse på markedet.



Figur 12.13: Logodesign, der jeg har trukket inn litt fra formgivningen i designprosessen og begynte å konverte Dolphin til en flyvefisk.



Figur 12.14: Lykkelig kunde med sin nye Dolphin Sky klar til tur (etter propell montering).

13. PROSESSEVALUERING OG DISKUSJON

I dette kapittelet vil jeg gjøre en evaluering av mine egne erfaringer og læringsprosess gjennom mastergradsarbeidet. Likeledes hva jeg kunne ha gjort annerledes når det kommer til arbeidsprosessen og designprosessen.

13.1. Konseptutviklingsarbeidet, forbedringspotensialer

Mastergradarbeidet har vært en god læring for videre arbeid. I denne prosessen har jeg utviklet meg selv både faglig og som person. Da det alltid er deler av prosjektet som kunne blitt bedre, er det viktig å se på arbeidet som er gjennomført med et kritisk blikk.

Punkter som kunne vært gjort annerledes i arbeidet som er utført:

- **Gjelder for alle prosessene i prosjektarbeidet:** Arbeidet jeg har gjort krever mye kompetanse som er en tidkrevende prosess som helt klart burde bli delt opp i forskjellige prosjekter. Her har oppgaven bestått av å designe fartøyet, innsiden med stol, dashboard og ratt som skulle følge ergonomiske krav. Jeg har i perioder oppfattet oppgaven som omfattende. Mye kunnskap om fartøy og teknikker var viktige for alle ledd i prosessen, noe jeg har begrenset tilgang til. Dette gjorde meg usikker og krevde ekstra tid. Her burde jeg tidligere skjært igjennom og basert tallene på antagelser siden fokuset er på design. Når dette først var gjort fikk jeg bedre flyt i arbeidet, dette ga en økt mestringsfølelse. Min private helsesituasjon har gjort denne prosessen vanskeligere og har nok medført et høyt stressnivå. Av den grunn har jeg i perioder derfor måtte prioritert helse fremfor masteroppgaven. Dette har gjort at effektiviteten ikke alltid har vært like høy som ønsket. Viljen har det derimot aldri stått på, gode samtaler med veileder har gitt meg troen på meg selv i de vanskeligste fasene. Helsesituasjonen har bedret seg noe mot slutten som igjen har økt produktiviteten, motivasjonen og troen på prosjektet. Til tross for Covid-19 som medførte noen endringer og digitale veiledninger, kom jeg meg i mål. Dette er jeg fornøyd med.
- **Prosjektplanlegging:** Her var det mye frem og tilbake og jeg ser i ettertid at jeg kunne jobbet mer effektivt. Jeg hadde mye ideer tidlig i fasen. I denne perioden ble det hentet inn mye stoff og inspirasjoner som i ettertid har vist seg nyttig, og jeg har lært at det er bedre å ha for mye enn for lite materiale. Imidlertid var jeg innlagt en periode av startfasen, noe som hindret progresjonen innen det som var planlagt i prosessdiagrammet.

- **Produktspesifisering:** Det var tøft å prøve å spesifisere produktet når det kom til mål og ergonomiske krav da dette verken er en ren bil eller flyvende fartøy. Jeg brukte ekstra lang tid på å velge ut mål og måter en skulle sitte på. Denne prosessen lærte jeg mye av og sitter igjen med et produkt jeg er fornøyd med.
- **Designprosessen:** Her har jeg store fremskritt innen skissering og tegneteknikker i forbindelse med masterarbeidet. Innledningsvis brukte jeg mye tid på sterile skisser utført med tusj og linjal. Det var først når jeg startet med håndskisser jeg fant løsningen jeg ønsket. Her utviklet jeg meg raskt på kort tid og jeg er veldig fornøyd med flere skisser. Mange av skissene er ikke inntatt i oppgaven, men jeg har forståelse at dette er en nødvendig prosess for å komme i mål.
- **Utvelgelsesprosessen:** Brukte alt for lang tid på å velge ut på grunn av unødvendige luftmotstandsbekymringer. I denne prosessen gikk jeg feil vei da jeg startet med å tegne helhetlige skisser og ikke skisserte delene enkeltvis. Dette gjorde det vanskeligere enn nødvendig da jeg måtte gå omvendt vei.
- **Modellering i Solidworks:** I denne prosessen har jeg lært å ikke være så pirkete. Her har jeg brukt tid på unødvendige ting og jeg opplevde at ting ikke ble som jeg hadde skissert. Det skapte en frustrasjon da jeg virkelig ønsket å gjenskape skissen jeg hadde valgt. I denne fasen jeg jeg lært utrolig mye av Henrik Holmberg og Youtube. Denne lærdommen har gjort meg mer effektiv i designprosessen. Dersom noe går galt har jeg lært hvordan dette raskt skal fikses. Dette har skapt en bredere kunnskap og økt selvsikkerhet som vil hjelpe meg i arbeidslivet.
- **Luftstrømanalyse:** En minimal del av oppgaven som fungerte som en enkel kontroll. Var veldig glad da jeg så formen hadde løft, til tross for litt turbulens under.

13.2. Designrevisjon, produksjon, kostnadsreduksjon

I denne seksjonen fokuseres det på mulige forbedringspotensialer. Når jeg så alle 3D-delene samlet kunne jeg optimalisere de forskjellige delene for å få dem til å passe sammen best mulig. Følgende punkter kan videreutvikles:

- Det er ikke utviklet en løsning for å låse fast de forskjellige delene. Delene er kun festet visuelt i Solidworks.
- Det ble bare satt sammen en enkel løsning for kobling mellom rattet og gulvet som burde vært bedre.
- Det ble ikke lagt til noen spaker, knapper eller pedaler på grunn av tid.
- Jeg ser at føttene kunne vært avrundet foran for å forbedre luftstrømningen. Luftmotstand var ikke en prioritet i denne oppgaven.
- Bakenden må forbedres for luftstrømning

14. KONKLUSJON

I mastergradsarbeidet er det konseptualisert og utredet en formløsning for eksteriør, kupe, sete, dashboard og rattdesign til Dolphin Sky. Dette er blitt gjort gjennom en grundig utvelgelse av designalternativer der jeg til slutt har visualisert et endelig 3D-design som omfatter alle de forskjellige delene. Designet på delene har hatt fokus på estetisk appellerende utseende.

Aerodynamiske egenskaper er ikke spesielt ivaretatt, da viktigheten av dette er usikkert i forhold til aktuelle hastigheter. Brukervennligheten og ergonomiske forhold er bra, men det er fortsatt ytterligere optimaliseres.

Fartøyets totalvekt er blitt relativt høy på grunn av måten Solidworks fungerer før fintuning av tverrsnitt og materialvalg, og delkomponentene anses å ha potensiale for optimalisering av vekt. Fartøyet er konstruert symmetrisk sammen med unntak av dashboardet. Dette reduserer kostnader og kompleksiteten av konseptet anses som akseptabelt for produksjon av en prototype, hvis videre arbeid blir utført.

På grunn av Covid-19 situasjon ble det dessverre litt reduserte muligheter til ekstern input og eksporttest. Dette er derfor gjort i en mindre skala en det som er vanlig.

14.1. Resultater og anbefalinger

Hovedresultater:

Det designet som vil kunne fungere med hensyn til ergonomi innstigning, hvordan en sitter, bruk og som vil kunne arbeide videre med. Øvrige resultater er som følger:

- Min form for vinkling av designet til Dolphin Sky-prosjektet er unikt, moderne og fremtidsrettet med fokus på uorganiske former.
- Fartøyets utforming er valgt for å enklest mulig passe inn i de forskjellige modulene for over og underdel. Dette kan eksempelvis være delta, tadpole eller en vanlig firehjuling.
- Stolløsningen ble gjort med et fremtidsrettet design som skiller seg ut for å skape interesse. Den har en Lamborghini følelse over seg. Kontaktflatene til føreren er designet med organiske former og følger ergonomiske krav.
- Putene på ryggen er delt i to for at den lettere kan tilpasses forskjellige individer.
- Adkomstløsningen som ble valgt er den vanligste løsningen i biler. Andre alternativer var uaktuelle da dette ville medført en kollisjon ved åpning av døren.
- Kupaen er romslig og har plass til instrumenter på høyresiden. Det er valgt en enkel skjermøsning med kamera som filmer bak og under for ekstra sikkerhet.
- Ved å putte en avrundet kant foran og ved at vinduet er organisk buet ble ikke designet så «stivt». Dette bedret luftstrømningen.

- Bakdelen skal bestå av en batteripakke som vil hjelpe til å balansere fartøyet når den flyr.
- Det ble valgt et tilsvarende ratt som blir benyttet i kommersielle fly. Dette er også designet med tanke på best mulig sikt. Ergonomiske krav til størrelse for håndtakene til rattet er fulgt.
- Landingsutstyret ble gjort så uorganisk, enkelt og sterilt som mulig for å følge kupeens design. Som vist til over ble dette gjort for å lettest mulig koble landingsutstyret til kjøremodulen.
- Resultatene fra luftmotstanden viser at fartøyet har noen forbedringsområder. Som forventet viste analysen i Solidworks Flow Simulation oppløft, mens også turbulens visse steder. Men siden farten er så lav har ikke luftmotstanden så mye å si.
- Ut ifra den grove luftmotstand analysen ble det en motstandskraft på ca. 125 N ved 60 km/t. Resultatene er bare tilnærmet, noe som vil med en mer nøyaktig analyse vil verdiene bli mer nøyaktige.
- De ytre dimensjonene for Dolphin Sky er: 1900 x 1400 (1730 med ben) x 1000 mm og de ytre dimensjonene for stolen er: 700 x 600 x 1345 mm.
- På setet er vinkelen på sittedelen 5° mens vinkelen på ryggdelen er 100°.
- Majoriteten av komponentene produseres i karbonfiber. Noen deler vil bli produsert i ABS-plast, aluminium, Polyester, PU (formstøpt polyuretanskum) og lær.

Anbefalinger:

Her beskriver jeg hva jeg selv ser på som vellykket med prosjektet som anbefales og ta med videre til en eventuell videreutvikling av prosjektet. Dette er subjektivt og er opp til hovedveileder som selv ser hva som er nyttig og ikke.

- Jeg ble veldig fornøyd med setet. Designet er spennende og skaper interesse. Anbefaler derfor at setet videreføres i senere oppgaver.
- Kupaen ble jeg fornøyd med. Den kan se enkel, men skiller seg fortsatt ut. Dette kan skape interesse og nysgjerrighet. Eksteriøret er kanskje det som vil skape mest oppmerksomhet da uorganisk design er under utvikling igjen. Dette kan vi se på all interessen Tesla Cybertrykk fikk på kort tid.
- Dashbordet ble også bra med et fremtidig design over seg.

14.2. Videre arbeid

Gjennom utviklingsfasen har det oppstått utfordringer og nye problemstillinger ved designet. Før en videre prototype av modellen kan lages er det mye som gjenstår. På grunn av tid og begrensinger er det derfor listet opp en del punkter for videre utvikling av produkter:

- Utføre en spørreundersøkelse av «mannen på gata» siden dette ikke mulig grunnet situasjonen Corid-19 satt oss i. Dette blir lettere å utføre dersom ikke hele Norge sitter hjemme.
- FEM-analyse som vil vise andre ting som må forbedres ved designet styrkemessig så ikke hele kupen står igjen på bakken når du prøver å fly av sted og taket forsvinner.
- Optimalisering av Solidworks-modell siden noen linjer og løsninger ikke er helt jevne. Det bør også settes på plass koblingen mellom Falstad sin overdel.
- Bedre koblingsløsning med mitt design og Falstad sin løsning for feste av flymodulen, samt utløser for nødsituasjoner.
- Batteriløsning som skal installeres bak, med utregninger på forbruk og effektivisering.
- Mulig dørløsning til batteripakken da det kun er en hel vegg bak stolen.
- Kameraløsning som kan festes under og bak fartøyet.
- Mer nøyaktig luftstrømanalyse må gjennomføres for å gi ett bedre bilde av formen kan forbedres.
- Lage en skalamodelle for å teste egenskaper for eksempel i en vindtunnel og styrke.
- Festeløsning mellom Dolphin Sky og kjøre-delen.
- Skikkelig feste til stolen på gulvet, siden den er en åpen løsning stolen reguleres frem og tilbake på. Ved en kollisjon vil ikke den være mye til hjelp og følge deg gjennom frontruten.
- Feste til døren som kun nå er festet i programmet men ingen løsning annet en type dør.
- Optimalisere vekten på fartøyet slik at det blir lettest mulig og krever mindre energi.
- Løsning for feste av ratt til kroppen som er ergonomisk korrekt.

15. REFERANSER

15.1. Skriftlige kilder

20. Brevik, Anders & Lundheim, Lars Timberlid: *Dolphin: Formkonsept for trike*, prosjekt-oppgave og prosjektrapport ved IMT/UMB, Ås, 2008, 96 s.
21. Asakskogen, J. H.: Store studentdrevne innovasjonsprosjekter i mastergradsutdanning i teknologi, Mastergradsoppgave ved UMB, Ås, 2010, 147 s.
22. Olsvik, E.: Totaldesign og CFD-optimering av elektrisk motorsykelkonsept, Roskva Electric, Mastergradsoppgave ved UMB, Ås, 2012, 143 s.
23. Falstad, Henrik, *Dolphin Sky: Videreutvikling av propellkonfigurasjon, sammenfoldbare propellsystem og sikkerhetsfunksjoner*, Mastergradsoppgave ved NMBU, Ås, 2019, 159 s.
25. Rummelhoff, Kristoffer: *Dolphin Sky, Del A: Utvikling av integrert design- og helhetskonsept for sveveløsning*, Mastergradsoppgave ved NMBU, Ås, 2016, 155 s.
26. Røsandnes, Karen Elise: *Dolphin Sky, Utredning av systemkonsept, sikkerhet, produksjon, markedsnisjer og økonomi*, Mastergradsoppgave ved NMBU, Ås, 2016, 137 s.
27. Thømt, Anders Christian, *Dolphin Sky, Del C1: Utredning og utvikling av turbinbasert thrusterløsning for svevefunksjon*, Mastergradsoppgave ved NMBU, Ås, 2017, 120 s.
28. Møller Magnussen, Thomas Andre: *Dolphin Sky: Dolphin Sky: Chassisløsning for person og varedrone*, Mastergradsoppgave ved NMBU, Ås, 2018, 180 s.
29. El-Gewly, Tarek: *Dolphin Sky: Utredning og utvikling av sammen foldbar propell- og thrustersystem*, Mastergradsoppgave ved NMBU, Ås, 2018, 149 s.
30. Birkelund, Ingvild: *Utforming av førerkupe og førerplass for Dolphinkonseptet, Fase 1*, Mastergradsoppgave ved NMBU, Ås, 2018, 75 s.
31. Andersen, E.S, Grude, K., Haug, K.: *Målrettet prosjektstyring*, 7. Utgave, NKI-Forlaget), Oslo, 2015, 285 s.
32. Gieck, K. & Gieck, R.: *Engineering Formulas*, 8th Edition, McGraw-Hill Education, New York, USA, 2006, 580 s.
33. Eversheim, W.: *Innovation Management for Technical Products: Systematic and Integrated Product Development and Production Planning (RWTH-edition)*, 1st edition, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, Tyskland, 2009, 444 s.
34. Hunt, D. V.: *Reengineering: Leveraging the Power of Integrated Product Development (Executive Breakthrough Series)*, Wight (Oliver) Publications Inc., Sacramento, California, USA, 1993, 256 s.
35. Pugh, S., Clausing, D. & Andrade, R.: *Creating Innovative Products Using Total Design*, Addison-Wesley Longman Publishing Co., Boston, MA, USA, 1996, 544 s.

36. Baxter, M: *Product Design (Design Toolkits)*, 2nd Reprint, CRC Press, (1995)/ Nelson Thorne Ltd, Cheltenham, United Kingdom, 2001, 308 s.
38. Vavik, T., Øritsland, T.A.: *Menneskelige aspekter i design. En innføring i ergonomi. 2.* Utgave, Institutt for produktdesign, NTNU/AHO, Trondheim, 1990. 231 s.
43. Grandjean, E, Olroyd, H.: *Fitting the Task to the Man: An Ergonomic Approach*, Taylor & Francis Ltd, London, UK., 3rd Revised edition, 386 s.
44. Bøe, Jan Kåre (200X). Produktutvikling og produktdesign. Institutt for matematiske realfag og teknologi: Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås. 218 s.
48. Panero, J, Selnik, M: *Human Dimensions and Interior Space*, New edition, Whitney Library of Design, New York, 1992, 320 s.
50. Tilley, A. R, Henry Dreyfuss Associates: *The Measure of Man and Woman*, Revised edition, John Wiley & Sons, New York, USA, 2002, 104 s.
52. Bøe, Jan Kåre: Produktutvikling og produktdesign. Institutt for matematiske realfag og teknologi: Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås. 218 s.
53. Bøe, Jan Kåre: Traktorer og basismaskiner. Institutt for matematiske realfag og teknologi: Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås. 2005, 419 s.

15.2. Nettkilder

1. **Leonardo da Vinci, Wikipedia:** https://en.wikipedia.org/wiki/Leonardo_da_Vinci. Besøkt den 17.03.2020.
2. **Selvbygget svevesykkel:** <https://www.rideapart.com/articles/264834/chinese-inventor-builds-hoverbike-and-becomes-a-superhero/>. Besøkt den 17.03.2020.
3. **Gryphon jetvinge:** <http://wuxinghongqi.blogspot.com/2009/12/sci-fi-type-equipment-esg-gryphon.html>). Besøkt den 17.03.2020.
4. **Global CO2-emisjon:** <https://www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019>. Besøkt den 04.04.2020.
5. **Utslipp av drivhusgasser, USA:** <https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-04/sources-of-greenhouse-gas-emissions-in-2017-caption.jpg>. Besøkt den 04.04.2020.
6. **Fordeling av transportutslipp i Norge:** <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/klimagassutslipp-fra-transport/>. Besøkt den 04.04.2020.
7. **CO2 fra veitrafikk i Norge:** <https://www.miljostatus.no/finn-tallene/#aa0>. Besøkt den 27.03.2020.
8. **El-biler, 2008-2019:** <https://www.ssb.no/statbank/table/07849/chartViewLine/>. Besøkt den 27.03.2020.
9. **Køddannelser og avgassutslipp:** www.vpcrc.com. Besøkt den 22.04.2020.

10. **Pop.Up-konseptet:** <https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2017/03/ITALDESIGN-AND-AIRBUS-UNVEIL-POPUP.html>. Besøkt den 28.04.2020.
11. **Audi Pop.Up Next:** https://en.wikipedia.org/wiki/Audi_Pop.Up_Next. 28.04.2020.
12. **Porsche-Boeing-samarbeid:** <https://newsroom.porsche.com/en/2019/company/porsche-boeing-collaboration-premium-urban-air-mobility-18880.html>. Besøkt den 02.05.2020.
13. **Porsche-Boeing-konsept:** <https://www.motor1.com/news/376013/porsche-boeing-flying-car-partnership/>. Besøkt den 02.05.2020.
14. **Morgans-trehjulsbiler:** [https://en.wikipedia.org/wiki/Morgan_Motor_Company#F-Series_three-wheelers_\(1932–1952\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Morgan_Motor_Company#F-Series_three-wheelers_(1932–1952)), Besøkt. 13.05.20
15. **Morgan Motor Company:** <https://www.morgan-motor.com/>, Besøkt 13.05.20
16. **Auto Rickshaw og Tuk-Tuk:** https://en.wikipedia.org/wiki/Auto_rickshaw, Besøkt 16.05.20
17. **Kinesisk, elektrisk Rickshaw:** https://www.diytrade.com/china/manufacturer/128046/pl/122301-t-c-1/Commemical_Vehicles.html, Besøkt 16.05.20
18. **Carver Uno bilkonsept:** [https://en.wikipedia.org/wiki/Carver_\(automotive_company\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Carver_(automotive_company)).. Besøkt 16.05.20
19. **Carver Technology:** <http://www.carver-technology.nl/company.html>, Besøkt 16.05.20
24. **PAL-V:** <https://en.wikipedia.org/wiki/PAL-V>. Besøkt 16.05.20
37. **Ergonomidefinisjon:** <https://sml.snl.no/ergonomi>, Besøkt 22.02.2020
39. **La Mettrie:** https://en.wikipedia.org/wiki/Julien_Offray_de_La_Mettrie. Besøkt 22.02.2020
40. **L'Homme Machine:** https://en.wikipedia.org/wiki/Man_a_Machine, Besøkt 22.04.2020
41. **Arbeidseffektivisering:** https://snl.no/Frederick_Winslow_Taylor, Besøkt 22.04.2020
42. **Biomekanikk:** <https://en.wikipedia.org/wiki/Biomechanics>. Besøkt 23.02.2020
45. **Antropometri:** <https://en.wikipedia.org/wiki/Anthropometry>. Besøkt 28.02.2020
46. **Marcus Vitruvius Pollo:** <https://no.wikipedia.org/wiki/Vitruvius>, Besøkt 23.05.2020
47. **Adolphe Quetlet:** https://en.wikipedia.org/wiki/Adolphe_Quetelet. Besøkt 28.02.2020
49. **Henry Dreyfuss Associates:** <https://www.encyclopedia.com/books/politics-and-business-magazines/henry-dreyfuss-associates-llc>. Besøkt 18.03.2020
51. **Synsfelt:** <https://www.quora.com/What-is-the-maximum-human-field-of-vision>, Besøkt 23.03.2020
53. **Organisk formet møbel:** <https://www.finnishdesignshop.com/furniture-chairs-armchairs-ball-chair-p-155-30.html>. Besøkt 11.03.2020.
54. **Organisk formet Brett:** <https://nyheter.culina.no/content/2019/11/steelite-terramesa>. Besøkt 11.03.2020.
55. **Organisk designet glassvase:** <https://freeformsnyc.com/products/glass-vase-by-vicke-lindstrand-for-kosta-n5504>. Besøkt 11.05.2020.
56. **Organisk designet fly:** <https://www.dorotheum.com/fileadmin/lot-images/40D181107/hires/skulptur-dolphine-airbus-entwurf-luigi-colani-5769832.jpg>. Besøkt 21.05.2020.

57. **Organisk designet flyinteriør:** https://www.wallpaper.com/lifestyle/luigi-colani-obituary-1928-2019#0_pic_3. Besøkt 21.05.2020.
58. **Uorganisk i arkitektur:** <https://www.dezeen.com/2020/01/13/brutalist-breuer-building-hotel-ikea-connecticut/> Besøkt 17.05.2020.
59. **Uorganisk i kjøkkendesign:** <http://www.home-designing.com/50-modern-kitchen-designs-that-use-unconventional-geometry>. Besøkt 17.05.2020.
60. **Uorganisk utendørskunst:**
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gert_Marcus_Kropp_och_linje.JPG.
Besøkt 18.05.2020.
61. **Uorganisk sittegruppe** <https://design-milk.com/the-thinness-collection-uses-lightness-to-challenge-gravity/>. Besøkt 18.05.2020.
62. **Uorganisk i kaffeservice:** <https://www.bukowskis.com/en/auctions/598/90-wiwen-nilsson-a-wiwen-nilsson-sterling-coffee-service-with-a-tray-lund-sweden-1967>. Besøkt 17.05.2020.
63. **Uorganisk i cocktailshaker:** <https://www.bukowskis.com/en/auctions/608/145-wiwen-nilsson-a-sterling-cocktail-shaker-lund-1960>. Besøkt 18.05.2020.
64. **Volvo 740 og 760:** https://en.wikipedia.org/wiki/Volvo_700_Series, Besøkt 23.05.2020.
65. **Lockheed Stealth bombefly:** https://en.wikipedia.org/wiki/Lockheed_F-117_Nighthawk,
Besøkt 23.05.2020
66. **Slaby Beringer El-bil:** http://www.autoconcept-reviews.com/cars_reviews/audi/Slaby-Beringer-electric-car-1919/cars_reviews-Slaby-Beringer-electric-car-1919.html. Besøkt 19.05.2020.
67. **Buick Le Sabre:** <https://www.conceptcarz.com/vehicle/z998/Buick-LeSabre-Concept.aspx>.
Besøkt 24.05.2020.
68. **Buick Le Sabre historikk:** https://en.wikipedia.org/wiki/Buick_LeSabre, Besøkt 24.05.2020.
69. **Golf GTI Mk1:** <https://midhobby.no/produkter-no/2458--skala-124/482060-revell-vw-golf-1-gti-124/>. Besøkt 12.03.2020.
70. **Golf Mk8:** <https://www.volkswagen.no/no/biler/golf-8.html#MOFA>. Besøkt 24.05.2020.
71. **Form og luftmotstand:** https://en.wikipedia.org/wiki/Drag_coefficient, Besøkt 19.05.2020
72. **Tesla Cybertruck:** <https://www.tesla.com/cybertruck>. Besøkt 24.05.2020.
73. **Aerodynamikk Tesla Cybertruck:** <https://insideevs.com/news/385328/tesla-cybertruck-aerodynamics-explored-in-detail/>, Besøkt 17.03.2020.
74. **Form og svevegenskaper:** [https://en.wikipedia.org/wiki/Lift_\(force\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Lift_(force)). Besøkt 24.05.2020.
75. **Harley Davidson 1965 Police Special:** <https://pxhere.com/no/photo/636497>. Besøkt: 12.03.2020.
76. **Ducati Panigale V4 2020 Speedo:** <https://warungasep.net/2019/10/25/ducati-panigale-v4-2020-rilis-di-italia-sekarang-pakai-winglet-dan-power-214-hp/ducati-panigale-v4-2020-speedo/>. Besøkt: 13.03.2020.

77. **VW Golf, klassisk, Mk 1:** <https://bilklassikere.no/golf-40-ar-del-1/>. Besøkt: 12.03.2020.
78. **Golf VII GTI, Mk 7:** <https://bilklassikere.no/golf-40-ar-del-2/>. Besøkt: 13.03.2020.
79. **Zagato Zele:** <https://silodrome.com/zagato-zele-1000/>. Besøkt: 26.02.2020
80. **Lamborghini Aventador:** <https://www.lamborghini.com/en-en/models/aventador>. Besøkt: 26.02.2020
81. **Cessna 172 Skyhawk:** https://en.wikipedia.org/wiki/Cessna_172. Besøkt: 08.03.2020
82. **Cessna Skyhawk Interiør:** <https://cockpitbuilderswebstore.com/product/cessna-172-skyhawk-sp-nav-ii-cockpit-poster-100-accurate-3d-artwork/>. Besøkt: 08.03.2020
83. **Viktige fly instrumenter:** <https://no.wikipedia.org/wiki/Flyinstrumenter>. Besøkt: 26.05.2020
84. **Cessna Denali:** <https://www.airplaneupdate.com/2019/05/cessna-denali.html>. Besøkt: 16.03.2020
85. **North American P51D Mustang:** https://airandspace.si.edu/collection-objects/north-american-p-51d/nasm_A19600300000. Besøkt: 16.03.2020
86. **Lockheed Martin F-35 Lightning II:** https://cs.wikipedia.org/wiki/Lockheed_Martin_F-35_Lightning_II. Besøkt: 16.03.2020
87. **Robinson R22 helikopter:** https://en.wikipedia.org/wiki/Robinson_R22. Besøkt 22.03.2020
88. **Sikorsky S-92:** <https://www.execflyer.com/helicopter/sikorsky-s92>. Besøkt 22.03.2020
89. **Volocopter 2X:** <https://www.volocopter.com/en/product/>. Besøkt 18.03.2020
90. **Ehang 184:** <https://www.tek.no/nyheter/nyhet/i/jdp9q0/glem-bilen-dette-kan-bli-fremtidens-transportmiddel>. Besøkt 18.03.2020
91. **Uber Elevate:** <https://www.topspeed.com/lifestyle/guides/uber-elevate-everything-you-need-to-know-ar185907/pictures.html#847799>. Besøkt 16.03.2020
92. **Bell Nexus:** <https://www.bellflight.com/products/bell-nexus>. Besøkt 14.03.2020
93. **Cyberpunk moodboard:**
https://www.reddit.com/r/Cyberpunk/comments/ak3ccg/fivedays_spend_on_city_form_ghost_in_the_shell/?utm_source=ifttt Besøkt 15.04.2020
94. **Moodboard:** <https://www.deviantart.com/stayinwonderland/art/Cyberpunk-Car-design-776430202> Besøkt 15.04.2020
95. **Moodboard:** <https://wall.alphacoders.com/big.php?i=953699> Besøkt 15.04.2020
96. **Moodboard:** <https://www.wallpaperflare.com/delorean-retro-games-new-retro-wave-car-neon-synthwave-wallpaper-uooml/download/1920x1200> Besøkt 15.04.2020
97. **Moodboard:** <https://wall.alphacoders.com/big.php?i=1039420> Besøkt 15.04.2020
98. **Moodboard:** <https://www.wallpaperflare.com/blade-runner-2049-wallpaper-sudqu> Besøkt 15.04.2020
99. **Moodboard:** <https://www.wallpaperflare.com/neon-silhouette-street-vaporwave-aesthetic-night-bladerunner-wallpaper-awdgu> Besøkt 15.04.2020

100. **Moodboard:** https://www.besthdwallpaper.com/sci-fi/cyberpunk-by-dt_no-24553.html
Besøkt 15.04.2020
101. **Moodboard:** <https://www.wallpaperflare.com/black-and-red-vehicle-graphic-wallpaper-retro-style-car-1980s-wallpaper-pcjwv/download/1920x1200> Besøkt 15.04.2020
102. **Moodboard:** <https://www.wallpaperflare.com/digital-digital-art-artwork-illustration-concept-art-environment-wallpaper-gjggg> Besøkt 15.04.2020
103. **Cyberpunk Wiki:** <https://no.wikipedia.org/wiki/Cyberpunk> Besøkt 15.04.2020
104. **Gabbro:** <https://www.hibahus.no/hus/gabbro-moderne/> Besøkt 01.05.2020
105. **Alabast:** <https://www.hibahus.no/hus/hus-alabast/> Besøkt 01.05.2020
106. **Munch-Museet:** <https://archinect.com/news/article/150181445/munch-museum-opening-in-oslo-pushed-back#&gid=1&pid=1> Besøkt 01.05.2020
107. **Opera Oslo:** <https://www.archdaily.com/440/oslo-opera-house-snohetta> Besøkt 01.05.2020
108. **Buddy Electric** [https://no.wikipedia.org/wiki/Buddy_\(elbil\)](https://no.wikipedia.org/wiki/Buddy_(elbil)) Besøkt 01.05.2020
109. **Mazda MX-03** <https://www.pinterest.co.uk/pin/345651340134971045/> Besøkt 01.05.2020
110. **BWM i8:** <https://www.bmwblog.com/2016/01/25/bmw-i3-bmw-i8-and-the-tesla-model-x-the-different-type-of-doors/> Besøkt 01.05.2020
111. **DeLorean DMC-12:** <https://edgarscarsnfun.wordpress.com/tag/sports-car/> Besøkt 01.05.2020
112. **Mercedes-Benz 2010 C-Class:** <http://radkamaric.com/makes/2010-mercedes-benz-c-class/> Besøkt 01.05.2020
113. **John Deere Tractor :** <https://www.deere.com/en/index.html> Besøkt 01.05.2020
114. **HondaJet:** <https://twitter.com/hondajet/status/851540350225313793/photo/1> Besøkt 01.05.2020
115. **Sony Playstation:** <https://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation#/media/File:PSX-Console-wController.jpg> Besøkt 01.05.2020
116. **Sony Playstation 4:** https://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation_4 Besøkt 01.05.2020
117. **XBOX 360:** https://nn.wikipedia.org/wiki/Xbox_360#/media/Fil:Xbox-360-Consoles-Infobox.png Besøkt 01.05.2020
118. **XBOX Series X:** <https://checkersaga.com/microsoft-clarifies-whether-xbox-series-x-plays-every-xbox-one-game/30141/> Besøkt 01.05.2020
119. **Nintendo konsoller:** https://en.wikipedia.org/wiki/Nintendo#Home_consoles Besøkt 01.05.2020
120. **Nintendo Switch:** <https://www.aarons.com/nintendo-switch-32gb-console-7339JZF.html>
Besøkt 01.05.2020
121. **Mazda MX-03 Ratt:** <https://i.imgur.com/5GPw97B.jpg> Besøkt 01.05.2020
122. **Mazda MX-03 Sete:** <https://www.motor1.com/photo/1783942/1985-mazda-mx-03-concept/> Besøkt 01.05.2020

123. **Toyota Cressida 1984 Ratt:** <https://www.pinterest.es/pin/371969250459402382/> Besøkt 01.05.2020
124. **E-modul:** https://www.engineeringtoolbox.com/young-modulus-d_417.html Besøkt 01.05.2020
125. **ABS-plast:** <https://putsj.no/artikkel/lego-dropper-plasten> Besøkt 01.05.2020
126. **Karbonfiber:** <https://snl.no/karbonfiber> Besøkt 01.05.2020
127. **Stål:**<https://www.byggogbevar.no/enok/groennematerialvalg/konstruksjonsmaterialer/-konstruksjonsstaal> Besøkt 01.05.2020
128. **Aluminium:** <https://ryfylke-aluminium.no/hvorfor-aluminium/> Besøkt 01.05.2020
129. **Opera Oslo:** <https://ramboll.com/projects/rno/operahuset%20i%20oslo> Besøkt 01.05.2020
130. **Ur-Bygningen NMBU:** <https://www.kommunalteknikk.no/arets-groenne-park-2016.5920900-40825.html> Besøkt 01.05.2020
131. **Cuberpunk Gate:** <https://wallpaperaccess.com/cyberpunk-street> Besøkt 01.05.2020
132. **Neon Retro Bakgrunn:** <https://wallpapercave.com/neon-retro-city-wallpapers> Besøkt 01.05.2020
133. **Blade Runner Bakgrunn:** <https://www.artstation.com/artwork/POemy> Besøkt 01.05.2020

16. VEDLEGG

Vedlegg V1

Dolphin-Mastere 2010-2019:



År	Student	Tittel (Fra masterkontrakt *)	Kombinasjon
Hjulgående versjoner:			
2010	David Lindebo Østby	"Dolphin Family, Del A: Utvikling av eksteriørdesign for lettvektskjøretøy".	1+2 Hjul
2010	Magnus Schonhovd Ottesen	"Dolphin Family, del B: Utvikling av interiørdesign for lettvektskjøretøy"	1+2 Hjul
2010	Jan fredrik Aasheim	"Dolphin Family, del C: Utvikling av underchassis og hjuloppheng for lettvektskjøretøy"	1+2 Hjul
2011	Kristoffer Roca	"Dolphin Duo Expression, del A: Utvikling av eksteriørdesign for lettvektskjøretøy"	2+1 Hjul
2012	Alexander Moen Thue og Petter Sundquist	"Utvikling, dimensjonering og konstruksjon av multifuel gassturbinmotor"	Alle hjulgående
2012	Christoffer Faye Leanderson	Dolphin Family, del D: Konseptualisering og design av overchassis for et trehjuls lettvektskjøretøy.	1+2 Hjul

2013	Mizgin Rashid	"Dolphin Duo 1+1: Utvikling av interiørdesign for lettvektskjøretøy"	2+1 Hjul
2014	Jarle Hjertaas Hanssen	"Dolphin Duo 1+1: Utvikling av hjuloppheng og underchassis for lettvektskjøretøy»	2+1 Hjul
2014	Sigve Eikrem Finnøy	"Waste Heat Recovery System for The Dolphin Concept Car»	Alle hjulgående
2015	Tone Skaar Olsen	"Utvikling av eksteriørdesign og førerergonomiske løsninger for Dolphin Expression 2.0"	2+1 Hjul
2016	Vidar Giske Henriksen	"Videreutvikling, dimensjonering og konstruksjon av multifuel turbinhybrid-løsning for Dolphin-konseptet, fase 2"	Alle hjulgående

Sveveversjon, Dolphin Sky:			Kombinasjon
2016	Kristoffer Rummelhoff	"Dolphin Sky, Del A: Utvikling av integrert design- og helhetskonsept for sveveløsning"	Droneversjon
2016	Karen Elise Røsandnes	" Dolphin Sky, Del B: Systemkonsept, sikkerhet, produksjon, markedsnisjer, strategi og økonomi "	Droneversjon
2017	Anders Christan Thømt	Dolphin Sky, Del C1: Utredning og utvikling av turbinbasert thrusterløsning for svevefunksjon"	Droneversjon
2018	Thomas Andre Møller Magnussen	Dolphin Sky: Chassisløsning for person- og varetransport-drone	Droneversjon
2018	Tarek El-Gewely	Dolphin Sky: Utredning og utvikling av sammenfoldbart propell- og thrustersystem	Droneversjon
2018	Ingvild Birkelund	Utforming av førerkupe og førerplass for Dolphinkonseptet	Drone og hjulgående versjon
2019	Einar Gisholt	«Utvikling av elektrisk drivlinje for Dolphin-konseptet»	Drone og hjulgående versjon
2019	Henrik Fastad	«Dolphin Sky: Videreutvikling av propellkonfigurasjon, sammenfolbart propellsystem og sikkerhetsfunksjoner»	Droneversjon

*) «Titler» er fra masterkontraktene, innbundet master kan ha litt endret tittel

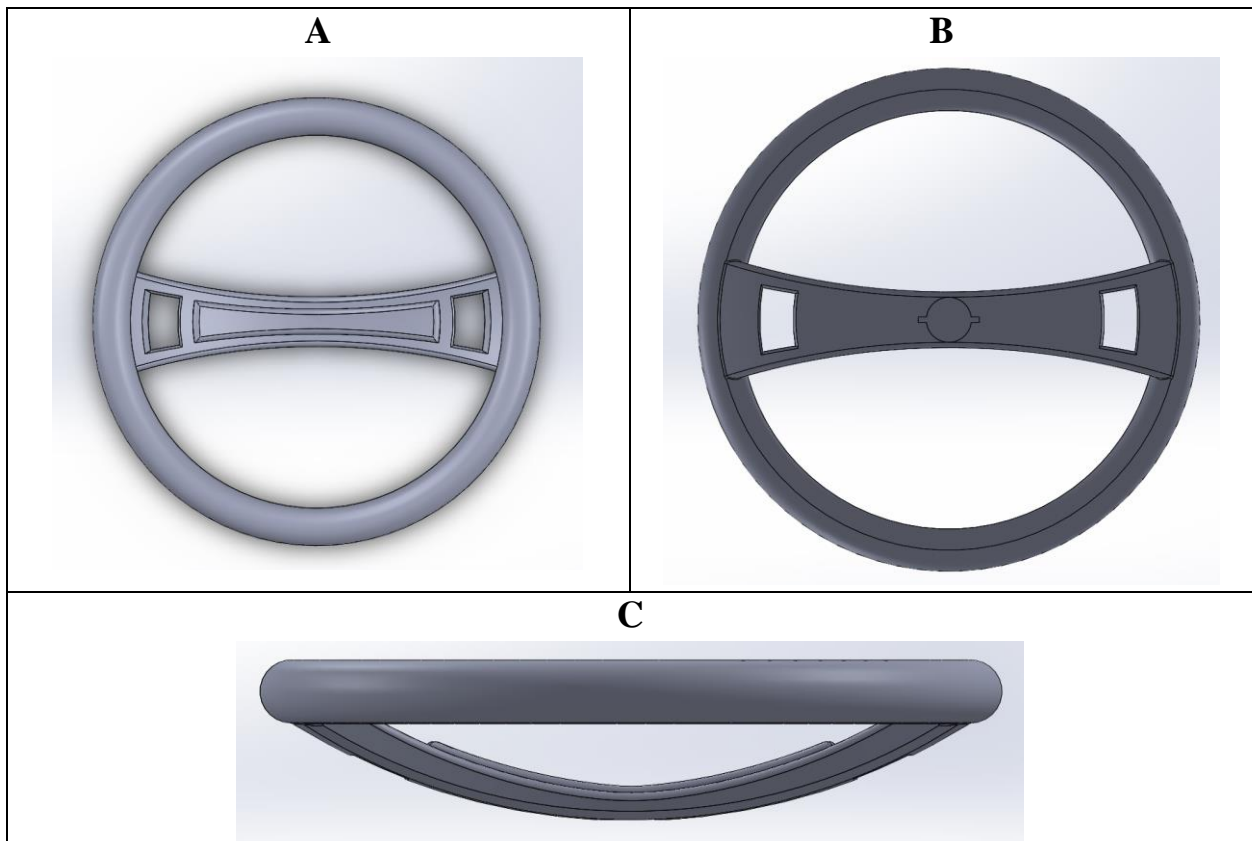
Vedlegg V2

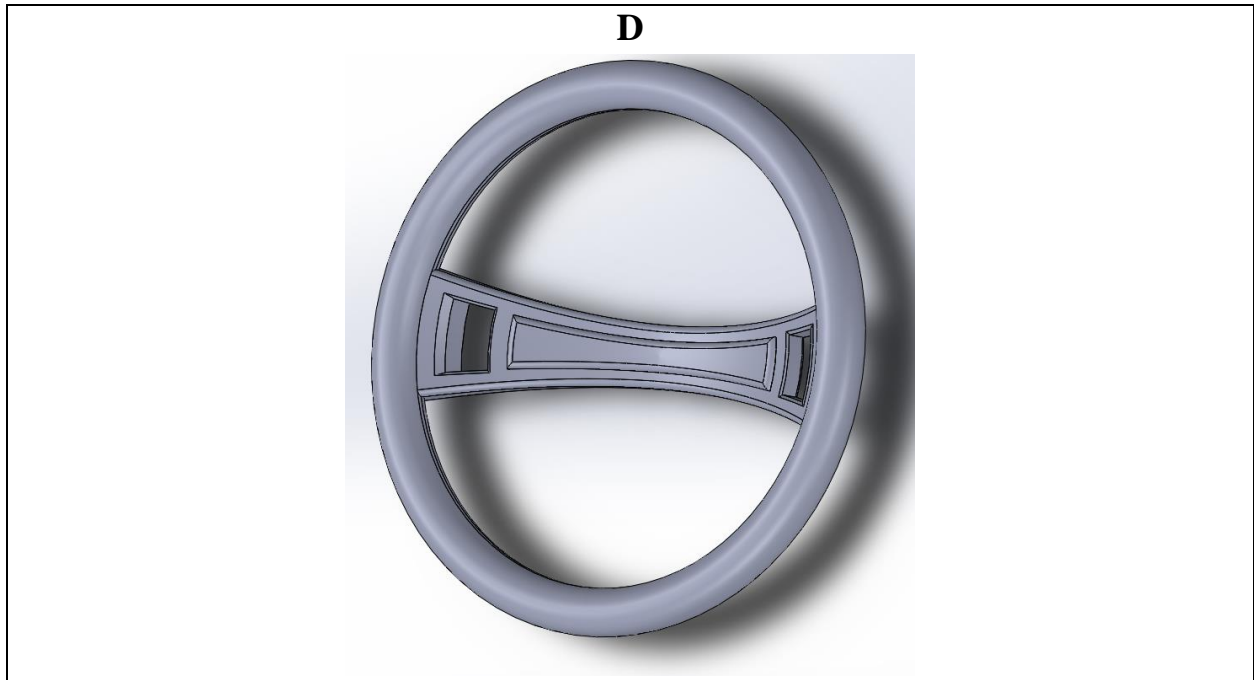




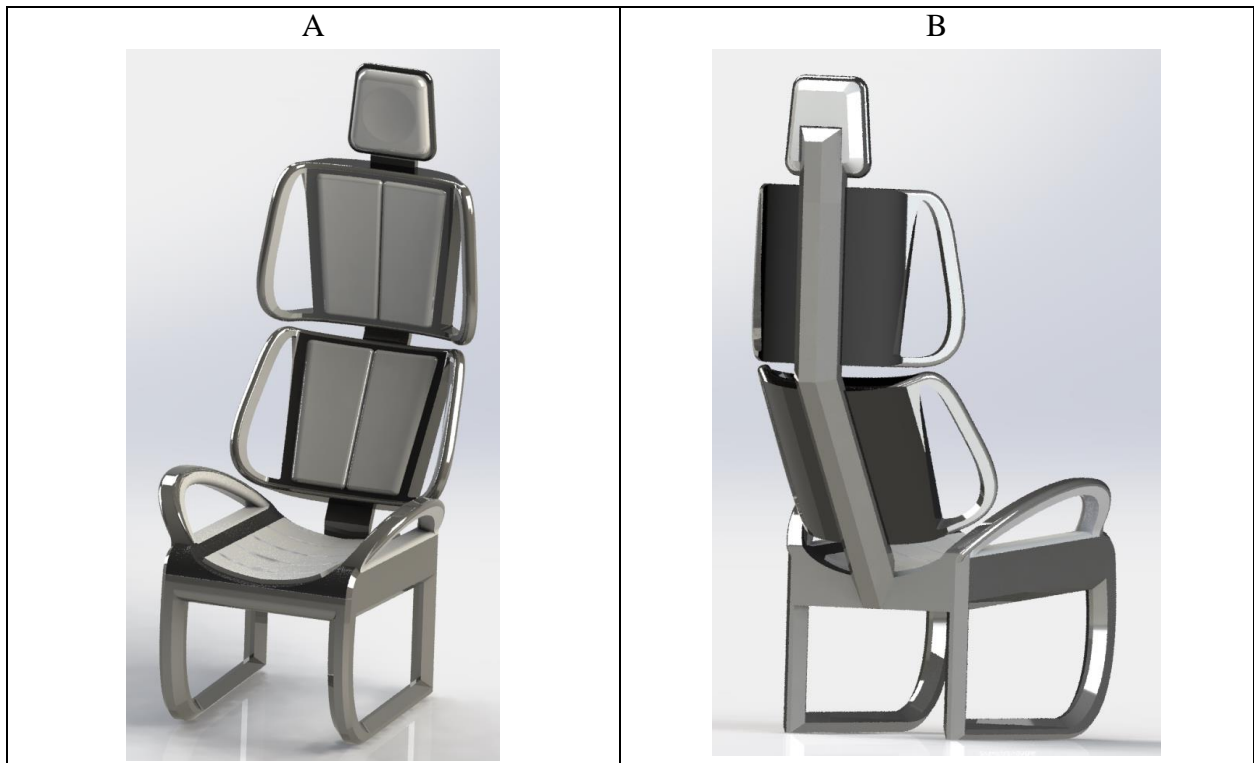
Vedlegg III

3D-Studier av rattformer





Ratt med et vanlig kommersielt bildegn





Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway