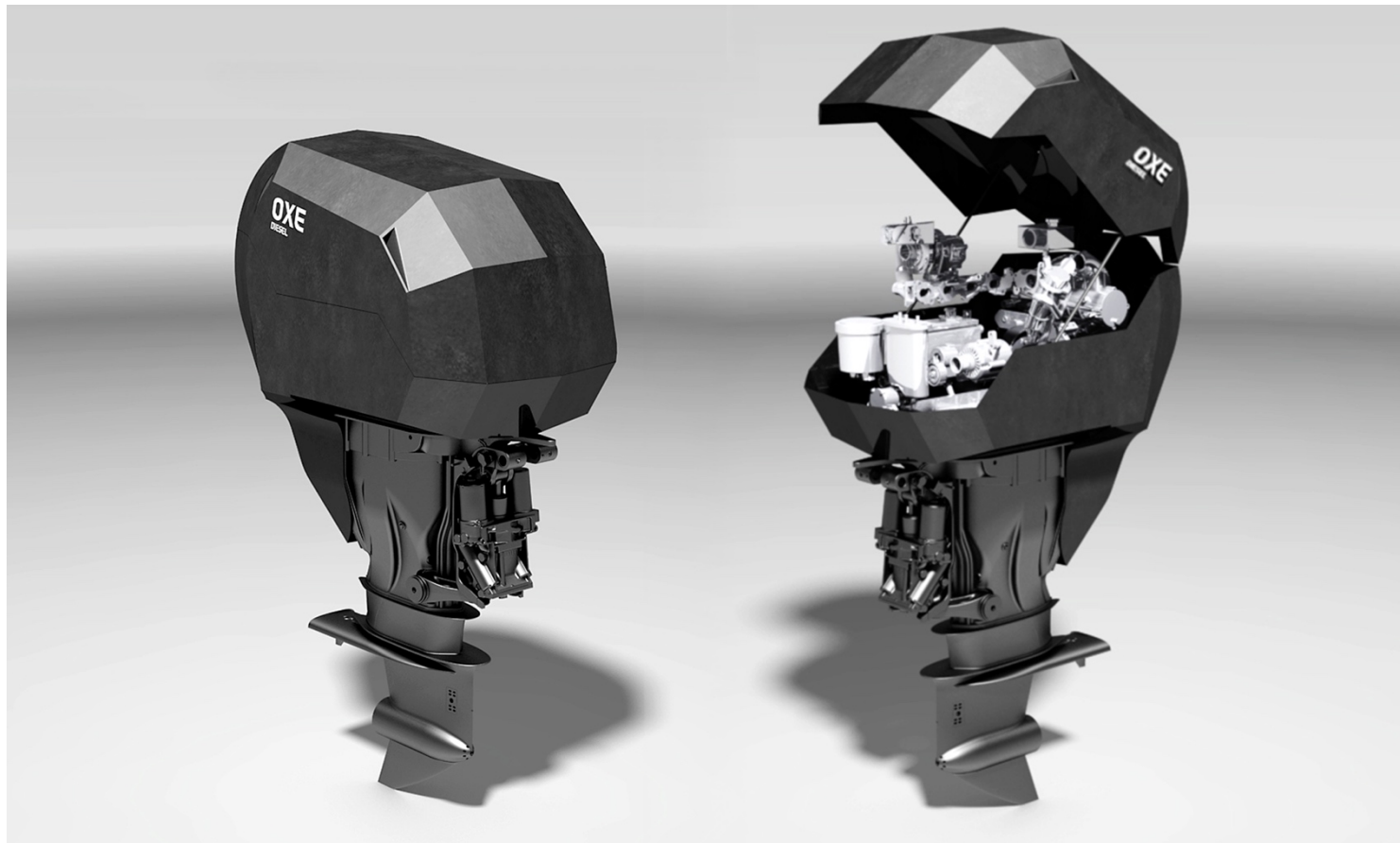




CHALMERS



Utveckling av utombordsmotorkåpa

Kandidatarbete inom Teknisk Design

MICHAELA BERGKVIST
SANDRA JANSSON
PONTUS JOHANSSON
MAIA SWENSON
SANDER VOORN
ELLINOR WIDROTH

Utveckling av utombordsmotorkåpa

Användaranpassad design och kostnadseffektiv tillverkning av utombordsmotorkåpa

M. Bergkvist

S. Jansson

P. Johansson

M. Swenson

S. Voorn

E. Widroth

Institutionen för industri- och materialvetenskap
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2018

Utveckling av utombordsmotorkåpa

Användaranpassad design och kostnadseffektiv tillverkning av utombordsmotorkåpa

MICHAELA BERGKVIST

SANDRA JANSSON

PONTUS JOHANSSON

MAIA SWENSON

SANDER VOORN

ELLINOR WIDROTH

© Michaela Bergqvist, Sandra Jansson, Pontus Johansson, Maia Swenson, Sander Voorn, Ellinor Widroth, 2018.

Institutionen för Industri- och materialvetenskap

Chalmers Tekniska Högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon + 46 (0)31-772 1000

Omslagsbild: Projektets slutresultat, den nya kåpan till OXE Diesel, för utförlig information se sida 4.

Reproservice Chalmers

Göteborg, Sverige 2018

Förord

Följande rapport förklarar och sammanställer ett kandidatarbete vid institutionen för Industri- och materialvetenskap som gjorts i samarbete med uppdragsgivaren Cimco Marine. Arbetet har utförts av sex studenter från civilingenjörsprogrammen på Teknisk Design och Maskinteknik vid Chalmers tekniska högskola.

Ett stort tack riktas till vår företagskontakt Cecilia Anderberg, samt de personer på Cimco Marine och UFAB som har bidragit med kunskap och tid.

Vi vill även tacka Antal Boldizar, Christer Persson och Andreas Dagman som bidragit med mycket teknik- och materialkunskap. Samt våra två studentmentorer, Adam Rasmussen och Sebastian Persson för stöd och rådgivning.

Till sist vill vi även tacka vår handledare Johan Heinerud, studieadministratör Lena Bendrioua samt examinator Lars-Ola Bligård för vägledning och stöd under hela projektets gång.

Göteborg 2018-05-14

Michaela Bergkvist, Sandra Jansson, Pontus Johansson, Maia Swenson, Sander Voorn och Ellinor Widroth

Abstract

At request from Cimco Marine this project was performed with the purpose to investigate possible improvements on the cowl to the outboard OXE Diesel. A qualified alternative to the existing cowl from an economic, design and manufacturing point of view, was desired from the client.

Early in the project, through interviews and study visits, a comprehensive collection of data was obtained. At this stage, the target group and market was identified, also other relevant knowledge about the context for the product. After analysis of the collected data, a specification of requirements was initiated. This document was continuously updated throughout the project to always be relevant.

To continue the development of the new cowl, it was decided to target three main areas in the project. The areas came to be: materials, manufacturing technique and user centered design.

Thereafter, followed much work with conceptual developments and further improvements. This process was iterated several times and concepts within the main areas were developed and merged with each other. This created new solutions, which also were iterated. Details were also defined at this stage.

The results of this project are an extensive specification of requirements and a concept for a new cowl, which meet the requirements. The new cowl is considered a better option in a materials, manufacturing and user centered design point of view. It is also assessed to be more cost effective than the existing product.

Sammanfattning

På uppdrag av Cimco Marine har projektet utförts med syfte att undersöka förbättringsmöjligheterna av kåpan till utombordaren OXE Diesel. Ett kvalificerat alternativ som ur ekonomiskt perspektiv, design- och tillverkningssynvinkel i förhållande till den befintliga var efterfrågat från uppdragsgivarens sida.

Tidigt i projektet genomfördes en omfattande datainsamling genom intervjuer och studiebesök. I detta skede identifierades målgrupp och marknad samt annan relevant kunskap om produktens kontext och användning. Efter analys av det insamlade materialet formades en kravlista som uppdaterades kontinuerligt genom hela projektet för att behålla dess relevans.

För vidare utveckling av den nya kåpan beslutades även om tre centrala problemområden: material, tillverkningsteknik och användaranpassning.

Därefter följde mycket arbete med konceptframtagning och vidareutveckling. Denna process itererades flera gånger och i arbetet togs flera koncept fram inom de beslutade problemområdena. Koncepten sattes sedan ihop till fungerande lösningar som också itererades. Även detaljer definierades i detta läge.

Arbetet har resulterat i en omfattande kravlista samt ett koncept för en motorkåpa som tillmötesgår kraven. Den nya kåpan anses vara bättre i avseende på material, tillverkning och användaranpassning. Den bedöms även vara mer kostnadseffektiv.

Executive summary

Nedan beskrivs sammanfattat en stor del av vad rapporten berör. En kort redogörelse för problemet, kortfattat genomförande samt beskrivning av slutresultatet. Projektet är genomfört av sex Chalmersstudenter tillhörande civilingenjörsprogrammen Teknisk Design samt Maskinteknik.

Bakgrund

Uppdragsgivaren Cimco Marine är de första i världen att utveckla en dieselutombordare i de högre effektklasserna, OXE Diesel. Kåpan ska inte bara skydda motorn utan också kommunicera värden och egenskaper som produkten står för. Brukarna är huvudsakligen yrkesanvändare och produkten används i tuffa miljöer. Därmed ska kåpan kunna stå emot både slag, kemikalier och varierande väderförhållanden.

Problem

I dagsläget klarar inte kåpan de krav som ställs på den. Materialet, glasfiber, är inte tåligt nog och dessutom för tungt med avseende på dagens utformning. Idag är också kostnaden för tillverkning av kåpan för hög i förhållande till dess effektivitet. Ett stort problem är att många efterjusteringar ofta behöver göras, exempelvis som spackling, lackering och andra anpassningar för att kåpan ska vara möjlig att montera. Detta i kombination med målet att gå från cirka 1.000 enheter/år till det sexdubbla, 6.000 enheter/år kräver det en mer kostnadseffektiv tillverkningsteknik med ett lämpligt material.

Ett annat problem är att kåpan inte är särskilt användarvänlig. Innan varje användningstillfälle behöver den otympliga toppkåpan lyftas av för att kontrollera olja, sjövattenfilter samt vätskenivå i det slutna kylsystemet. Detta kräver att toppkåpan placeras vid sidan av, som i båten eller på bryggan. Avtagningen resulterar i det överlägset största slitaget på kåpan. Andra problem som finns i dagsläget berör höga krav på vattentäthet, låg fuktnivå, konstant luftkylning samt estetik.

Genomförande

För att utveckla en ny, mer kvalificerad kåpa ur ekonomiskt perspektiv, design- och tillverkningssynvinkel genomfördes en itererande designprocess. Genomförandet kan ses som fyra större iterationer där huvuditerationen byggde på parallellt arbete inom gruppen. I första iterationen genomfördes en djup brukarstudie för att lära känna brukaren och brukarkontexten. Detta resulterade främst i en kravlista. Därefter följde parallellt arbete där gruppen arbetade i tre fokusgrupper tillika arbetsgrupper där de berörda områdena var:

- Material/ Slagtålighet och Infästningar
- Tillverkningsteknik, Delningslinjer och Lufthåll/kylning
- Användaranpassning, Ergonomi, Produktsemiotik och Utseende

Det parallella arbetet resulterade i ett flertal olika delkoncept inom vardera område. Dessa sattes sedan samman till nya, realistiska och genomförbara koncept med dellösningar från vardera område. Dessa koncept utvärderades på flera olika plan och justerades genom ytterligare iterationer för att slutligen generera ett sista koncept som slutresultat.

Slutresultat

Den nya kåpan till OXE Diesel är gjord i kolfiber. Istället för den klassiska kolfiberväven används korta bitar av kolfiber för att armera materialet. Dessa kolfiberbitar blandas med polymeren vinylester som sedan pressas med tillverkningstekniken *Sheet Molding Compound*, förkortat *SMC molding*. Med denna tillverkning och material skapas en matt slät yta som är svart, melerad samt hållbar. Det medför att delarna inte längre behöver lackas eller spacklas. Den svarta och råa ytan gör att kåpan passar utseendemässigt in med OXE Diesels tidigare utformningar.

Den nya kåpan har en kantig utformning med många ytor som skapar ett kraftfullt och funktionellt uttryck. I och med den okomplicerade utformningen passar den kommersiella marknaden och den tilltänkta kunden. Med den nya kåpan behöver inte användaren längre lyfta av toppkåpan vid användning. Istället öppnas toppkåpan likt en baklucka på en bil. Luckan har ett handtag i främre delen och två gångjärn placerade på ryggen. För att stötta och förenkla öppnandet finns två stycken hydrauliska pressar på vardera sida. Detta medger att användaren enkelt kan få översikt av hela motorn tack vare det ergonomiska lyftet. I och med luckan undviks även det tidigare problemet där en stor lös del skulle ligga fritt i båten. Det medför att användaren kan känna sig trygg även ute till sjöss när den skall öppna upp motorn för besiktning, utan risk för att skada sig själv eller kåpans delar. Produktens interaktions- och användningsmöjligheter bygger på enkla funktioner och det bedöms att brukare av produkten, runt om i världen, kommer förstå dem.

Ytterligare ett fokusområde var att förbättra luftkyllningen av motorn. Ett av lufthålen kommer vara kvar på ungefär samma ställe i en enklare utformning, i anslutning till handtaget på motorn då det fungerade bra på den tidigare kåpan. Istället för lufthålen bak på den tidigare kåpan kommer dessa flyttas upp på sidorna. Lufthålen är utformade som kanaler på insidan av toppluckan på kåpan där luft kommer in genom två hål på vardera sida av toppluckan. Vattnet kan rinna bort medan luften kan cirkulera fritt för att kyla motorn.

Annat som justeras är att riggkåpans längd som kortas, vilket leder till både mindre vattenansamling i kåpan, mindre utsättning för strömningskrafter samt kan tillverkas av mindre materialmängd.

Den nya kåpan kräver endast fem separata formdelar istället för de tidigare tolv. En stor förbättring med avseende på *Design for Manufacturing and Assembly*, DFMA. Det kommer medföra både lägre verktygskostnader och kortare monteringtider. Den framtagna kåpan anses vara kostnadseffektiv då kostnaden reduceras, samtidigt som hållbarheten ökar. Kostnaden för den framtagna kåpan uppskattas till 4.868 kr, om tjockleken väljs till 2 mm. Väljs 3 mm ökar kostnaden till 5.496 kr, då materialmängd ökar. Ingen avancerad belastningsberäkning har applicerats, därav ovisshet av vilken tjocklek som krävs.

Rekommendationer för det fortsatta utvecklingsarbetet finns listade i Slutsats, kapitel 18.

Slutsatser

Projektet resulterade i ett slutgiltigt koncept av en kåpa som anses vara mer användarvänlig, hållbar och kostnadseffektiv än den befintliga kåpan. Med både ny tillverkningsmetod, material, funktion och utseende anses syftet med arbetet vara uppfyllt.

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Problembeskrivning	2
1.3 Syfte.....	3
1.4 Mål.....	3
1.5 Avgränsningar	3
2. Slutresultat.....	4
3. Orienteringskapitel.....	8
3.1 Begreppslista	8
3.2 Befintlig produkt.....	11
3.3 Urval	13
3.4 Teoretiskt ramverk	13
3.5 Datainsamlingsmetoder.....	14
3.6 Analysmetoder	15
3.7 Kommunikerande medel.....	17
3.8 Idégenereringsmetoder	17
3.9 Metoder för visualisering.....	18
3.10 Utvärderingsmetoder.....	19
4. Genomförande.....	21
4.1 Fas 1	22
4.2 Fas 2	25
4.3 Fas 3	30
4.4 Fas 4.....	30
5. Brukarstudie	32
5.1 Resultat brukarstudie	32
5.2 Datainsamling brukarstudie	32
5.3 Utvärdering brukarstudie.....	32
5.4 Summering brukarstudie.....	33
6. Samhälleliga & etiska aspekter	34
6.1 Resultat samhälleliga & etiska aspekter	34
6.2 Datainsamling samhälleliga & etiska aspekter.....	35
6.3 Utvärdering samhälleliga & etiska aspekter	35
6.4 Summering samhälleliga & etiska aspekter.....	35
7. Konkurrentanalys.....	36

7.1 Resultat konkurrentanalys	36
7.2 Datainsamling konkurrentanalys.....	37
7.3 Analys konkurrentanalys	37
7.4 Summering konkurrentanalys	37
8. Kostnadsanalys.....	38
8.1 Resultat kostnadsanalys.....	38
8.2 Datainsamling kostnadsanalys	38
8.3 Analys kostnadsanalys	39
8.4 Summering kostnadsanalys	39
9. Material	40
9.1 Resultat material.....	40
9.2 Datainsamling material	40
9.3 Utvärdering material	43
9.4 Summering material	43
10. Tillverkning & Delningslinjer	44
10.1 Resultat tillverkning & delningslinjer	44
10.2 Datainsamling tillverkning & delningslinjer.....	44
10.3 Utvärdering tillverkning & delningslinjer	46
10.4 Summering tillverkning & delningslinjer.....	47
11. Infästningspunkter.....	48
11.1 Resultat infästningspunkter	48
11.2 Infästningskoncept	48
11.3 Utvärdering infästningspunkter.....	50
11.4 Summering infästningspunkter.....	50
12. Lufthål	51
12.1 Resultat lufthål.....	51
12.2 Idégenerering lufthål.....	53
12.3 Utvärdering lufthål.....	53
12.4 Summering lufthål.....	54
13. Formgivning & produktsemiotik.....	55
13.1 Resultat formgivning & produktsemiotik	55
13.2 Datainsamling formgivning & produktsemiotik.....	55
13.3 Idégenerering formgivning & produktsemiotik	56
13.4 Utvärdering formgivning & produktsemiotik	56
13.5 Summering formgivning & produktsemiotik.....	56
14. Användaranpassning & funktion.....	57

14.1 Resultat användaranpassning & funktion	57
14.2 Datainsamling användaranpassning & funktion.....	62
14.3 Utvärdering användaranpassning & funktion	62
14.4 Summering användaranpassning & funktion	62
15. Konceptgenerering	63
15.1 Resultat konceptgenerering	63
15.2 Alpha	63
15.2 Beta	64
15.3 Gamma	64
15.4 Datainsamling konceptgenerering	65
15.5 Utvärdering konceptgenerering	65
15.6 Summering konceptgenerering.....	67
16. Konzeptutveckling.....	68
16.1 Resultat konceptutveckling	68
16.2 Datainsamling konceptutveckling.....	68
16.3 Designbeslut konceptutveckling	68
16.4 Utvärdering & DFMEA	74
16.5 Summering konceptutveckling	75
17. Diskussion.....	76
17.1 Slutresultatet	76
17.2 Material som prioritet.....	79
17.3 Samhälleliga & etiska aspekter.....	79
17.4 Validitet & reliabilitet.....	79
17.5 Tillgång till material & kunskap.....	81
17.6 Teori	82
17.7 Planering	83
18. Slutsatser	84
Källförteckning.....	85
Bilagor	87

1. Inledning

I det inledande kapitlet beskrivs bakgrunden om produkten i syfte att förmedla den information som behövs för att kunna ta del av rapportens innehåll. En beskrivning av de problem som låg till grund för att uppdraget uppkom följs av projektets syfte och omfattning.

1.1 Bakgrund

Detta avsnitt beskriver uppdragsgivaren, produkten, kontexten och användarna i syfte att skapa en förståelse för resterande innehåll i rapporten.

1.1.1 Uppdragsgivare

Cimco Marine är ett relativt ungt företag, som startades 2012, och riktar sig till den till marknaden för utombordare med huvudkontor i Ängelholm. De är de första i världen som utvecklat en fungerande dieselutombordare i de högre effektklasserna. Cimco Marine har ingått avtal med 17 distributörer runt om i världen och dessa har ungefär 800 återförsäljare.

1.1.2 OXE Diesel

OXE Diesel är en dieselutombordare med patenterad remdrift. Kåpan som täcker motorn är en viktig komponent med många uppgifter. Den ska skydda motorn men också kommunicera vilka värden och egenskaper produkten står för. Formgivning och funktion är därför viktiga aspekter men även att en kostnadseffektiv tillverkning erhålls. Utombordsmotorn används i tuffa miljöer och därmed ska kåpan kunna motstå både slag, kemikalier och tuffa varierande väderförhållanden.

I dagsläget produceras strax under 1.000 enheter per år. Kåpan tillverkas av ett företag i Litauen och köps sedan in av Cimco Marine. Kåpan monteras på motorn hos systemleverantören UFAB i Uddevalla där den även justeras och lackas vid behov.

1.1.3 Kontext och brukare

OXE Diesel används idag på ett flertal platser runt om i världen, från Hurtigruten i Norge till platser i Dubai. I dagsläget finns inga distributörer i Sverige. Användning sker i vatten och i och med att klimatet, som temperaturen och vattentyp (saltvatten eller sötvatten), varierar ställs många och olika krav för vad motorn ska tåla.

OXE Diesel riktar sig till en målgrupp som kör mycket och under tuffa förhållanden. Framförallt gäller det yrkestrafik men även sjöräddning och försvar.

1.2 Problembeskrivning

Nedan följer en beskrivning av de problem som varit relevanta i detta arbete.

1.2.1 Tillverkning, material och ökad produktion

Idag är kostnaden för material och tillverkning för hög. Det beror delvis på form men även på materialval och tillverkningsmetod. Kåpan tillverkas i dagsläget främst med Resin transfer molding (RTM) i polyesterförstärkt glasfiber genom en lång och komplicerad tillverkningsprocess som gör produkten dyr och svår att producera i stor skala. Efter tillverkning skickas den till monteringen där det ofta behöver göras justeringar för att delarna ska passa. Tidigare behövde också ett flertal timmar läggas på att lackera och spackla kåpan. Idag sker det om kåpan har skadats under transporten. Att öka produktionen med dagens tillverkningsmetod är inte ekonomiskt hållbart eftersom den tar för lång tid, innehåller för många moment och resulterar i en produkt som inte är bra. Materialet är i dagsläget inte heller optimalt då det inte klarar av alla krav, produkten behöver utstå tuffare miljö och större lastfall.

Produkten behöver anpassas för en större produktionsskala. Detta innebär att olika tillverkningsmetoder samt alternativa material behöver undersökas och analyseras om de är lämpliga för en produktion på 6.000 enheter/år. Tillverkningsmetoderna sätter krav på att materialet ska vara lämpat för storskalig produktion.

1.2.2 Användaranpassning

Vid montering och service av motorn är kåpan tung och svårhanterlig vilket gör att arbetet och hantering tar längre tid och därmed kostar i arbetstimmar. Utöver vikten är kåpan mycket stor och behöver följaktligen göras användarvänlig för att förenkla hanteringen. I dagsläget har inte kåpan en särskilt användarvänlig utformning då den kräver tunga och icke-ergonomiska lyft av användaren. Denna utformning bör omarbetas för att vara mer användarvänlig samt för att semantiskt signalera motorkåpans olika funktioner, till exempel var den öppnas.

Material och form har också en avgörande roll i hur tung och stor motorkåpan kommer vara och är därför kritiska i problemformuleringen. Ett stort problem var att det finns ett behov av att kontrollera oljestickan, sjövattnet samt vätskenivån i det slutna kylsystemet varje gång innan avfärd. I dagsläget kräver detta att användaren lyfter av hela toppkåpan och placerar denna löst vid sidan av, som i båten eller på bryggan. Om det behöver göras ombord finns en stor risk att kåpan är i vägen i båten eller till och med riskerar att åka överbord.

1.2.3 Övriga aspekter

Utöver de centrala aspekterna som har presenterats ska det även tas hänsyn till följande aspekter.

- Vattentät: Ett annat problem som Cimco Marine poängterade var att en del av kåpan har läckt in mycket vatten, speciellt vid inbromsningar.
- Fuktnivå: Inte bara vatteninsläppet var problematiskt, utan även vattenansamlingen längst ned i kåpan vid drevet. I och med att kåpan gick långt ned men hade en icke-tät förslutning medförde detta att vatten ansamlades i kåpan som i sin tur kunde förångas vilket skapade saltavlagringar på motorns delar.

- Ventilation: Luftkylningen och –tillförseln var bra men behövde trots det ökas, då motorn blir varm under gång och behöver kylas ned. I dagsläget skapas undertryck vilket gör att kåpan nästintill suger in vatten.
- Estetik: Att den nya motorkåpan skulle gå i linje med Cimco Marines formspråk var ett måste.
- Hållfasthet: Högre krav på hållfasthet och hållbarhet ställdes på den befintliga kåpan som skulle bidra till en ökad livslängd. Detta ställde högre krav på materialvalet, utformningen och tillverkningstekniken.
- Ekonomi: Ett kostnadseffektivt förslag var önskvärt från uppdragsgivaren.

1.3 Syfte

Syftet med kandidatarbetet var att utreda vilka möjligheter som fanns till att skapa ett bättre alternativ till den befintliga motorkåpan till utombordaren OXE Diesel utifrån ett ekonomiskt perspektiv, design-, funktion-, material-, och tillverkningssynvinkel.

1.4 Mål

Målet med projektet var att sammanställa en heltäckande kravbild som resultat av brukarstudien. Det var också att skapa ett realistiskt koncept som är kostnadseffektivt, har en mer effektiv tillverkningsteknik med tillhörande hållfast material, en design i linje med OXE och uppfyller den valda kravbilden. Målet var också att slutligen leverera en användaranpassad lösning. Förhoppningen var att resultat från arbetet skulle kunna användas i industrin.

1.5 Avgränsningar

För att projektet inte skulle bli för omfattande var det viktigt att projektet begränsades. Det medförde att fokus kunde läggas på de mest väsentliga delarna.

En väsentlig avgränsning var att projektet inte skulle innefatta de delar av Cimco Marines dieselutombordare som finns under kåpan. Motorn ska inte ändras på, utan endast kåpan. Arbeta kring eventuella fästpunkter kan beröra de inre delarna av motorn. Det är dock inte sagt att fästpunkterna måste behålla sin ursprungliga design eller placering.

Som tidigare nämnts riktar sig Cimco Marine mot kommersiella aktörer. En avgränsning var därför att inte designa en produkt för privatpersoner.

Längre in i projektet gjordes också ytterligare avgränsningar då problembilden blev ohanterligt stor. Avgränsningar gjordes till att fokusera på problemområdena: material, slagthållighet, kylning/lufthåll, användaranpassning, ergonomi, tillverkningsteknik, delningslinjer, infästning, utformning och produktsemiotik. Resterande problemområden som bland annat yta, livslängd, kåplås och bullerminskning valdes att lägga mindre fokus på.

Projektet skrevs av sex stycken studenter i årskurs 3 på Chalmers tekniska högskolans grundutbildning för civilingenjörer. Arbetet omfattade cirka 400 timmar per person under vårterminen 2018.

2. Slutresultat

Projektet resulterade i ett slutgiltigt koncept av en kåpa, se figur 2.1, som anses vara ett bättre alternativ till den befintliga motorkåpan till utombordaren OXE Diesel. Den är ett mer kvalificerat alternativ ur ekonomiskt perspektiv, design-, funktion-, material-, och tillverkningssynvinkel i förhållande till den befintliga. Med både ny tillverkningsmetod, material, funktion, användaranpassning och utseende anses syftet med arbetet vara uppfyllt.



Figur 2.1 - Nya OXE Diesel

Nya kåpan till OXE Diesel är gjord i kolfiber. Istället för den klassiska kolfiberväven används korta bitar av kolfiber för att armera materialet. Dessa kolfiberbitar blandas med vinylester som sedan formpressas med tillverkningstekniken *Sheet Molding Compound*, förkortat *SMC molding*. Denna teknik används vanligen för glasfiber men med kolfiber blir det en mycket starkare struktur. Denna metod passar bra för tunna geometrier snarare än solida kroppar vilket gör det optimalt för kåpan. Med denna tillverkning och material skapas en förväntad slät yta som är svart och melerad samt hållbar. Det medför att delarna inte längre behöver lackas eller spacklas. Eftersom kåpan redan är svart men också har ett ganska "rått" utseende går den i linje med det som Cimco Marine önskar att kåpan ska utstråla.

Den råa, svarta ytan i kombination med en kantig utformning med många ytor skapar ett kraftfullt, funktionellt och uthålligt uttryck. I och med en okomplicerad utformning passar produkten den kommersiella marknaden och den tilltänkta kunden. Något som bidrar till att kåpan fortsatt upplevs ha tillhörighet till de tidigare OXE Diesel är den karakteristiska kutryggen. Genom att behålla och förlänga den ytterligare stärks uttrycket, se figur 2.2 för sidovyn på den nya kåpan.



Figur 2.2 - Profil som visar kåpans "kuttrygg" på nya OXE Diesel

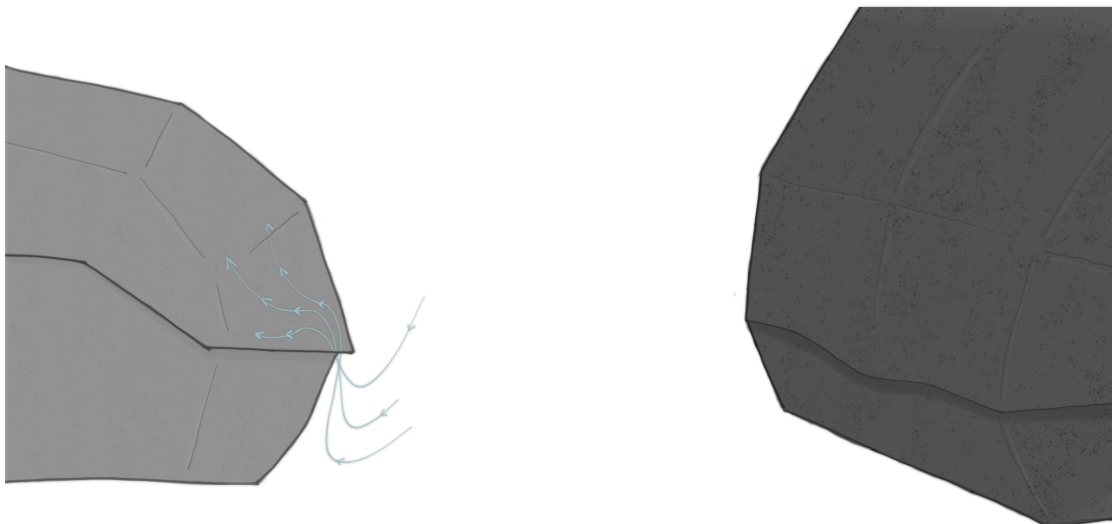
Med den nya tillverkningstekniken *SMC molding* är det även möjligt för Cimco Marine att öka produktionstakten till den önskade som är cirka tre enheter per timme då detta är längre än teknikens kapacitet. De formarna som används är även mer hållbara och komponenterna som tillverkas varierar mindre från varandra vilket gör att tillverkningen av kåpan bli mer pålitlig.

Tidigare var användaren tvungen att lyfta av den stora och otympliga toppkåpan varje gång innan avfärd för att utföra nödvändiga kontroller. Med den nya kåpan är det istället en större lucka som vid öppning visar hela övre delen av motorn, se figur 2.3. Istället för att lyfta av toppkåpan öppnas nu en lucka som har ett ergonomiskt handtag på motorns framsida.

Handtaget visas semantiskt genom att toppkåpan har utbuktning framtill, se figur 2.4. Första biten av lyftet får användaren hjälpa till själv med egen kraft men en kort bit upp stöttas lyftet med två stycken hydrauliska pressar på vardera sida, likt en baklucka på en bil. Luckan lyfts kring två gångjärn på ryggen av kåpan vilket möjliggör översikt ända bak på motorn. I och med luckan undviks också det tidigare problemet där toppkåpan måste ligga lös, antingen i båten eller på bryggan. Det medför att användaren kan känna sig trygg även ute till sjöss när den skall öppna upp motorn för besiktning, utan risk att skada sig själv eller kåpans delar.

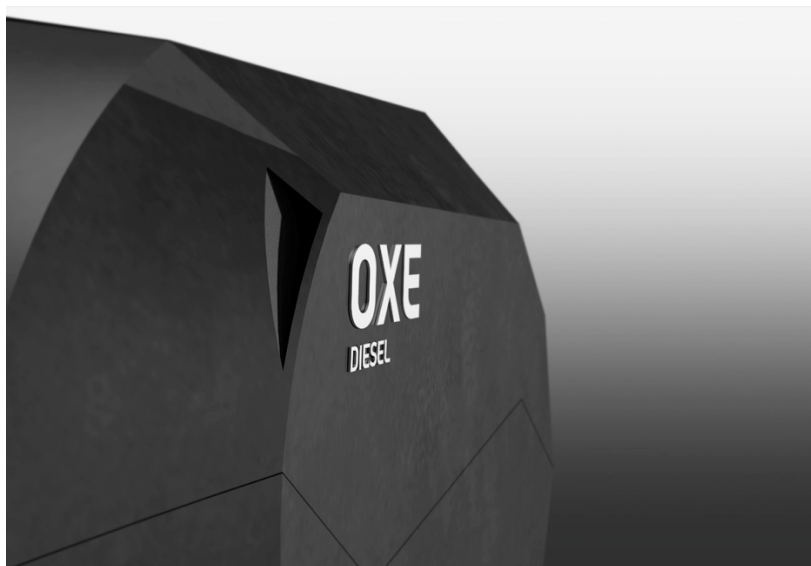


Figur 2.3 - Öppnad kåpa som ger översikt av motorn



Figur 2.4 - Toppluckans handtag med luftintag

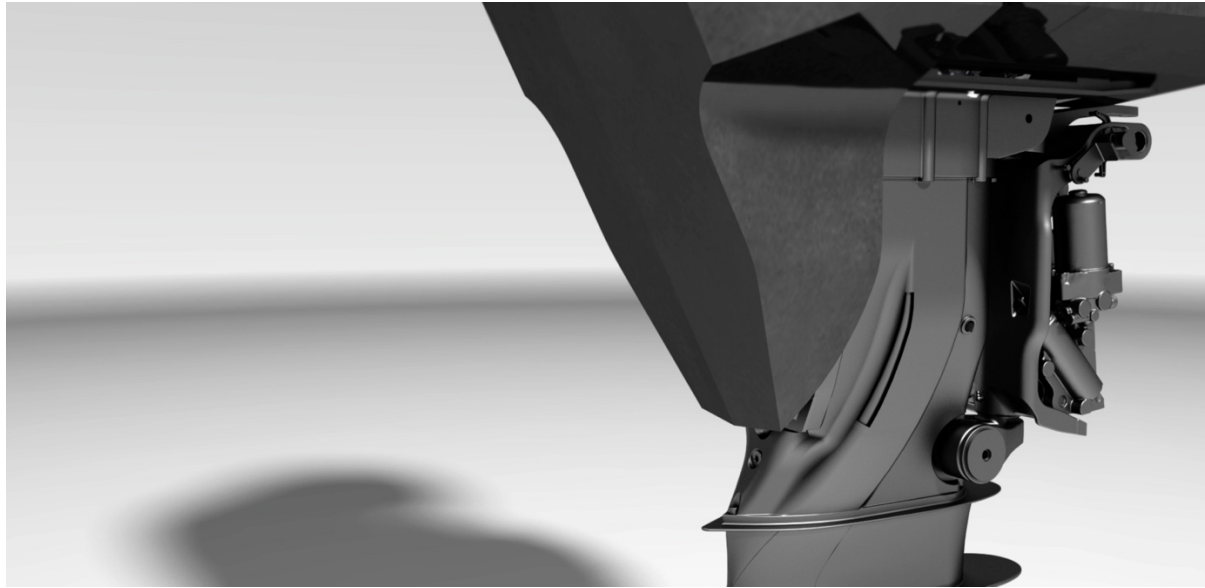
Ytterligare ett fokusområde var att förbättra luftkylningen av motorn. Ett av lufthålen kommer vara kvar på ungefär samma ställe, i anslutning till handtaget, längst fram på motorn då det fungerade bäst på den tidigare kåpan. Luften kommer in under handtagets utbuktning och rakt in under kåpan, se figur 2.4, utan en skyddsvägg som den gamla kåpan hade. Istället för lufthålen bak på den tidigare kåpan kommer dessa flyttas högre upp på sidorna. Lufthålen är utformade som kanaler på insidan av toppkåpan där luft kommer in genom två hål på vardera sida av toppluckan, se figur 2.5. Dessa hål är placerade vertikalt både fram och bak, från hörnen, i överkant på kåpan. Dessa sluts samman med en kanal.



Figur 2.5 - Lufthål på kåpans högersida bakifrån

En bit in i kanalen är det fortfarande tätt men efter cirka 10 cm börjar ett inre hål i övre delen av kanalen som öppnar upp in till motorn. Där hålet börjar kommer vattnet ha runnit ned medan luften har möjlighet att ta sig in. Vattnet kan då rinna bort i borte hålet medan luft kan strömma igenom och färdas fritt. Lufthålet sitter också i anslutning till turbon där det är som varmast vilket skapar bättre kylning än den tidigare motorkåpan.

Något annat som var problematiskt var vattenansamlingen längst ned i kåpan vid drevet. För att minska det kortas längden på riggkåpan med cirka 25 cm, se figur 2.6. Den minskas även på sidorna av drevet och placeras bakom avgasröret. Det medför att riggkåpan kommer utsättas för lägre strömningskrafter samtidigt som det genomtänkt designade drevet visas mer. Detta skapar ett unikt utseende till skillnad från andra kåpor på marknaden där många går långt ned och omsluter hela drevet. Detta kräver att två av de tidigare infästningspunkterna inte längre används och ett nytt skapas bakom avgasröret. Den kortade riggkåpan bidrar till mindre materialanvändning och att mindre vatten kan ansamlas inuti motorkåpan jämfört med dagens kåpa.



Figur 2.6 - Nya riggen som blottar avgasröret

Med den nya kåpan krävs endast fem separata formdelar istället för de tidigare tolv. Luckan, höger- och vänster sida samt de två luftkanorna. En stor förbättring med avseende på *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA). Det kommer medföra både lägre verktygskostnader och kortare monteringstider. I den aspekten är den också bättre miljömässigt, vilket det står mer om i kapitlet 6 om samhällliga och etiska aspekter.

Med färre delar, nytt material, ny tillverkningsmetod och ny design ändras givetvis kostnaderna jämfört med OXE Diesels befintliga kåpa. Tillverkningsmetoderna valdes till *SMC molding* (*Sheet Molding Compound*) samt fräsning med CNC-fräs för att avlägsna överblivet material för alla kåpdelar. Det sker nu ingen efterbearbetning, då de inte behöver spacklas eller lackeras. Med inskrivna parametrar framkom det att kostnaden för den framtagna kåpan är 4.868 kr, om kåpans tjocklek är 2 mm. Kostnaden blir 5.496 kr om tjockleken är 3 mm. De hydrauliska pressarna inkluderas inte i kostnaderna, men uppgår till ungefär 300 kr per kåpa.

Det betyder att kåpan som tagits fram har en kostnad på antingen 4.868 kr eller 5.496 kr, beroende på tjocklek. Den befintliga kåpan uppskattades ha en kostnad på 8.516-16.016 kr. Därmed sparas 3.648-11.148 kr eller 3.020-10.520 kr. Det är en minskning på 43-70 % av kostnaden ifall tjockleken skulle vara 2 mm på kåpan. Minskningen på kostnaden om tjockleken bestäms till 3 mm blir 35-66 %.

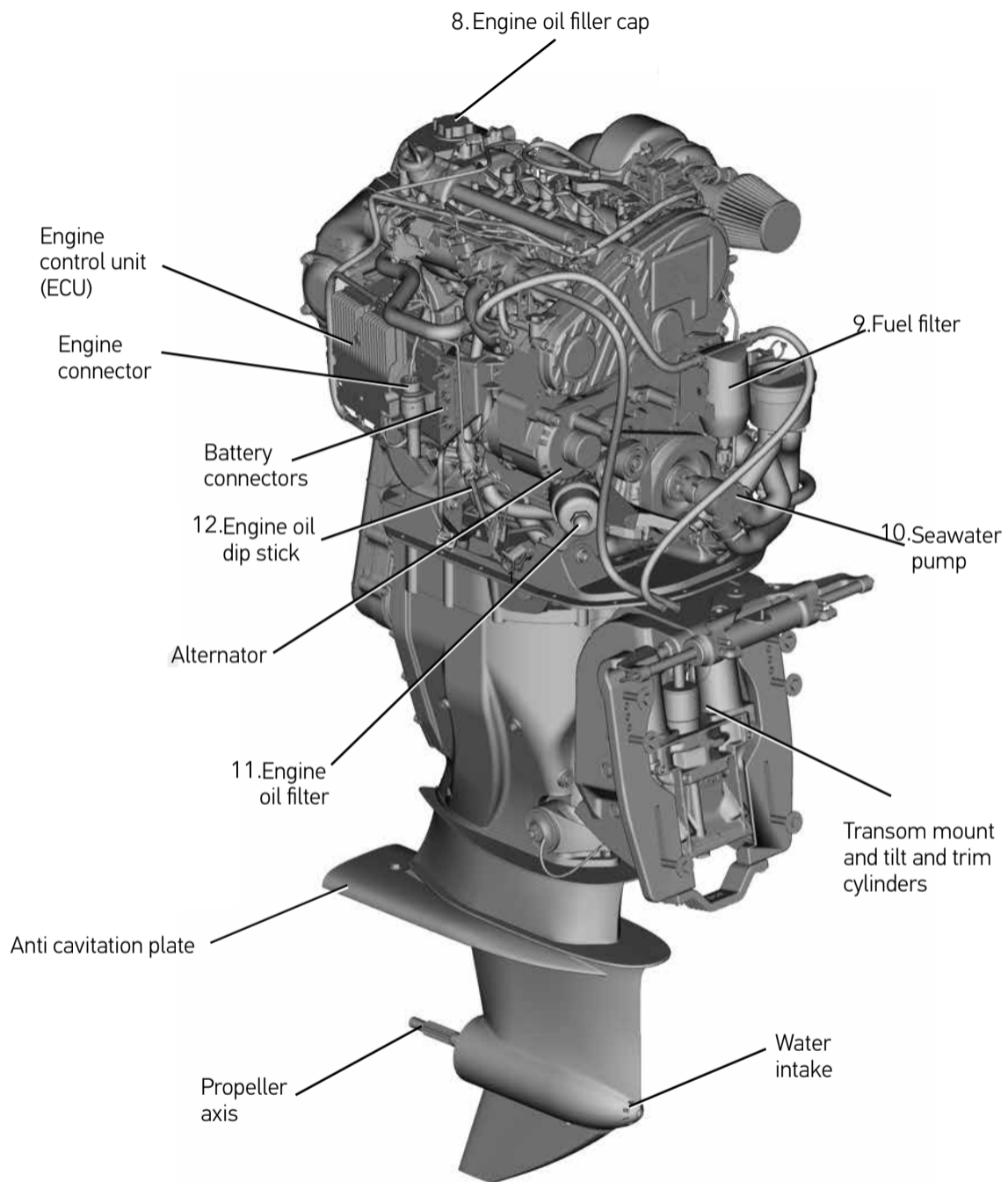
3. Orienteringskapitel

I nedanstående kapitel redogörs bakgrundsfakta om den befintliga motorkåpan och vilket urval av personer den berör. Det redogörs även för vilket teoretiskt ramverk som använts för arbetet samt beskrivningar av metoder som utförts.

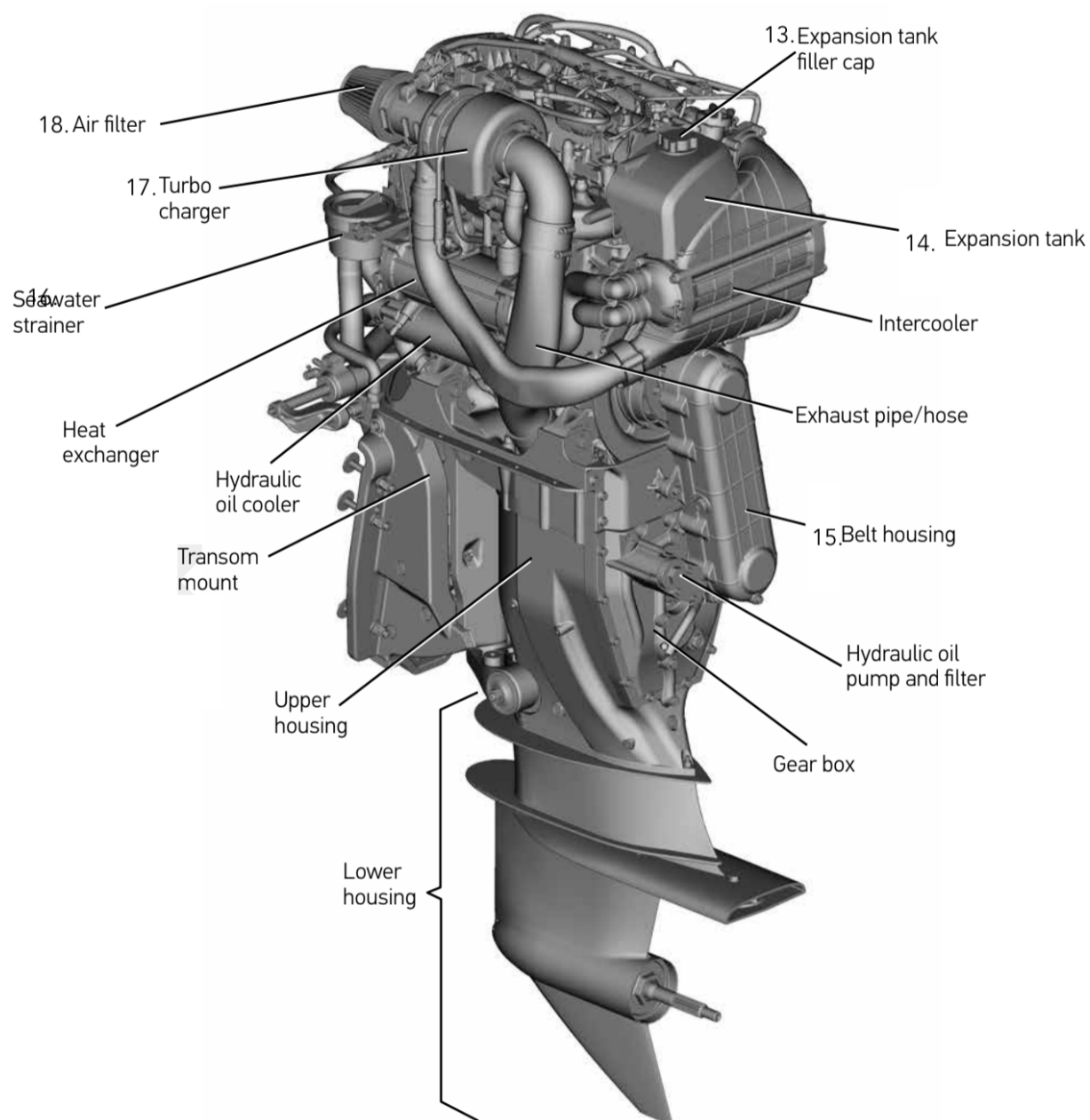
3.1 Begreppslista



1. Toppkåpa
2. Kranskåpa
3. Remkåpa
4. Riggkåpa
5. Drev
6. Fläns
7. Avgasrör



- 8. Engine oil filler cap - Oljepåfyllning
- 9. Fuel filter - Bränslefilter
- 10. Seawater pump - Sjövattenpump
- 11. Engine oil filter - Oljefilter
- 12. Engine oil dip stick - Oljesticka



- 13. Expansion tank filler cap - Lock till expansionskärl
- 14. Expansion tank - Expansionskärl, slutet kylsystem
- 15. Belt housing - Remhus
- 16. Seawater strainer - Sjövattenfilter
- 17. Turbo charger – Turbo
- 18. Air filter - Luftfilter

3.2 Befintlig produkt

I detta delkapitel beskrivs den befintliga kåpans grundfakta med avseende på material, tillverkningsteknik samt utformning. Den befintliga kåpan visas i figur 3.1.



Figur 3.1 - Befintlig motorkåpa, OXE Diesel

3.2.1 Grundfakta

För att skydda motorn från de utvändiga faktorerna krävs en hållbar och funktionell kåpa. Kåpans funktion är att skydda motorn från vatten, olika former av slag och laster samt att möjliggöra tillräcklig lufttillförsel till motorn för att motorn ska kunna kylas och utföra förbränning, men även möjliggöra daglig tillsyn och byte av komponenter i motorn.

Kåpan används i de tuffaste miljöerna, allt från kylan vid Antarktis till värmen vid ekvatorn, vatten med mycket hög salthalt och UV-strålning. Den skall även stå emot olika former av slag och laster. Materialet som kåpan är tillverkad i behöver därför klara av dessa påfrestningar.

För att skydda motorn mot vatten och havssalt men samtidigt tillåta lufttillförsel till motorn krävs det att det finns lufthål i kåpan som på något sätt avvisar vatten men tillåter luft att strömma in. Om vatten skulle komma in under kåpan kan det betyda att motorns förbränning hämmas och stannar eller att komponenterna under motorn börjar korrodera för att slutligen gå sönder. Det är viktigt att motorn får tillräckligt hög lufttillförsel. Dels för att kyla varma komponenter som till exempel turbon, men också för att det skall finnas tillräckligt med syre för att en förbränning ska ske.

Till följd av att det är ett nystartat företag finns ingen etablerad storskalig produktion i dagsläget, och de tillverkningsmetoderna som används lämpas bäst till småskalig produktion då de är tidskrävande men de tillåter förändring av designen på kåpan. Då Cimco Marine planerar att öka sin produktion från 1.000 enheter per år till 6.000 enheter per år krävs dock en förändring av tillverkningsteknik. Det beror på att produktionen för en större skala ska bli ekonomiskt hållbar och för att tillverkningen ska kunna ske i den hastigheten som behövs.

Vidare har OXE Diesels design varit i princip densamma sedan företaget startade. Efter år av samma utformning vill Cimco Marine nu ha en ny design på sin motorkåpa, en design som passar in i deras nuvarande produktfamilj och som associeras med OXE Diesel.

Alla dessa faktorer resulterar i en framtagning av en ny kåpa som visuellt ska passa in i dagens produktfamilj, där materialet ska klara av tuffa miljöer, det ska finnas någon form av vattenavskiljning så att bara luft kommer in under kåpan, samtidigt som den ska kunna tillverkas i en större skala med en snabbare produktionstakt utan att kosta mer samt underlätta för daglig tillsyn och byte av motorkomponenter.

3.2.2 Material och tillverkning

Den befintliga motorkåpan tillverkas i vad som vardagligt kallas för glasfiber. Det är i själva verket polyester som armeras med en glasfiberväv som ger materialet sin styvhet. Idag tillverkas de flesta delarna med en *resin transfer molding* process, RTM. Det är en process som är assisterad av vakuum. Glasfiber som agerar förstärkningsmaterial placeras i en form som sedan stängs, kläms ihop för att sedan spruta in polyester (*Molded Fiber Glass Companies*, 2018). Toppkåpan tillverkas i dagsläget med en enklare version av RTM eftersom att den har negativa vinklar som gör den svår att tillverka. I den metoden har den inre formen ersatts med ett mjukt silikoninlägg för att möjliggöra att den kan tas ut ur kåpan när den är färdiggjuten (*Molded Fiber Glass Companies*, 2018). Mindre delar såsom vattenseparatorn tillverkas med metoden *sheet moulding compound*, SMC molding.

Delarna lossas från formarna, sågas till, fogas samman och fogskarvar slipas till med hjälp av en femaxlig fräs. Fräsen fräser även de hål som behövs för att kåpan skall kunna monteras. Fördel med detta är att ifall det skulle krävas en reservdel är det enkelt att få till det och få delen att passa. Det förekommer även att vissa av delarna tillverkas i samma omgång och sedan separeras.

För att uppnå den matta svarta ytan målas och lackeras kåpan. Färgen är inte bara för utseendets skull utan utgör även ett skydd för UV-strålning som polyester är känslig för. Målningen förlänger tillverkningen av motorkåpan men förlänger dess livslängd. Målningen och spacklingen var i början av projektet en flaskhals i produktionen, eftersom det kan vara tidskrävande. Beroende på vilket skick kåpan hade efter produktion kunde just målning och eventuell extra spackling ta 8-23 timmar. Som kan ses i figur 3.2, så uppstår vid tillverkning små håligheter vid till exempel kanterna av toppkåpan. Dessa spacklas för att sedan slipas bort.



Figur 3.2 - Håligheter på toppkåpans kant vid tillverkning

3.2.3 Utformning

Utformningen hos OXE Diesel skiljer sig en del från konkurrenterna i samma effektklass. Framförallt beror skillnaderna på att motorn hos produkten sitter monterat horisontellt jämfört med vertikalt hos konventionella bensinmotorer. Det leder till att OXE Diesel blir bredare och därmed får ett unikt utseende. Förutom det har motorkåpan gjorts kantig och skruvarna som

håller den samman är väl synliga. Med detta utseende upplevs motorn robust och kraftfull. I profil har kåpan inte det typiskt framåtlutande utseendet som ofta ses hos konkurrenter. Detta kan vara en följd av hur motorn sitter under kåpan eller ett designval som gjorts för att motorn ska gå i linje med de tidigare nämnda värdeorden. I dagsläget är kåpan matt och svart. Den matta ytan är ovanlig hos konkurrenterna men är ett designval som kan ha gjorts för att få motorn att stå ut från mängden eller för att öka känslan av styrka och robusthet.

Något som är kritiskt med utformningen hos motorkåpor för utombordare generellt är luftintaget. Utformningen av det har stora krav på sig i att inte släppa in så mycket vatten att det skadar motorn samtidigt som det måste ta in stora mängder luft för att kyla motorn. Idag sitter luftintaget på OXE Diesel högt upp och bak på motorkåpan.

Kåpan öppnas i dagsläget genom att lossa spännen som sitter på kåpan, och är inte integrerade i kåpan som på många andra modeller. Det är en enkel och tydlig låsmekanism. Sedan kan hela kåpan lyftas av. Inga specialverktyg behövs heller till att få av resten av kåpan vid eventuell service. Se Bilaga 1 för exakta mått.

3.3 Urval

På dagens marknad är Cimco Marines OXE Diesel en av få högpresterande utombordsmotorer som drivs av diesel. Det finns därmed många potentiella kunder inom flera olika områden, exempelvis där traditionell bensin inte är ett lämpligt men där en motor med hög effekt krävs. Inom den statliga sektorn finns NATO:s *single fuel directive* som säger att om möjligheten finns skall motorer väljas som möjliggör att alla enheter använder samma typ av bränsle, vilket ofta betyder diesel (Cimco Marine, 2016). Transport av två olika bränslen sparar då in. Diesel är dessutom inte lika lättantändligt och dieselmotorer använder mindre bränsle vid förbränning. Vid offshorebåtar som kör och opererar kring oljeplattformar, är det inte tillåtet att använda bensinmotorer på grund av risk för gnistbildning, vilket skulle kunna få ödesdigra konsekvenser. Därför är OXE Diesel en betydande produkt på marknaden.

Målet är att OXE Diesel ska bli tillräckligt etablerad för att användas som referens inom branschen. Cimco Marines kunder är användare som behöver en stark motor med hög effekt och som klarar av att användas hårt. Det som skiljer OXE Diesels användare från en annan utombordares användare är att målgruppen för Cimco Marine är inte för privat användning. Dess styrka och uthållighet märks inte av vid sporadiskt användande, utan endast vid kontinuerligt körande i de högre effektnivåerna. Den är därför mer lämplig för kommersiella användare där det är otroligt viktigt att motorn fungerar under hela användningen. Den måste klara av påfrestningar under uttryckning för exempelvis sjöräddningen, eftersom det skulle kunna bli en fråga om liv och död. Den primära användaren är därmed kommersiella användare som till exempel kustbevakning, off-shore, taxibåtar, räddningstjänst, polis med flera. Generellt är det båtar som körs väldigt mycket och i hård miljö.

3.4 Teoretiskt ramverk

I denna studie används ett teoretiskt ramverk baserat på teorier inom produktutveckling där en produkt angrips från detalj till helhet på ett ingenjörsmässigt sätt, *Engineering Oriented*. Det betyder att produkten delas upp i problem som löses för att sedan bilda och vägas samman till en helhet (Dagman, 2017). De ingående delarna är då väl utarbetade, motiverade och anpassas för

att bilda en helhet som uppfyller krav och önskemål. Processen för projektet har en iterativ struktur där arbetet delas upp i faser och tillsammans samspelar och återkopplas. Lösningar testas då för att utforska en lösningsrymd. För varje iteration, även kallad loop, minskar lösningsrymden och processen drivs därigenom framåt. (Bligård, 2018)

Arbetet ligger inom gränserna för industridesign, som kan definieras: "design av användbara produkter ämnade för serieproduktion, med målet att anpassa dem till människan och hennes omgivning" av Rune Monö (citerad i Dagman, 2017). Med industridesign kan då produktens egenskaper formuleras på ett entydigt och tydligt sätt i en estetiskt tilltalande gestaltning som blir det centrala i designarbetet för att skapa en helhet. Designarbetet består även av att bevaka designaspekter som måste ta hänsyn till val av konstruktiv uppbyggnad av produkten och val av teknik och verkningssätt (Dagman, 2017).

Inom industridesign har arbetet arten *Re-design* som är förnyelsedesign där nya lösningsprinciper arbetas fram för befintliga delsystem. Det är även möjligt att ta bort eller lägga till funktionalitet för att utveckla produkten.

3.5 Datainsamlingsmetoder

I nedanstående avsnitt redogörs för alla datainsamlingsmetoder som använts under arbetets gång för att kartlägga behov och krav samt information om produkten.

3.5.1 Brukarstudie

En brukarstudie görs i initialt skede för att kartlägga vilka som är de huvudsakliga brukarna. Det görs för att få en stabil grund att stå på inför det kommande arbetet. Främst innebär det att undersöka personer som använder produkten eller liknande. Även intressant att samla på sig information från olika håll om huruvida vad brukaren efterfrågar och erhålla förståelse för deras situation. Detta leder till att strukturerat skapa en bild av vad som innefattar arbetet. Under kapitel 4.1.3 Brukarstudie, förklaras hur denna metod användes.

3.5.2 Pilotstudie

En pilotstudie görs för att verifiera att tillvägagångssättet för en intervju eller brukarstudie har möjlighet att ge värdefulla resultat. Också för att kunna förändra och förbättra studien innan den görs på riktigt. (Wallgren, 2016). I kapitel 4.1.1 Förstudie, beskrivs hur pilotstudien utfördes.

3.5.3 Intervju

För att utveckla behov och krav används ibland intervju. Intervjuer är en frågebaserad metod och används med syfte att låta användare berätta om sin egen upplevelse och åsikt om användning av produkten i olika förhållanden. Även för att få fram intervjupersonens relation, erfarenhet och önskemål kring produkten. Genom detta är målet att nå förståelse för användarens synsätt. För att nå en god nivå av kvalitativ information byggs intervjumallar upp som en trätt. Det vill säga att allmänna och generella frågor ställs i början, varefter de blir mer specifika och detaljerade.

I semistrukturerade och ostrukturerade finns mer plats för probing, det vill säga att intervjuaren har möjlighet att ställa improviserade frågor som knyter an till ämnet. Skillnaden mellan dessa två

är att i en ostrukturerad intervju präglas frågorna i större grad av öppenhet och intervjupersonen uppmuntras att tala fritt om ämnet. Detta möjliggör en adekvat förståelse. Under en intervju kan också olika medierande objekt användas för att få personen att minnas bättre och på så sätt ge mer informativa svar (Bligård, 2015). I kapitel 4.1.3 Brukarstudie, beskrivs hur intervjuer användes och genomfördes.

3.5.4 Observation

Observationsbaserade metoder handlar om att studera hur användaren interagerar med produkten och på så sätt notera beteenden och problem som uppstår vid användning. Generellt är det eftersträfvansvärt att observationen sker så nära som den verkliga användarmiljön som möjligt för att få ett verklighetsnära resultat. Dock finns flera fördelar med att utföra intervjuer i ett laboratorium. Detta för att kontexten i hög grad kan kontrolleras vilket leder till att data som samlas in mäts på samma sätt och därmed är jämförbara på ett lämpligt sätt (Rexfelt, 2016). I kapitel 4.1.3 Brukarstudie, beskrivs de observationer som utfördes.

3.5.5 Litteraturstudie

Relevant publicerat material för projektet undersöks. Exempelvis vetenskapliga artiklar, databaser och tidigare gjorda studier inom området (Bligård, 2015).

3.5.6 CES EduPack

CES står för *Cambridge Engineering Selector* och är ett mjukvaruprogram som ses som ett läromedel inom materialval, design och tillverkningsteknik. Programmet är utvecklat av Professor Mike Ashby på Cambridge University, som gett upphov till namnet. Programmet består av en materialdatabas som kan undersökas på olika nivåer, beroende på hur specifik en vill vara. På den översta nivån undersöks mer om vilket sorts material som väljs, medan på den djupaste nivån är undersökningen på detaljnivå och går igenom till exempel vilken andel tillsatsmedel eller procentuellt legerad materialen behöver vara för att klara kraven. För att undersöka lämpligt material kan krav och begränsningar skrivas in, vilket sällar bort alla material som inte uppfyller dem. Materialen kan därefter jämföras i grafer beroende på kostnad, mekaniska egenskaper, densitet med mera beroende på önskade aspekter. Val av tillverkningstekniker sker på samma sätt (Granta Design Limited, 2017). I kapitel 4.2.1 Fas 2.1.2 – Material, beskrivs hur CES användes för att undersöka möjliga material. I kapitel 4.2.3 fas 2.2.1 - Tillverkningsteknik & delningslinjer, beskrivs hur CES användes för att undersöka möjliga tillverkningsmetoder.

Inom CES EduPack finns funktionen *Synthesizer* som kan räkna ut kostnaden för tillverkning. De parametrar som behövs är formlängd, material, massa, tillverkningsmetod, avskrivningstid, batchstorlek och formkomplexitet. Funktionen är endast tillgänglig i nivå tre i programmet, vilket medför att det rör sig om hög specificitet på material och tillverkningsmetoder. I kapitel 4.1.5 Kostnadsanalys, beskrivs hur CES användes för kostnadsanalys.

3.6 Analysmetoder

För att kunna använda den insamlade informationen till något väsentligt, måste den analyseras och brytas ned för att få strukturerad översikt av tillgångarna. Nedan följer ett antal olika analysmetoder som använts under projektets gång.

3.6.1 Funktionslistning

Funktionslistning innebär att samtliga delar i en produkts listas. Funktioner och delfunktioner beskrivs också för att åstadkomma en heltäckande förståelse av produkten (Bligård, 2015). Hur funktionslistning användes till framtagning av lufthål beskrivs i kapitel 4.2.4 Fas 2.2.2 – Lufthål, och hur det användes till användaranpassning beskrivs i kapitel 4.2.5 Fas 2.3.1. Användaranpassning & funktion.

3.6.2 KJ-analys

Ett bra komplement för intervjuer är en KJ-analys. Den används för att strukturera upp stora mängder data som samlats in samt för att dela in krav i hierarkier. Även för att sammanställa verbal data och uttrycka resultat på ett effektivt sätt. Detta kan bland annat göras genom att ta ut relevanta citat från intervjuer och kategorisera dessa baserat på vad som har sagts (Wallgren, 2016). I kapitel 4.1.3 Brukarstudie, beskrivs hur KJ-analys användes.

3.6.3 Tusenlappen

För att prioritera krav eller fokusområden kan metoden Tusenlappen användas. Deltagarna får fördela 1.000 kr var över de områden de anser vara viktigast. Genom denna metod ges större spridning mellan alternativen än när de rangordnas 1-5 (Cse.chalmers., 2018). Hur tusenlappen användes för problemavgränsning beskrivs i kapitel 4.1.7 Problemavgränsning, och hur metoden användes för val av dellösningar beskrivs i kapitel 4.4 Fas 4.

3.6.4 Konkurrentanalys

För att få en bättre förståelse för problemen och konkurrenters sätt att lösa problemen på används en konkurrentanalys. Konkurrenternas funktioner, komponenter och plats på marknaden analyseras och för- och nackdelar med konkurrenternas lösningar listas. På så sätt kan liknande lösningar användas samt att framtida problem för specifika lösningar undvikas (Hulthén, 2017). Hur konkurrentanalysen genomfördes beskrivs i kapitel 4.1.4 Konkurrentanalys, och hur den användes beskrivs i kapitel 4.2.4 Fas 2.2.2 – Lufthål.

3.6.5 Kostnadsanalys

För att undersöka en produkts kostnad utförs en kostnadsanalys. Det är användbart eftersom jämförelsen av kostnaden för ursprungliga produkten och nydesignade är intressant, för att undersöka eventuell förbättring. Vid analyserande av fysiskt tillverkade produkter lämpar sig metoden med CES, där *Synthesizer* är ett användbart verktyg, se CES EduPack. Hur kostnadsanalysen genomfördes beskrivs i kapitel 4.1.5 Kostnadsanalys.

3.6.6 Beträktande av samhällliga och etiska aspekter

För att bedöma hållbarheten, ur flera synvinklar, hos produkten kan följande aspekterna tas i beaktning:

- **Effekt** - "Den effekt som produkten har för avsikt att uppnå sin omgivning"
- **Användning** - "Hur produkten och människan samverkar i användningen för att uppnå effekten"
- **Arkitektur** - "Produkts uppbyggnad i delar (tekniska arkitekturen)"
- **Interaktion** - "Hur samspelet mellan människan och produkten sker i detalj"

- **Element** - "Produktsystemets tekniska element"

Metoden för betraktande av samhälleliga och etiska aspekter lärs ut till kandidatstudenter på institutionen för Industri- och materialvetenskap, Chalmers tekniska högskola, och som författarna tagit del av under 2018 (Strömberg, 2018). Hur metoden användes i betraktandet av samhälleliga och etiska aspekter finns beskrivet i kapitel 4.1.4.

3.7 Kommunicerande medel

För att strukturera upp och öka kommunikationen inom ett projekt finns det flera metoder för genomförande av det. Metoderna erbjuder möjligheter till att skapa en strukturerad grund att stå på, vilket tydligare får arbetet framåt i rätt riktning.

3.7.1 Kravlista

Behov och krav som framkommit av brukarstudie och analys delas in och sammanställs i en lista. Listan är inte statisk utan kan förändras under tiden, då krav eventuellt prioriteras bort eller avgränsas bort. Metoden används i kapitel 4.1.3, Fas 2.2.1 - Tillverkningsteknik & delningslinjer.

3.7.2 Semantisk ordskala

En semantisk ordskala är ett sätt att definiera en produkts uttryck och formulera produktens budskap. Ett antal egenskaper/adjektiv formuleras utifrån en användare och de ska tillsammans fungera som underlag för utformningen av produktens budskap (Wikström, 2016). Metoden används i kapitel 4.2.6, Fas 2.3.2 Formgivning & produktsemiotik.

3.7.3 Expression Board

Expression Board är en sammanställning av bilder som ska visualisera produktens önskade uttryck. Expression Boarden ska innehålla visuella representationer av: Form, Produkt, Färg eller Färgskala och Metafor. Den används med fördel som en start och inspiration för formgivning.

Expressionboarden kan även användas för att kommunicera och visualisera innebörden av en egenskap i kravlistan (Wikström, 2016). Metoden används i kapitel 4.2.6, Fas 2.3.2 Formgivning & produktsemiotik.

3.8 Idégenereringsmetoder

Följande metoder används främst för att generera idéer för att föra arbetet framåt med innovativa lösningar. Metoderna överlag syftar inte på att producera logiska och väldefinierade koncept, snarare hitta kreativa och revolutionerande idéer.

3.8.1 Brainstorming

Brainstorming är ett sätt att hitta vägar och idéer till att lösa problem. Det uppmuntrar deltagarna att delge idéer som inte nödvändigtvis befinner sig inom de konventionella ramarna. En *brainstorming* kan göras i grupp eller individuellt. Görs den i grupp bör gruppen inte vara för stor samt bör deltagarna uppmuntras till att inte uttrycka någon kritik medan *brainstormingen* pågår (Mindtools, 2018). I kapitel 4.2.4 Fas 2.2.2 – Lufthål, kan läsas om hur det användes.

3.8.2 Braindrawing

I *braindrawing* utnyttjas skisser. På samma sätt som i *brainstorming* uppmuntras deltagarna att inte uttrycka någon kritik. *Braindrawing* inspirerar på ett annat sätt till nya perspektiv och det gemensamma skissandet bidrar också till att inte endast en person blir upphovsperson till en idé (Nilson, Wikberg, Å. et al. 2015). Metoden används i kapitel 4.2.5, Fas 2.3.1 Användaranpassning & funktion.

3.8.3 PVOS

PVOS, eller utskrivet "På vilka olika sätt", är en metod för att skapa nya lösningar kopplat till delfunktioner. Metoden har ingen nämnvärd vetenskaplig förankring utan ämnar vara ett kreativitetsverktyg, inte helt olik *brainstorming*. Metoden bygger på att en effekt eller en funktion sätts som mål. Därefter listas olika idéer för att nå målet (Söderberg, 2015). Metoden användes under kapitel 4.2.2 Fas 2.1.2 – Infästningar, och 4.2.5 Fas 2.3.1 Användaranpassning & funktion.

3.8.4 Morfologisk matris

För att komma fram till olika dellösningar utifrån olika kriterier eller funktioner som identifierats används med fördel en morfologisk matris (Nilson Wikberg et al. 2015). Som utgångspunkt nyttjas vanligen en funktionslistning eller resultatet från PVOS. Metoden används i kapitel 4.2.5 Fas 2.3.1 Användaranpassning & funktion.

3.9 Metoder för visualisering

För att kunna kommunicera idéer och koncept behövs verktyg för att den visuella informationen ska tolkas entydigt och inte ge annorlunda bild hos olika personer. Nedan beskrivs metoder som stöder denna sorts kommunikation.

3.9.1 Skiss

Skisser kan med fördel användas genom ett helt projekt. Det är ett viktigt verktyg för att skapa förståelse, förklara och skapa idéer samt kommunicera värden. I kapitel 4.2.5 Fas 2.3.1 Användaranpassning & funktion, och 4.2.6 Fas 2.3.2 Formgivning & produktsemiotik, förklaras användningen av metoden.

3.9.2 CATIA

CATIA, *Computer Aided Three dimensional Interactive Application*, används för att skapa en tredimensionell modell i dator. Ritningar, Bill of Materials och liknande, av den skapade detaljen från programmet kan erhållas. Metoden är en verklighetstrogen simulering av design och konstruktion för att visualisera produkter (Educations Media Group, 2018). Hur detta användes kan läsas om i kapitel 4.4.2, CATIA.

3.10 Utvärderingsmetoder

Det kan vara svårt att veta hur bra koncepten egentligen är, eftersom det inte finns möjlighet att testa dem i verkligheten. Problematiken med att fastna för ett visst koncept i tidig fas är även aktuellt, vilket kan leda till att det bästa nödvändigtvis inte väljs. För att på ett strukturerat sätt fortsätta arbetet framåt beskrivs nedan de metoder som användes för att ta sig vidare från flerkonceptstadiet till att välja ut och fokusera på enbart ett koncept.

3.10.1 Idéutvärdering

Idéutvärderingar kan göras på flera olika sätt. Ett demokratiskt sätt är genom röstning vilket ofta upplevs som rättvist. Förslagsvis får deltagarna ett visst antal röster som kan visualiseras genom exempelvis prickar. Dessa får de sedan fördela ut över alternativen. Viktigt är att de olika röstningsalternativen presenteras på ett likvärdigt sätt. (Nilson Wikberg, et al., 2015)

3.10.2 Materiallistning

Materiallistning är en metod för att förenkla valet av material till produkt i fråga. Det går ut på att lista upp alla material som enligt CES kan tillämpas för produkten i avsedd miljö. Med materialen upplistade syns det tydligt vilka material det finns att välja på, vilket därefter en sällning kan ske. En stor del av materialen som föreslås av CES kan kasseras, eftersom de rent intuitivt inte kan appliceras i verkligheten. De materialen som inte passar kan då enkelt sorteras bort. Materiallistning ger en tydligare överblick av material och dess information vilket underlättar vid materialval. Hur detta användes kan ses i kapitel 4.2.1, Fas 2.1.1 - Material.

3.10.3 PUGH-matris

För att jämföra olika koncept gentemot ursprungliga produkten och varandra kan en PUGH-matris vara behjälpligt. Den genomförs på så sätt att översta raden i tabell fylls med varje koncept och ursprunglig som referens. Den vänstra (förslagsvis) kolumnen fylls med olika kriterier som koncepten skall jämföras runt. Referensens, ursprungliga produkten, kolumn ifylles med nollor för att få en grund att stå på. De andra kolumnerna för varje koncept ifylles därefter med antingen "+" eller "-" beroende på om konceptet uppfyller det givna kriteriet bättre eller sämre än det ursprungliga. Slutligen summeras alla "+"- och "-"-tecken för att få en total översikt över hur väl konceptet uppfyller de satta kriterierna i förhållande till de andra samt det ursprungliga. (McDermott, 2006) Hur PUGH-matris användes kan ses i kapitel 4.4 Fas 4 för framtagning av slutligt koncept men även under kapitel 4.2.4 Fas 2.2.2 - Lufthål, för utvärdering av lufthål.

3.10.4 Kesselringmatris

Eftersom att vissa egenskaper hos en produkt kan vara viktigare än andra används ofta Kesselringmatriser. Det går ut på att egenskaper eller problem viktas efter hur betydelsefulla de anses vara på en skala från 1-5. Därefter analyseras det hur väl koncepten uppfyller egenskaperna eller löser problemet enligt en skala, också från 1-5. Därefter multipliceras vikten av egenskapen med hur väl konceptet uppfyller egenskapen och konceptet får ett värde för just den egenskapen. Detta görs för alla egenskaper och problem och resulterar sedan i ett samlat betyg av konceptet (McDermott, 2006). Hur Kesselringmatris användes ses under kapitel 4.4 Fas 4 för att ta fram slutligt koncept men även under kapitel 4.2.4 Fas 2.2.2 - Lufthål, för utvärdering av lufthål.

3.10.5 DFMA

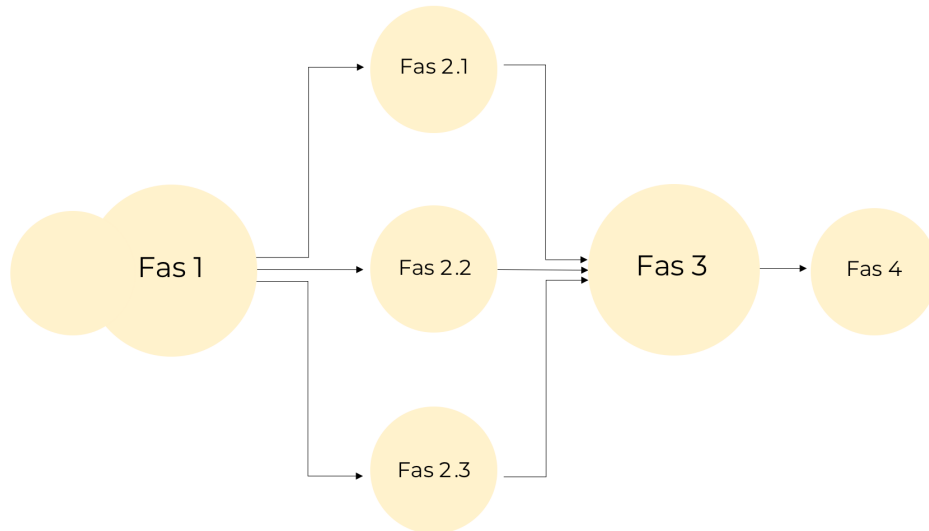
DFMA står för *Design For Manufacture and Assembly*, och betyder på svenska Konstruktion för tillverkning och montering. Det är en kombination av två metoder; *Design for Manufacture* vilket betyder att designen är gjord för en lättare tillverkning av en produkt, samt *Design for Assembly* som menas med att designen av delar tar till hänsyn en lättare montering till en produkt. DFMA används vid konstruktionsstudier för att förenkla produktens struktur och uppbyggnad, minska tillverkning- och monteringskostnader och därigenom förbättra produkten (Boothroyd Dewhurst, 2018). Under kapitel 4.4.1 DFMA, kan läsas om hur det användes i projektet.

3.10.6 DFMEA

DFMEA står för *Design Failure Mode and Effect Analysis* och är en typ av FMEA, *Failure Mode and Effects Analysis*, specialiserad för att passa produkter och tjänsters design. Det är en utvärderingsmetod som syftar till att upptäcka potentiella fel och faror med en produkt eller tjänst genom att i tio steg lista och ranka chansen att olika händelser skall inträffa och skapa en plan för att i framtiden undvika faror (Resource Engineering, 2014). Hur DFMEA används kan ses under kapitel 4.4.3, Slutgiltig utvärdering.

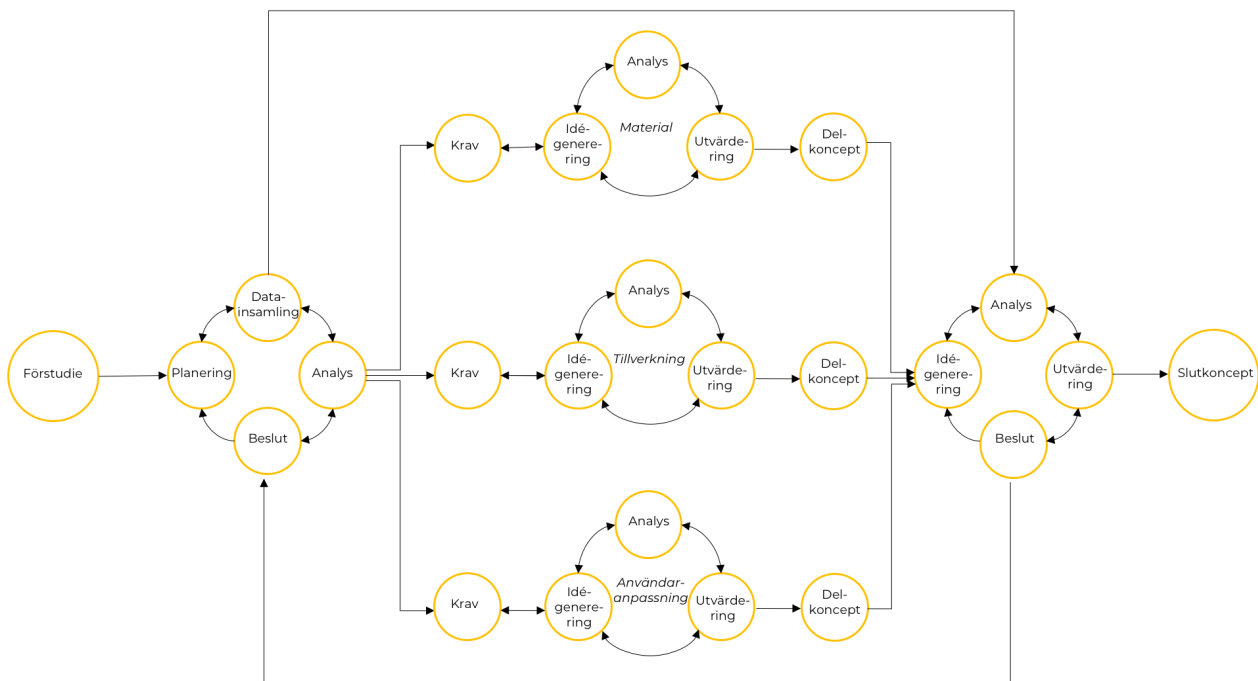
4. Genomförande

Nedan beskrivs genomförandet av de olika delprocesserna i projektet. Metoder som refereras till finns beskrivna i det tidigare kapitlet. I och med att projektet är en designprocess har ett iterativt arbetssätt använts. I figur 4.1 nedan presenteras de huvudsakliga faserna av designprocessen. Från första fasen delades arbetet upp i tre parallella arbetsgrupper som sedan fördes samman i tredje fasen.



Figur 4.1 - Översikt av designprocessens olika faser

I figuren 4.2 nedan presenteras samma designprocess på en mer detaljerad nivå. Inom varje fas itererades arbetet ett flertal gånger för att komma fram till det bästa möjliga resultatet.



Figur 4.2 - Översikt av designprocessens olika faser mer i detalj

4.1 Fas 1

4.1.1 Förstudie

```
graph LR; F((Förstudie)) --> P((Planering)); P --> D((Data-insamling)); D --> A((Analys)); A --> B((Beslut)); B --> P;
```

4.1.2 Frågeställningar

- Vilka är dagens fördelar och nackdelar med den befintliga kåpan?
- Vilka är fördelar och nackdelar med det framtagna konceptet?
- Hur kan brukaren integrera med den befintliga kåpan?
- Hur kan brukaren integrera med det framtagna konceptet?
- Hur mycket kostar det framtagna konceptet att tillverka i förhållande till den befintliga?
Om samma eller högre kostnad än befintliga, är den fortfarande mer lönsam?

22

4.1.3 Brukarstudie

Inför brukarstudien behövde de viktigaste brukarna hittas. Brukarna som eftersöktes var framförallt kommersiella brukare men också sjöräddning och kustbevakning. Även att dessa brukargrupper använt sig av motorer i de högre effektnivåerna, det vill säga 200-300 hästkrafter. Dessa fanns främst inom sjöräddningen, kustbevakningen och olika eventbolag som kör ribbåtar och hittades på båtmässan i Göteborg eller genom personliga kontakter. För att förstå brukaren av produkten och kontexten där den används i djupare utfördes en brukarstudie med målet att finna behov och krav. Detta gjordes främst genom intervjuer. Initialt började brukarstudien med att finna lämpliga användare att intervjua samt att skapa en täckande intervjumall.

Inför intervjuerna skapades intervjumallar, se Bilaga 2 samt Bilaga 3. Då arbetet främst kretsade kring två olika användargrupper, de som kör motorerna och de som monterar kåpan, gjordes en intervjumall för vardera. Dessa gick igenom pilotintervjuer och omarbetades flera gånger innan den slutgiltiga versionen var fastställd. På grund av bristen på intervjupersoner kunde inte intervjumallarna testas på verkliga användare. Därför fick medlemmar i gruppen agera intervjupersoner för att testa intervjumallens struktur. Därefter konsulterades även handledare för att bedöma intervjumallens relevans.

Samtliga intervjuer, förutom de helt ostrukturerade, dokumenterades genom att spelas in. Bilder och kortare filmklipp från hantering och montering finns även sparade. Viktiga händelseförlopp har antecknats.

De flesta intervjuer fördes över telefon, framförallt på grund av geografisk placering samt begränsningar av olika scheman och tid. Dock fanns dessvärre inte möjlighet att intervjua verkliga användare av OXE Diesel. Inte heller fanns möjlighet att komma i kontakt med montörer förrän mycket senare i projektet.

De planerade intervjuerna var semistrukturerade och probing användes till stor del. Detta i syfte att få fram så mycket information som möjligt om användandet, öppna upp för ämnen utanför intervjumallen men också i syfte att alla de intervjuade skulle besvara samma frågor. De semistrukturerade intervjuerna var sex stycken med kommersiella båtanvändare av blandad bakgrund och erfarenhet. De intervjuade arbetade inom kustbevakning, sjöräddning samt eventbranschen, se Bilaga 4 för detaljerad information.

Utöver de semistrukturerade intervjuerna utfördes också ett flertal ostrukturerade intervjuer under Båtmässan med konkurrenter samt användare av konkurrenters utombordare. Syftet med dessa var att komma i kontakt med branschen samt iaktta nuvarande lösningar. Detta var även ett bra tillfälle att utföra deltagande observationer såväl som icke deltagande observationer.

Utöver detta har också ett flertal ostrukturerade intervjuer gjorts med olika anställda på Cimco Marine samt professorer på Chalmers.

Vid besök på Cimco Marines huvudkontor gjordes ett flertal observationer där nya, konceptuella och gamla kåpor visades. Motorerna presenterades också här för första gången, vilket gav inblick i över hur de olika komponenterna var placerade samt vilka funktioner i motorn som skulle vara tillgängliga. Därefter gjordes ett besök hos UFAB där observering av hur kåpan bearbetas innan montering gjordes. Här besöktes också lackeringen där ytterligare en ostrukturerad intervju kunde

genomföras. Vid besöket gavs även möjlighet att bevittna en testkörning av motorn, dock i testmiljö.

För att strukturera upp och få en helhetsbild av problemområdena gjordes en KJ-analys, samt för att se om flera olika parter hade samma eller liknande önskemål. Detta var ett även bra sätt att få hela gruppen insatt i materialet eftersom intervjuerna utfördes av olika personer ur gruppen. Resultatet från brukarstudien presenteras i kapitel 5, Brukarstudie.

4.1.4 Samhälleliga och etiska aspekter

I början av arbetet gjordes en utvärdering hur samhälleliga och etiska aspekter kunde inkluderas i arbetet. Betraktandet av samhälleliga och etiska aspekter var därefter närvarande i alla beslut som togs under arbetet. Besluten itererades för att se att inget av värde missats. I kapitel 6, Samhälleliga och etiska aspekter presenteras resultatet.

4.1.5 Konkurrentanalys

Konkurrentanalysen påbörjades genom att de utombordsmotorerna som skulle analyseras valdes. Det ansågs lämpligt att direkta konkurrenter som också kan köras på diesel skulle undersökas. Vidare beslutades det även att minst en motor i premiumsegmentet och minst en motor från de ledande tillverkarna skulle undersökas. Alla de motorerna som valdes ansågs vara konkurrenter då dessa motorer riktar sig till samma kundgrupp som OXE Diesel och vissa av dem används redan av kundgruppen. Därefter beslutades det om vilka delar som skulle undersökas och analyseras mellan motorerna. Det var framförallt problemen som uppkom under brukarstudien som skulle undersökas. Dessa punkter användes sedan på både båtmässan i Göteborg i form av korta ostrukturerade intervjufrågor.

Vidare informationssökning genom bilder, manualer, filmer och recensioner gjordes och korta sammanfattningar kring varje motor gjordes. Dessa sammanfattningar jämfördes sedan och analyserades. Se kapitel 7, Konkurrentanalysen för resultatet.

4.1.6 Kostnadsanalys

För att uppskatta vad kåpens kostnad är i dagens läge genomfördes en kostnadsanalys av befintlig kåpa. Det genomfördes i CES där kostnaden för kåpens delar var för sig kan beräknas med hänsyn till material, tillverkningsteknik och bearbetningsteknik. Löner, transport och andra omkostnader räknas inte med, på grund av att det inte kommer förändras för vårt koncept i slutskedet. I beräkningen för kostnaden av dagens kåpa användes dessvärre en kåpa av äldre modell och inte den aktuella i dagens läge, vilket kan medföra att kåpdelarnas massor inte överensstämmer med dagens då kåpens godstjocklek varierar. I kapitel 8, Kostnadsanalys presenteras resultatet.

4.1.7 Kravlista

Ett första utkast till en kravlista gjordes redan tidigt i projektet. Detta dokument sågs aldrig som låst utan uppdaterades ständigt. Det uppdaterades när det framkom ny information från studier, användare eller företaget. Kravlistan användes sedan i utvecklingen av den nya kåpan inom olika ämnesområden, som bland annat material, tillverkning och användaranpassning samt för att

stämma av hur det slutgiltiga konceptet stämde överens med kravlistningen. För resultatet av kravlistan, se kapitel 5, Brukarstudie.

4.1.8 Problemavgränsning

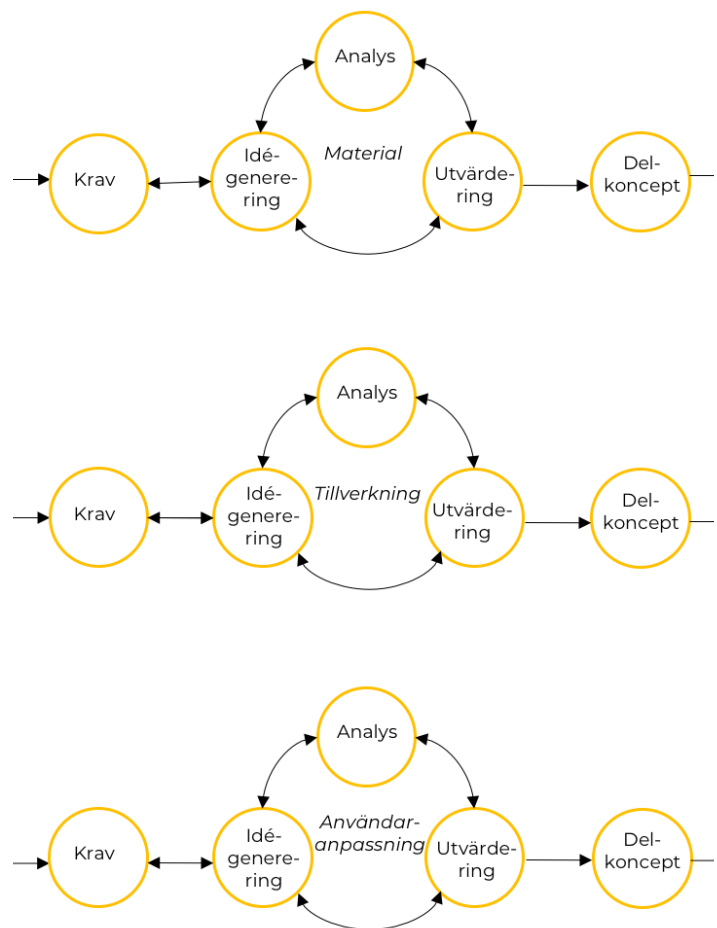
Efter det grundläggande arbetet, inkluderat brukarstudien, fanns en stor problembild med flera olika angreppsvinklar på motorkåpan. För att i slutändan kunna ta fram ett realistiskt koncept fanns därför ett behov av att göra ett urval av de mest relevanta problemen för projektet.

För att välja ut vilka krav som skulle arbetas vidare med användes en variant av metoden Tusenlappen. Här fick vardera gruppmedlem rangordna de olika problemområdena baserat på viktighetsgrad och omfattning. Dessa viktningar sammanställdes sedan till en gemensam rangordning av problem. Baserat på rangordningen fördes en diskussion kring de olika ämnena.

4.2 Fas 2

Efter en kravlista var färdigställd framkom det att det fanns många problem och krav som det skulle arbetas med. Baserat på det samt på feedback från första delredovisningen beslutades det att dela upp arbetet i olika områden i syfte att effektivisera arbetet och få största möjliga djup och kunskap inom vardera ämnesområde. För att kunna påbörja design-loopen delades projektgruppen därmed upp i tre mindre grupper med vardera ansvarsområden, se figur 4.4. Ämnesområdena valdes ut baserat på en gemensam problemavgränsning. Dessa områden fördelades sedan baserat på arbetsbelastning och intresse. Områdena finns beskrivna under resultat, se delkapitel 5, Brukarstudie.

Andra fasen består därmed av tre stycken separata, parallellt gående, iterationer där vardera loop är representerad av en fokusgrupp. Det som togs med från andra fasen var delkoncept inom vardera fokusområde som sedan användes i tredje fasen.



Figur 4.4 - Parallellt arbete

4.2.1 Fas 2.1.1 - Material

Inom fas 2 med inriktning material genomfördes undersökning och datainsamling i CES. Vidare utvecklades de genom materiallistning samtidigt som intervjuer hölls med två professorer inom konstruktionsmaterial för att konsultera kring möjliga material. Kvarstående material sammanfattades, presenterades och redovisades internt för att klarställa tre koncept som togs med in i fas 3.

Undersökning i CES utfördes som ingång i för att se vilka material som materialdatabasen ansåg vara lämpliga att tillverka kåpan i. Krav ansattes i CES nivå två för att få resultat mer än materialgruppen men mindre specifikt än enskilda material, se tabell 9.1 i kapitel 9.2 för de ansatta materialkraven.

Materialen som klarade materialkraven från CES fördes in till ett Excel-dokument. Eftersom kraven kan manipuleras, till exempel att plast kan klara UV-ljus bättre med tillsatser eller ytbeläggning, möjliggjorde materiallistningen att samla material med olika materialkrav som skulle kunna passa produkten. Information om respektive material skrevs in och samlades därigenom på ett och samma ställe. Det gör att information om materialen blir mer överskådliga och jämförelser kan lättare göras.

Ostrukturerade intervjuer hölls med två professorer på avdelningen för konstruktionsmaterial, båda vid institutionen för industri- och materialvetenskap på Chalmers tekniska högskola. De konsulterades för att diskutera rimligheten kring resultaten från materiallistningen, de ansatta kraven för materialen och om det fanns fler material som borde undersökas.

Ingen av dem kunde gå i god för något nytt innovativt material som det spekulerades kring, exempelvis grafen. De menade att rapporter, artiklar och journaler angående nya material var spekulationer, propaganda och testade i alldeles för liten skala. Det gör att tester av materialens egenskaper är för få och småskaliga att de är osäkert om de kommer bevara samma egenskaper applicerade på motorkåpan. Professorerna kunde därför inte konsultera med förslag på nya innovativa material att tillverka hela motorkåpan i.

Vid undersökning av innovativa material granskades The Materiability Research Network som är en gratis plattform på internet som i utbildningssyfte vill koppla samman arkitekter och designers för att sprida banbrytande utveckling inom material. Artiklarna beskriver nya innovativa material och deras egenskaper vilket erbjuder fler alternativ av material. Med hjälp av Materiability upptäcktes innovativa lösningar som arbetades vidare med (Materiability, 2017).

Kvarstående material sammanfattades, presenterades och redovisades internt med hjälp av planscher med data, för- och nackdelar. Det gjorde det möjligt att på ett överskådligt sätt se valmöjligheterna. En diskussion fördes över möjligheterna och lösningsrymden de olika materialen innefattade. För- och nackdelar vägdes mot varandra tills tre koncept valdes för att föra vidare in i fas 3. Resultatet från genomförandet redovisas i kapitel 9.

4.2.2 Fas 2.1.2 - Infästningar

För att idégenerera kring infästningspunkter användes en variant av PVOS för att komma fram till nya sätt att fästa kåpan på motorn. Bilder på produktens motor utan kåpa skrevs ut på A4-papper. På dessa skissades olika sätt att förändra infästningspunkterna och bildade flera infästningskoncept.

Koncepten redovisades genom utskrivna bilder med tillhörande beskrivning hur de fungerade med för- och nackdelar. En diskussion fördes över möjligheterna och lösningssrymden de olika koncepten med övriga delen av gruppen. Resonemangen förfinade koncepten till att utvecklas och bli bättre. Kvar stod tre koncept som valdes till att föra vidare in i fas 3. Resultatet från genomförandet redovisas i kapitel 11.

4.2.3 Fas 2.2.1 - Tillverkningsteknik & delningslinjer

Framtagningen av slutliga tillverkningstekniker gjordes i fem steg. Det första steget var att begränsa sökandet av tillverkningsmetoder till metoder som bara behandlar materialgrupperna: polymerer, kompositer och metaller. Detta gjordes då det ansågs orimligt att kåpan skulle vara tillverkad i någon form av keram eller organiskt material då keramer ofta är spröda och tunga jämfört med hårdheten. Organiska material ansågs vara orimliga då de ofta bryts ner snabbt i naturen samt att majoriteten av de organiska materialen inte är tillräckligt temperaturbeständiga.

Det andra steget gick ut på att lista alla tillverkningsmetoder för de tre materialgrupperna som fanns i programvaran CES och dokumentera respektive egenskaper samt övriga kommentarer kring metoden som kunde vara avgörande i framtiden.

I det tredje steget sållades det bland tillverkningsteknikerna så att endast de som uppfyllde kraven fanns kvar. Kraven togs fram genom att mer specifikt kolla på Cimco Marines planerade produktionsplan.

Det fjärde steget gick ut på att välja en slutlig tillverkningsprocess för varje materialgrupp. Skillnader och likheter samt för- och nackdelar mellan de kvarvarande tillverkningsmetoderna inom varje materialgrupp diskuterades. Därefter kunde de bäst lämpade tillverkningsmetoderna väljas. Motiveringen till varför de olika tillverkningsteknikerna blev valda och processen kan läsas i kapitel 10, Tillverkning & Delningslinjer.

I det femte steget analyserades och dokumenterades vilka delningslinjer som tillverkningstekniken tillåter. Detta steg ansågs vara avgörande för att säkerställa att det slutliga konceptet var realiserbart med den valda utformningen, materialet och tillverkningsmetoden.

4.2.4 Fas 2.2.2 - Lufthål

Framtagandet av koncept till lufthålen genomfördes i sju steg. Det första steget skedde redan i första fasen genom konkurrentanalysen. Lufthålens funktioner undersöktes och konkurrenters lösningar listades och utvärderades. Med hjälp av funktionslistning kunde de två huvudsakliga delproblemen identifieras: hur luft tas in från omgivningen samt hur vatten och luft avskiljs.

Steg två bestod av idégenerering av hur de två delproblem kunde lösas. Vid idégenereringen användes metoden *brainstorming* för att få fram flertalet olika lösningar. Inspiration gavs från konkurrenters redan befintliga lösningar men det genererades även nytänkande lösningar som inte existerar.

Användandet av morfologisk matris var det tredje steget i processen. Den användes för att sätta ihop dellösningar till hela koncept. Dellösningarna som sattes in i matrisen var det som genererades vid idégenereringen. Alla lösningar som fanns kombinerades för att inte missa någon lösning. De koncept som ansågs vara orealiserbara eliminerades direkt.

I det fjärde steget användes en PUGH-matris. Här belystes otillräckliga lösningar och sedan sållades de bort. De koncept som ansågs vara likvärdiga i jämförelse till varandra gick vidare till nästa steg.

För att kunna uppskatta vilka koncept som var bäst användes i steg fem en Kesselringmatris. Ur Kesselringmatris framkom det att tre koncept var lika bra.

Efter Kesselringmatrisen diskuterades det om huruvida vilka lösningar som skulle gå vidare. Två av de tre vinnande koncepten var mycket lika varandra. Därför valdes det att slopa ett av de koncepten och ersätta det med att gå tillbaka till PUGH-matrisen och undersöka vilket av de andra koncepten som ansågs vara mest nytänkande. Anledningen till att det mest nytänkande konceptet skulle väljas var att Cimco Marine tidigare hade uttryckt en önskan om att de ville satsa på nytänkande koncept.

Efter ett möte med teknisk koordinator på Cimco Marine (personlig kommunikation, 8 mars 2018) kom det fram att det fanns ett välfungerande luftintag längst fram på den befintliga produktens toppkåpa. Det ansågs att ett liknande lufthål kunde placeras på det framtagna konceptet. Detta togs i beaktning under vidareutvecklingen. Se kapitel 12, Lufthål för resultatet.

4.2.5 Fas 2.3.1 Användaranpassning & funktion

Det väsentliga underlaget för arbetet med användaranpassning och funktion var kravlistan som skapats efter brukarstudien och uppdaterades under hela arbetet. Utifrån kravlistan gjordes en idégenerering för att få fram de första användaranpassningskoncepten. Dessa analyserades och diskuterades kring varefter processen itererades igen. Då slogs idéer ihop med varandra, samt så kom nya till. Detta arbetssätt var fördelaktigt ur synpunkten att få en stor och kreativ funktionsbredd. Tillslut formulerades användbarhetskoncept. Under denna process var funktion starkt i fokus.

För att starta upp idégenererandet gjordes en brainstorming där hela projektgruppen deltog. I brainstorming behandlades flera teman som i stor utsträckning baserades på krav som inte var uppfyllda för den befintliga produkten. Teman som berördes var:

- Hur kan oljan kontrolleras utan att ta av kåpan?
- Hur kan kåpan öppnas?
- Hur kan lufthål utformas?
- Hur kan luft genomströmmas utan vatteninläpp?

Dessa teman itererades flera gånger och låg sedan som diskussionsunderlag kring de olika idéerna. Detta skapade en stor idébas och bidrog till att alla gruppmedlemmar kände sig delaktiga.

I idégenereringsfasen, för att tydligare kommunicera olika idéer, utnyttjades skiss som ett verktyg och en variant av metoden *Braindrawing*. På en utsatt tid skissade vardera person upp idéer som sedan förklarades och klargjordes för resterande i projektgruppen.

För att skapa en förståelse för utombordsmotorkåpans olika funktioner gjordes också en övergripande funktionslistning. I funktionslistningen noterades inte endast befintliga funktioner hos motorkåpan utan kompletterades också med funna funktions- och användarkrav som inte tillfredsställdes i den befintliga produkten.

Efter analys av de befintliga funktionerna hos kåpan ansågs den vara bristfällig i förhållande till de funna funktions- och användarkraven. Därmed kompletterades funktionslistningen med de icke-befintliga önskade funktionerna. Baserat på funktionslistningen utfördes metoden PVOS för att skapa flera idéer, men baserat på vardera funktion var för sig snarare än för kåpan i helhet. Det genererade i många av nya idéer, vissa mer realistiska än andra. Med de framtagna idéerna från PVOS utfördes en morfologisk matris. Där kombinerades de olika idéerna och sattes ihop till ett tiotal koncept. Dessa koncept itererades flera gånger, justerades, kombinerades och ströks. Det resulterade i sex åtskilda koncept med varierande lösningsförslag. Se kapitel 14, Användaranpassning och funktion för resultatet.

4.2.6 Fas 2.3.2 Formgivning & produktsemiotik

För att utforska och utveckla produktens formspråk och uttryck gjordes en semantisk ordskala. Denna baserades på en framtagen beskrivning av vad företaget uppfattas vilja uttrycka vilket i sin tur baserades på tidigare möten och publicerad information. Orden sattes ihop till ackord för att tydliggöra innebörden och tolkningar av orden. Resultatet från den semantiska ordskalan kopplades ihop med vardera representation: form, produkt, metafor, färg eller material. Baserat på orden söktes bilder för att visuellt representera betydelsen i orden. Framtagningen av bilderna skedde under en iterativ process och bollades med hela gruppen.

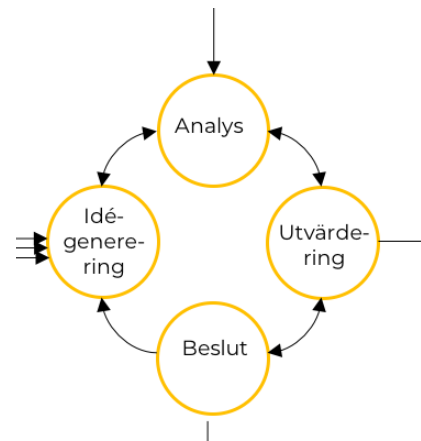
När bilderna var valda sattes dessa ihop till en expressionboard. Denna användes senare som ett verktyg och inspiration i konceptframtagningen. Samt likt en kravlista för formspråket.

Under hela designprocessen var skiss ett viktigt verktyg. Det användes främst för att kommunicera idéer och finnas som underlag vid diskussioner. Det användes bland annat under brainstorming, konceptframtagning och presentation. Det användes också separat för idégenerering. Genom skissning utvecklades idéer och gestaltning av produkten.

För att värdera idéerna som framkommit fördes diskussioner med hela gruppen. Även handledare konsulterades för att validera formspråket. Därefter var formspråket levande och itererades genom de olika stegen i konceptutvecklingen. Se kapitel 13, Formgivning och produktsemiotik för resultatet.

4.3 Fas 3

Efter att koncept framtagits inom varje område i det parallella arbetet påbörjades den tredje fasen och iterationen, se figur 4.5. Först utvärderades vardera dellösning från de olika fokusområdena för att bedöma att dellösningen höll måttet. Dessa valda dellösningar sattes sedan ihop till tre kompletta och realistiskt genomförbara koncept genom idégenerering. Dellösningarna analyserades och kombinerades för att presentera fullständiga lösningar. Inom varje koncept finns lösningar för material, tillverkning, funktion, användaranpassning, ergonomi, produktsemiotik, infästningspunkter och lufthål. Dessa itererades fram till att alla koncepten var fullständiga.

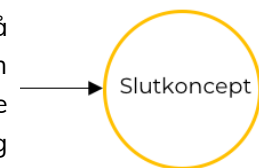


Figur 4.5 - Fas 3 i designprocessen

Fokus låg på att få en stor spridning mellan koncepten för att kunna göra intressanta jämförelser. Därför användes, i stor utsträckning, olika lösningar till funktionerna.

4.4 Fas 4

Efter att de tre koncepten tagits fram utvärderades dessa genom diskussion, Kesselring, PUGH-matris och feedback från den andra delredovisningen, se figur 4.6 samt figur 4.2 för kontext. Baserat på utvärderingsunderlaget fanns en bred grund för att kunna besluta om vilka dellösningar som skulle sättas samman till ett slutgiltigt koncept. De dellösningar som inte hade en tydlig "vinnare" valdes genom omröstning med metoden Tusenlappen. Här började den sista iterationen.



Figur 4.6 - Slutkoncept i designprocessen

När det slutgiltiga konceptet var sammansatt arbetades detta igenom för att vara realiserbart. Här låg fokus på att definiera mer konkret hur saker skulle fungera i och med tillverkning, funktion och konstruktion.

4.4.1 DFMA

När slutkonceptet var framtaget i sin helhet utfördes en DFMA för att optimera konceptet för tillverkning, hopsättning och montering. Då definierades olika släppvinklar, mått, konstruktion och övriga funktioner. Se delkapitel 16.3, Designbeslut för resultatet.

4.4.2 CATIA

När slutkonceptet ansågs vara färdigt gjordes en modell i CAD-programmet CATIA. Här definierades mått, utformning och slutgiltiga detaljer. Utifrån modellen var det möjligt att utföra en slutgiltig kostnadsanalys samt DFMEA. Därefter exporterades modellen till en annan programvara för att skapa renderingar.

4.4.3 Slutgiltig utvärdering

För att utvärdera konceptet avslutades arbetet med ett flertal utvärderingar.

För att utvärdera möjliga fel och dess möjliga effekt vid inträffande hos kåpan utfördes en DFMEA. Detta i syfte att validera slutkonceptet, sätta toleranser samt för att ge rekommendationer för framtida arbete med kåpan. Då det är dyrt att ställa höga krav på tillverkningsprocessen är det fördelaktigt att göra en DFMEA för att identifiera prioriterade design och konstruktionsändringar redan tidigt i processen.

Vid utförandet av Design FMEA:n identifierades först de synliga komponenterna på motorkåpan vilka var: toppkåpan, sidkåporna, både den högra och vänstra samt luftavskiljarna på båda sidorna. Relationerna mellan dessa delar identifierades även för att ta delningslinjerna i beaktning. Därefter analyserades dessa delar i aspekten vad som skulle kunna gå fel, både form, färg, textur samt glans-mässigt. Felen analyserades sedan vidare där felorsak hittades samt att det gjordes en skattning på 1-10 på felsannolikhet, feleffekt samt synlighet som sedan ledde till ett risktal. Ett högt risktal betyder att just det felet är kritiskt samt att det borde prioriteras att åtgärdas eller förebyggas.

Kravlistan var levande under hela projektet och har uppdaterats när ny information framkommit. Slutligen utfördes en avstämning av den nya kåpan gentemot den färdigställda kravlistan för att avgöra vilka krav den lever upp till och ej.

I samma syfte som att utvärdera funktion och kapacitet hos kåpan genom avstämning gentemot kravlistan utfördes en utvärdering av formspråket gentemot expression boarden. Renderingar av motorn utvärderades med avseende på form, material, produkt, metafor och färg i expression boarden. Se kapitel 16.4, Utvärdering och DFMEA för resultatet av utvärderingen.

5. Brukarstudie

En brukarstudie inleddes redan första veckorna i arbetet. Brukare som har deltagit i studien är användare av konkurrerande modeller samt medarbetare hos Cimco Marine. Studiens olika faser har följt med under resten av projektets gång och gett värdefulla insikter och resultat. Resultatet har sedan delvis använts för att motivera och styra arbete i en relevant inriktning.

5.1 Resultat brukarstudie

En mycket stor del av arbetet var den undersökande delen och arbetet med behov och krav. Det har lett till att problemen kunde delas upp och kategoriseras i tre huvudområden: Material, Tillverkningsteknik och Användaranpassning, som även delades upp i parallellt arbete. Dessa områden var också huvudområdena som delades upp i ett parallellt arbete. Vidare har arbete resulterat i en kravlista, se Bilaga 5. Arbetet har framförallt givit en större förståelse för brukarens situation.

5.2 Datainsamling brukarstudie

Mycket datainsamlingen kom huvudsakligen från intervjuer. Under intervjuerna framkom det, exempelvis, att många ville ha en smidig lösning för att kontrollera oljan och det grundläggande skicket av motorn, något som inte var möjligt vid tillfället. För att möta de nytillkomna kraven adderades dessa funktioner till funktionslistan, som i sin tur genererade flera krav. Allt har formulerats som krav i kravlistan.

Från observationer av konkurrerande motorer på bland annat Båtmässan framkom det att toppkåpan var svår att ta av och sedan placera på ett lämpligt ställe. Att lyfta av toppkåpan är nödvändigt på dagens produkt för att kunna kontrollera oljan och andra väsentliga delar. Efter konkurrentanalysen framkom det även att det var det enda sättet att kontrollera oljan på många konkurrenter. Dessa faktorer blev också formulerade som krav.

Förutom att flera behov och krav uppkom efter intervjuerna och observationerna framkom väldigt spridda problemområden. Problemområden som samlades in från studien var: material, kylning, användaranpassning, tillverkning, slagttålig, delningslinjer, infästning, utseende, kåplås, kostnad, miljö, ergonomi, *user experience*, yta, livslängd, vikt och vattentäthet.

5.3 Utvärdering brukarstudie

För att komma fram till en slutlig problembild gjordes en KJ-analys för att sammanställa intervjumaterialet. Problembilden som framkom hade flera riktningar och det medförde att arbetet var svårt att fortsätta från denna punkt och fler avgränsningar behövdes göras. För att enas om en riktning hölls enskild reflektion samt diskussioner i gruppen. För det slutliga resultatet hölls röstning med metoden Tusenlappen. De sex högst prioriterade problemområdena presenteras nedan:

1. Material, Slagttålig
2. Kylning, lufthål
3. Användaranpassad, ergonomi
4. Tillverkningsteknik, delningslinjer

5. Infästning, utformning
6. Utseende

I detta läge visade det sig att flera områden gick att slå ihop då de tangerade varandra. Därför delades de upp i tre fokusgrupper tillika arbetsgrupper, enligt:

- Material/ Slagtålighet och Infästningar
- Tillverkningsteknik, Delningslinjer och Lufthål/kylning
- Användaranpassning, Ergonomi, Produktsemiotik och Utseende

Att det kom att bli dessa områden grundades i den första problemformulering som erhöles från uppdragsgivaren samt egna bedömningar om hur arbetet skulle generera i ett så bra och heltäckande resultat som möjligt.

Faktorerna: kostnad, miljö och livslängd var närvarande under hela arbetet då de var väsentliga för alla tre områden. Därför placerades de inte heller i någon särskild kategori

Utvärderingen av kravlistan har gjorts genom att konsultera handledaren och företagskontakten vid ett flertal tillfällen. Kravlistan uppdaterats även genom hela arbetet allt eftersom ny information tillkommit och annan visats vara ogiltig. Kravlistan har således varit levande under hela arbetet. KJ-analysen var också till hjälp för att validera kraven och erhålla större empati med användarna då deras upplevelser kategoriserades.

5.4 Summering brukarstudie

Arbete med det undersökande delen har givit en kravlista som överensstämmer bra med brukarnas behov och krav samt ger en relevant bild hur fokus på arbetet riktats. Den undersökande delen gav också arbetets tre huvudområden; material, tillverkningsteknik och användaranpassning.

6. Samhälleliga & etiska aspekter

Betraktandet av samhälleliga och etiska aspekter har varit närvarande under hela arbetet. Fokus har varit att, genom små justeringar och medvetenhet genom hela processen, skapa en mer hållbar kåpa både vid tillverkning och användning. Utvecklingen har främst berört minskad mängd material, ökad livslängd och goda interaktionsmöjligheter.

6.1 Resultat samhälleliga & etiska aspekter

Framförallt då motorn drivs av fossila bränslen har fokus legat på att få en lätt kåpa som minskar bränsleförbrukningen, något som anses vara uppnått med det material, den tillverkningsteknik och form som slutresultatet presenterat. Materialmängden som använts har också minskat, exempelvis med en kortare riggkåpa, vilket gör att den totala vikten minskar ytterligare.

Den beräknade livslängden på motorn har bedömts av uppdragsgivaren till tio år och idag beräknas kåpan hålla ungefär hälften av den tiden. Dock är det svårt att veta säkert då uppdragsgivaren inte varit ute så länge på marknaden. Det bedöms emellertid som möjligt, vid normal användning, att den nya produkten har goda möjligheter att uppnå samma livslängd som motorn, alltså tio år. Detta medför en förbättring ur hållbarhetssynpunkt eftersom en ny kåpa inte behöver ersätta en gammal efter halva motorns livslängd. Den nya kåpan bedöms heller inte, vid normal användning, hålla mycket längre än motorn. Vilket den inte heller behöver då det inte är troligt att en gammal kåpa skulle placeras på en ny motor.

Likväl har *Design for Longevity* varit en viktig del i utvecklingen av den nya produkten. Det valda materialet kombinerat med tillverkningstekniken har en yta som medför att repor och skador syns mindre än på den tidigare kåpan. Detta bidrar till att brukaren inte upplever att kåpan behöver bytas ut om den skulle få en mindre skada. Att toppkåpan inte längre tas av, vilket var något av det som gjorde att kåpan nöttes mest, bidrar till att den typ av skador helt och hållet undviks.

Hur användning och interaktion samverkar med människan har noggrant undersökts i arbetet. Produktens interaktions- och användningsmöjligheter bygger på enkla funktioner och det bedöms att brukare av produkten kommer förstå dem. Exempelvis behövs inga specialverktyg för att öppna kåpan, utan de verktyg som distributörerna har idag kommer att fortsätta fungera.

Det anses även vara möjligt att samma kåpa skulle kunna användas på andra motorer med begränsningen att en ny motor skulle behöva ha samma mått som den tilltänkta. Trasiga delar skulle också vara möjliga att byta ut och köpas till vid behov.

Utbordsmotorn används i tuffa miljöer där motorkåpan ska kunna motstå många olika sorters påfrestningar. Genom att ha haft miljöaspekter vid materialval och tillverkning i åtanke är förhoppningen att skadliga ämnen kan undvikas att spridas i miljön till följd av föråldring och slitage. Materialvalet har även styrt tillverkningsprocessen som i sin tur påverkar arbetsmiljö och hälsa för arbetare. Tillverkningsmetoden kan ske till stor del automatiserat vilket medför att arbetare skonas från tunga och skadliga lyft som skulle kunna orsaka permanenta skador hos dem.

6.2 Datainsamling samhälleliga & etiska aspekter

Den befintliga produkten är en modifierad motor från bilindustrin, vilket innebär att den är betydligt mer miljövänlig jämfört med klassiska båtmotorer. Anledningen till den redan höga miljöstandarderna är att bilindustrin har mycket högre miljökrav, eftersom de används i större utsträckning än båtmotorer. Tack vare detta är OXE Diesel den första utombordare som fått EPA (*Environmental Protection Agency*) certifikat.

Inom miljöskyddade områden klarar den befintliga produkten kraven för att få köras fram, vilket ökar efterfrågan från marknaden. För att förbättra en redan högklassig motor inom hållbarhetsfrågor har diskussioner förts under hela arbetet för att både behålla de faktorer som idag fungerar bra men också ytterligare pressa den nuvarande marknaden för att få hållbara resultat. Framförallt har mycket tid också lagts på att öka välbefinnandet hos brukaren som upplevdes saknas i dagens produkt. Detta har åstadkommits genom flertalet intervjuer och observationer. Ett mer utförligt resultat kring dessa förbättringar finns beskrivet i kapitel 14, Användaranpassning & funktion.

6.3 Utvärdering samhälleliga & etiska aspekter

Uppdragsgivaren är en ledande aktör på marknaden som erbjuder starkare och hållbarare motorer med längre livslängd. Genom att ha utvecklat en kåpa som har bättre hållbarhet och längre livstid bidrar det till företagets mål och det bidrar även till att produktionen minskar sin totala miljöpåverkan på flera punkter som finns nämnda ovan.

Utvecklingen för båtmotorer kring miljöaspekter har gått långsamt och blivit lågt prioriterat. Den marina miljön är känslig för utsläpp då det kan leda till försurning och skada det marina ekosystemet. Det har därför varit en väsentlig aspekt i arbetet att analysera hur motorkåpan påverkar miljön. Då produkten ämnar hålla under lång tid var det ett skäl till att se över material och tillverkningsmetoder som är hållbara för människa, miljö och framtid.

För att få en utvärdering som täcker en stor delmängd av de aspekter som är värda att betrakta ur ett etiskt och samhälleligt perspektiv har motorkåpan utvärderats på följande punkter: effekt, användning, arkitektur, interaktion och element. Resultatet från dessa aspekter har vidare diskuterats och itererats för att få en så heltäckande miljöbild som möjligt.

6.4 Summering samhälleliga & etiska aspekter

I arbetet med att förbättra hållbarhet hos produkter blir aldrig riktigt färdigt. Nya hållbarhetsmål, standarder och tekniker bidrar till att produktutvecklingen hela tiden måste anpassas för att leva upp till kraven. Dock bedöms resultatet från betraktandet av samhälleliga och etiska aspekter i detta arbete som förbättrat och uppfyller uppdragsgivarens önskemål.

7. Konkurrentanalys

En konkurrentanalys genomfördes genom att sju olika utombordare från konkurrenter undersöktes. Analysen gjordes för att få en bättre uppfattning om problemen som uppkommit under brukarstudien och hur konkurrenterna har valt att lösa dem. Konkurrentanalysen resulterade i fördelar och nackdelar med olika former av lösningar och komponenter. Därifrån kunde tips på lösningar dokumenteras. De motorer som undersöktes var:

- Suzuki DF350A (Suzuki Marine, 2018)
- Mercury Optimax Diesel 175 (Mercury Racing, 2015)
- Mercury Verado 350 (Manualslib, 2015)
- Evinrude E-TEC G2 200 (Boattest, 2016)
- Seven Marine 627 (Boating Magazine, 2016)
- Yamaha F300 BETX (Yamaha Marine Store, 2018)
- Cox 300 Diesel (COX Marine, 2018)

Analysen gjordes för att få en bättre uppfattning om problemen som uppkommit under brukarstudien och hur konkurrenterna har valt att lösa dem. Det som undersöktes var:

- Luftintagets placering
- Kåpans öppningsmekanism
- Antalet kåpdelar
- Design/semantiska uttryck
- Försäljningspris/kundgrupp

7.1 Resultat konkurrentanalys

Det som framgick av konkurrentanalysen med avseende på luftintagen var bland annat att många konkurrenter har valt att sätta luftintaget på sidan av kåpan istället för på baksidan av kåpan. Mercurys Verado och Seven Marines 627 är inte insugningsmotorer precis som OXE Diesel och väljer att ha luftintaget bakåt, dock använder sig OXE Diesel av ett turboaggregat medan Seven Marine 627 och Mercury Verado 350 använder sig av kompressor. Seven Marine 627 verkar även ha två luftintag längs med sidorna förutom det lufthålet på baksidan av motorn vilket Mercury Verado 350 inte har.

För att komma åt motorns delar krävs det att hela toppkåpan avlägsnas för hand på samtliga motorer förutom Seven Marine och delvis Evinrude. Seven Marine löser problemet genom att ha en lösning som liknar en baklucka på en bil, där toppkåpan öppnas och fälls bakåt med hjälp av gashydraulik. Evinrude E-TEC G2 200 har en lucka för att komma ut oljepåfyllning. för att komma åt andra delar än oljan krävs det att kåporna skruvas av. På Mercury Verado 350 krävs det att kåpan tas av för hand som på resten av konkurrenterna men den avviker lite från resten. Mercury Verado 350 toppkåpa är tvådelad vilket gör att lyftet av kåpan inte blir lika tungt som om den vore i en del. För vissa arbeten på motorn behövs troligen bara en del av kåpan lyftas av. Kåporna är väldigt olika för alla modellerna, speciellt när de kommer till toppkåpan. Den enda gemensamma faktorn alla kåpor har gällande toppkåpan är att de lutar framåt och att de är klarlackerade. Lutningen på kåpan ger kåpan ett mer aggressivt utseende då det liknar något som puttar båten framåt. När det kommer till riggkåpan däremot har alla konkurrenter en omslutande riggkåpa, vilket OXE Diesel inte har i dagsläget. Detta gör att delar som tillverkarna inte vill visa göms.

När det kommer till kundgruppen som motorerna riktar sig mot är det tre stycken som sticker ut, Cox 300 Diesel, Mercury Optimax Diesel 175 och Seven Marine 627. Cox 300 Diesel är ännu inte ute på marknaden, därför finns begränsad information om den. Kundgruppen den riktar sig emot är dock densamma som OXE Diesel. Det samma gäller Mercury Optimax Diesel. Mercury Optimax Diesel 175 kostar runt 350.000 kr. Seven Marine 627 ligger i premiumsegmentet och är för tillfället världens starkaste utombordare och riktar sig mot entusiaster eller tekniskt intresserade personer. Försäljningspriset är i dagsläget runt 900.000 kr. De resterande fyra motorerna riktar sig mot samma kundgrupp och har mycket liknande försäljningspris, cirka 1.000 kr per hästkraft.

7.2 Datainsamling konkurrentanalys

Datainsamlingen gjordes genom att titta på bilder, informationssökning kring detaljer, läsning av användarmanualer och kortare intervjuer med de olika tillverkarna på Båtmässan i Göteborg. Mer specifika detaljer såsom luftintag kunde sedan jämföras modellerna emellan vilket resulterade i en analys med för och nackdelar kring alla luftintagen. För vidare information kring detaljerna såsom luftintagen gjordes även en visuell undersökning på hur de har ändrats från de gamla modellerna.

7.3 Analys konkurrentanalys

Då både COX 300 Diesel och Mercury Optimax Diesel 175 riktar sig mot samma kundgrupp som OXE Diesel kan det vara fördelaktigt att försöka överträffa deras lösningar för att bli ledande inom marknadssegmentet för kommersiella motorer. Vidare är Seven Marine 627 och Mercury Verado 350 viktiga konkurrenter då de använder sig av kompressormatning och OXE Diesel använder sig av turbomatning. Det innebär att både Seven Marine 627 och Mercury Verado 350 kräver ett större luftflöde till motorn än de andra konkurrenterna, precis som OXE Diesel. Det kan betyda att deras lufthål är mer effektiva än de andra konkurrenternas och att deras lösning kanske därför är mer applicerbart på OXE Diesel än de andras.

Att ha en helt omslutande riggkåpa kan vara bra ur tätningssynpunkt. Det skulle dock kunna vara av rent kosmetiska skäl som konkurrenterna väljer att sluta in riggen för att dölja delar som sitter där. Ur differentiering-synpunkt kan det då vara fördelaktigt att behålla delvis omslutande riggkåpa som OXE Diesel använder sig av idag. Det kan göra det lättare för personer att urskilja en OXE Diesel ur en mängd av motorer då den är ensam med delvis omslutande riggkåpa.

Att komma åt motorns delar innebär ofta besvärliga lyft. Därför är Seven Marine 627, Evinrude E-TEC G2 200 och Mercury Verado 350 intressanta då de har löst problemet på tre olika sätt. Då en liten lucka som Evinrude E-TEC G2 200 har är smidigt, kan det vara svårt att få plats med mer än olje- och oljepåfyllning under den. På Mercury Verado 350 kan en stor del av toppkåpan avlägsnas och större del komponenter på motorn blir tillgängliga. Lösningen kräver dock fortfarande minst ett lyft och någon yta att lägga kåpan i båten. Seven Marine 627 öppnar hela kåpan utan ett tungt lyft och kåpan sitter fast på motorn. Öppningsmekanismen består dock av gashydraulik och om den skulle gå sönder kan orsaka klämskador om den plötsligt slår igen.

7.4 Summering konkurrentanalys

Då många av konkurrenternas lösningar kunde appliceras på OXE Diesel användes ett flertal av dessa lösningar som dellösningar vid idégenereringen.

8. Kostnadsanalys

Kostnaden är en mycket väsentlig del av projektet eftersom det ligger till grund för eventuell framtida investering. Differensen mellan befintliga och framtagna kåpan är intressant, vilket därmed kräver noggranna beräkningar för att kunna jämföras. I detta kapitel beskrivs kostnaden för befintliga kåpan och analys av den.

8.1 Resultat kostnadsanalys

De inskrivna parametrarna och metoderna i *Synthesizer* i CES, resulterade i att kostnaden för dagens kåpa är 4.516 kr, innan efterbearbetning. Dock så krävs efterbearbetning i form av spackling och lackering, vilket medför att OXE Diesels kåpa har en kostnad av 8.516-16.016 kr. Att det resulterar i ett intervall beror på att bearbetningstiden är 8-23 h, vilket påverkar kostnaden. Därmed hamnar kostnaden för befintlig kåpa på 8.516-16.016 kr.

8.2 Datainsamling kostnadsanalys

Datainsamling för att utföra kostnadsanalys skedde främst genom att använda den tilldelade kåpan samt erhållna CAD-filer. Den fysiska kåpan användes främst genom att väga upp massan för varje kåpdel. CAD-filerna kunde utnyttjas för att ta reda på volym i viss mån, men främst som jämförelse. De små extradelarna kunde ej avlägsnas från de större kåpdelarna, vilket medförde uppskattningar av dess massa utifrån vetskap av densitet och ungefärlig area.

I CES användes materialet glasfiberförstärkt polyester, GFRP (*Glas Fiber Reinforced Polyester*), för alla delar på kåpan. För att vara mer specifik så antogs att *Polyester/E-glass fiber, woven fabric, 65 wt% glass, biaxial lay-up* användes, då det måste bestämmas specifikt i de djupare nivåerna i CES. Delarnas totala massa inklusive ljud- och värmeisolering uppkom till 21,9 kg. Med noggranna uppskattningar av isoleringens densitet beräknades isoleringen ha en massa på 3,77 kg. Kåpans GFRP-massa hamnade därmed på 18,13 kg.

I CES-funktionen *Synthesizer* beräknades tillverkningskostnaden genom att definiera parametrar som formlängd, formkomplexitet, massa, material, tillverkningsmetoder, avskrivningsperiod och batchstorlek. Utöver de fem stora synliga delarna finns även små extradelar som fått adderas till, exempelvis separatorn och flänsbitarna på kranskåpan.

Tillverkningsmetoderna valdes till RTM (*Resin Transfer Molding*) för kranskåporna, remkåpan och riggkåpan. Toppkåpans tillverkningsmetod valdes till *vacuum assisted* RTM. De fyra extra delarna tillverkades i *SMC molding* (*Sheet Moulding Compound*). Bearbetning med en CNC-femaxlig fräs för att ta bort överblivet material användes för alla delarna, vilket togs hänsyn till i *Synthesizer*, då det läggs till som bearbetningsmetod.

Under merparten av projektet så skedde spacklingen och lackeringen innan monteringen då den anlänt från tillverkaren. Spacklingen och lackeringen kunde ta 8-23 timmar, beroende på kåpornas skick vid anländande, vilket inte gick att ta hänsyn till i CES. Bearbetningen sköttes av ett närliggande företag. Uppskattningsvis uppgick den kostnaden till 500 kr/h.

Leverantör ändrades dock under projektets gång, vilket medförde att efterbearbetning, som spackling och lackering, utfördes direkt hos tillverkaren i Litauen. Uppskattningsvis så behövs samma arbete utföras, vilket tar samma tid.

8.3 Analys kostnadsanalys

Kostnaden för befintliga kåpan är fluktuerande med väldigt stora avvikelser från optimal kostnad. För att tillverkaren ska kunna sköta sin verksamhet, krävs naturligtvis att en marginal på priset sätts. Det medför att priset på kåpan kommer bli ytterligare högre än bara kostnaden.

För att förändra kåpan till mer kostnadseffektiv skulle innebära en stor omställning. Idag är största kostnaden just efterbearbetningen för kåpan. Glasfiber är heller inte det billigaste materialet, även om det uppfyller kraven. Materialmängden är idag väldigt stor med en massa på 18,13 kg, vilket skulle kunna reduceras betydligt.

För att utveckla en kåpa med bättre kvalitet gällande det ekonomiska perspektivet krävs stora omställningar, eventuell förändring av material, tillverkningsteknik, funktioner och design. Störst besparingar skulle göras då tillverkningen utvecklas och stabiliseras, främst på grund av den idag varierande kostnaden för efterbearbetningen. En annan betydelsefull aspekt är re-design som leder till färre delar, vilket skulle medföra att formarna för *SMC molding* reduceras till antal.

En större produktionsvolym skulle vara en av de främsta förbättringarna gällande kostnaden för kåpan. Exempelvis skulle en ökning kunna bidra till att polymera material skulle kunna formsprutas och därmed öka effektiviteten betydligt. Detta är dock inte lönsamt med en batchstorlek som dagens.

8.4 Summering kostnadsanalys

Kostnaden för befintliga kåpan beräknas genom CES-funktionen *Synthesizer*, där en rad olika parametrar definieras likt material, tillverkningsmetod, massa med flera. Detta resulterade i att kostnaden uppkom till 8.516-16.016 kr. Intervallet beror på att efterbearbetningen kräver varierande mycket tid. Det finns även en hel del förbättringspotential gällande de flesta aspekterna.

9. Material

Motorkåpan ska vistas i en extremt tuff miljö, vilket ställer höga krav på att kåpans material. Motorkåpan skall klara av stark strömning från vatten vid hög sjö, höga hastigheter och vid storm. Den skall även kunna stå emot höga salthalter som finns i vattnet runt omkring den. Material skall behålla strukturen och egenskaperna vid kyla, värme och sol då den används både vid kalla nord- och sydpolen men också vid den varma, gassande ekvatorn. Utöver naturkrafterna skall kåpan motstå hårt slitage när båten som motorn sitter på skall ut vid sjöräddning eller nöd. Materialet för motorkåpan är därför det mest kritiska området och blev utgångspunkten för att forma koncepten.

9.1 Resultat material

Det valdes tre materialkoncept och en ytbehandling att jobba vidare med; glasfiber, kolfiber, glasfiber/aluminium och SwiSS-9. Materialen har alla potential att bli valda till slutkoncept eftersom de möter materialkraven och kan utstå den utsatta miljön som produkten vistas i. Den hydrofobiska ytbehandlingen SwiSS-9 har likt materialen hög potential för att fungera ihop med produkten och bidra med ett utökat skydd som är innovativt både för produkten samt på marknaden.

9.2 Datainsamling material

Datainsamlingen för koncept inom materialkategorin har skett genom filtrering med avseende på produktens ställda materialkrav i CES, se tabellen 9.1 nedan.

Tabell 9.1 - Ansatta materialkrav i CES

Service temperature	-20 to 95 degrees Celsius
Water fresh	Excellent
Water salt	Excellent, acceptable
Diesel oil	Excellent
Marine atmosphere	Excellent
Flammability	Slow burning, and better
Tolerance up to 150 C	Excellent
Hardness	max 150 HV

Servicetemperaturens krav är direkt från Cimco Marine. Att materialet ska klara marin miljö, söt- och saltvatten är ett av de viktigaste kraven, eftersom det är just där den ska användas. Eftersom materialet är till en kåpa som ska skydda en motor, som just drivs på diesel, är det ytterst viktigt att kåpan ska klara av eventuella stänk av bränslet. Även lättantändlighet är en viktig aspekt. I motorn finns komponenter som är potentiella flambildare, så kåpan bör därför inte vara lättantändlig för att inte sprida eld från utsidan in till motorn. Då arbetstemperaturen kan bli

mycket hög för motorn, är det viktigt att materialet klarar av att vistas i utsatta miljöer. Hårdhet för materialet är även en viktig aspekt. Det får inte vara hårdare än drevet, som är gjort i Aluminium. Skulle det vara det riskeras infästningspunkterna gå sönder eller lossna om man eventuellt kör in med kåpan i något.

Vidare analyserades materialen med hjälp av CES:s informationsblad för respektive material. Utöver värden för olika storheter hos materialen stod det även beskrivningar över egenskaper och konventionella användningsområden. Informationen om varje material inne i CES användes för att bestämma relevansen eller adaptiviteten för just motorkåpan.

Med kvarstående material gjordes en materiallistning, se Bilaga 6, vilket hjälpte kartlägga och få en överblick över materialen. Vid materiallistningen kunde fler material sällas bort då de visade sig opassande vid fortsatt litteraturundersökning. De kandiderade materialen som kvarstod beskrivs nedan.

9.2.1 Rostfritt stål

Rostfritt stål, även kallat syrafast stål i marina miljöer, är ett stål som står emot korrosion, vilket gör det anpassbar till motorkåpanns användningsområden. Vanligt stål är järn med inblandat kol och för att tillverka rostfritt stål blandas även krom och fyra till fem andra ämnen till. Fördelen med materialet är att det är icke-korrosivt, men även att det behåller sin formbarhet i miljöer kallare än nollgradigt. Materialet är mycket starkt, bra mot UV och har enkel tillverkning. Dess densitet är ungefär samma som låglegerat stål, men är däremot sju till åtta gånger dyrare än låglegerat stål. På grund av sin höga styvhet är materialet svårt att använda vid tillverkning. För att ekonomiskt utforma produkter i rostfritt stål bör man göra tunna, enkla sektioner samt designa efter standardmått på valsat material.

9.2.2 Aluminium (åldringshärdad aluminiumlegering)

Åldringshärdade aluminiumlegeringar innebär att aluminium har värmebehandlats, *quenchat* och slutligen åldringshärdats för att få fram den höga styrka/vikt-kvoten som är eftersträvat. Densiteten är lågt för att vara en metall samt att det även är billigt. Aluminium leder värme och el, samt tål UV-strålning. Nackdelen är att det inte uppfyllde alla de ansatta kraven och rekommenderades därmed inte av CES. Aluminium är sämre i saltvatten, eftersom det oxiderar där. Oxideringen kan dock motverkas genom att kåpan lackeras, vilket dock skulle kräva ett extra steg i tillverkningen. Materialet används idag till motorns drev vilket bevisar att det kan klara miljön kåpan skall vistas i.

9.2.3 Låglegerat stål

Låglegerat stål är mycket billigt men har väldigt hög densitet. Beroende på hur värmebehandlingen och åldring av materialet kan de få olika egenskaper, från hårt och skört till formbart och segt. Det klarar UV-strålning utmärkt, leder värme och el. Det uppfyller dock inte alla ansatta krav. Likt aluminium så klarar det inte saltvattenmiljön särskilt bra, så även det låglegerade stålet behövs förzinkas. En kritisk aspekt är att materialet har 140-693 HV i hårdhet. Motorns drev, i aluminium, har maximalt 160 HV, vilket kan leda till att kåpan blir hårdare än drevet. Det vill undvikas eftersom det kan medföra att infästningspunkter på drevet skadas vid stötar på kåpan, istället för att kåpan brister.

9.2.4 GFRP (Glass Fiber Reinforced Polyester)

Glasfiberförstärkt polyester är bland det billigaste och mest använda bland kompositer. Högkvalitativ glasfiber har långa fibrer, medan glasfiber med hackad fiber är billigare och används mer. Glasfiber i sig är inte tåligt mot UV-strålning men kan kringgå det genom att skyddas av ett yttersta lager av hårdplast. Glasfibers egenskaper beror helt på vilken typ av fiber, matrismaterial, fibertjocklek, fiberlängd, fibrernas riktning och materialets tjocklek. Glasfiber används mycket vid marina förhållanden på grund av sina goda egenskaper för salt- och sötvatten. Därav används den till att bygga båtskrov, marina tillbehör och är ett vanligt material att bygga motorkåpor till utombordare.

9.2.5 CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polyester)

Kolfiberförstärkt polyester besitter en styvhet och lätthet bättre än någon annan, men betydligt dyrare än glasfiber. Materialet består av tunna dragna koltrådar som är tvinnade eller vävda till band eller mattor. Eftersom fibrerna är kontinuerliga och i sin struktur ligger riktade åt samma håll blir materialet väldigt högpresterande. När glasfiber är ett starkt och billigt material är kolfiber starkare, styvare och har lägre densitet. Fördelen med kolfiber jämfört med metall är att det inte rostar.

9.2.6 ABS

De viktigaste egenskaperna hos Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) är att det har låg vikt, god hållfasthet, god formbeständighet, leder varken el eller värme samt låg produktionskostnad. Det anses då vara lämpligt för att tillverka kåpan i. Nackdelen med materialet, vilket gjorde att det sållades bort i CES, är att det är väldigt lättantändligt. Det tål heller inte UV, då det gulnar, åldras och blir sprött. Materialet kan lackeras, ytbehandlas eller tillsättas för att bli mer motståndskraftig mot just dessa kritiska aspekter. Materialet skulle kunna klara av de hårda förhållanden kåpan ska befinna sig i, men det är mycket osäkert.

9.2.7 PP & PE

Polypropen, PP, och polyeten, PE, har diskuterats som möjliga materialval på grund av att de är konventionella och har kända passande egenskaper. Varför de inte har kommit med i CES är för att de bryts ned av UV-ljus om de inte behandlas med tillsatser. Även om PP eller PE hade blandats så att de klarar UV-ljus så är plasterna av kategorin termoplast vilket gör dem känsliga för höga temperaturer och gör att de tappar sin styvhet och form.

9.2.8 Innovativa material

Företaget har som önskemål att nya och innovativa material skall undersökas för att se om det finns något banbrytande material som bättre möter de ställda kraven på kåpan än vad dagens valda material gör. Ett innovativt material hade även stärkt företagets profil genom att signalera nytänk och teknisk utveckling, vilket är attraktiva egenskaper att förknippas med på en konkurrerande marknad.

Vid undersökning av innovativa material granskades *The Materiability Research Network* som är en gratis plattform i utbildningssyfte. Artiklarna beskriver nya material och deras egenskaper men efter undersökning konstaterades att det inte finns något alternativ inom nätverket som lever upp

till de ställda materialkraven för att helt bli tillverkad av dem. Möjligen går det att dra nytta av information från nätverket när det kommer till delösningar och detaljer men inte hela kåpan i sig.

Inom *Materiability* upptäcktes en hydrofobisk ytbehandling, som skyddar och är partikel- och vätskeavstötande, från företaget SwiSS-9. Det är en tvåkomponentlösning som fäster kemiskt på komposit, keram, metall, trä eller annan oxidrik yta och skapar en transparent ultratunn yta. Behandlingen reflekterar inget ljus vilket betyder att ytan hos produkten inte ändrar utseende för det blotta ögat. Ytan stöter bort partiklar som sand, damm, salt, avgaser samt vätskor vilket gör att det enkelt rinner av likt pärlor. Ytan blir då resistent för ånga, is och färg. Ytbehandlingen är UV-resistent och klarar temperaturer mellan -70°C till 400°C. Tid för härdning efter applicering är några sekunder och håller från ett till flera år beroende på förhållanden. Företaget hävdar även att det är miljövänligt. Beläggningen används framförallt på glas, vindrutor och stängsel i utomhusmiljöer. Per kvadratmeter kostar beläggningen 3,00 CHF vilket ungefär motsvarar 26 kr med dagens kurs (18 april 2018).

9.3 Utvärdering material

Vid intern presentation och diskussion av möjliga materialval framkom det att några av koncepten inte är realiserbara, såsom ABS, PP- och PE plast. På grund av ABS osäkerheter kring dess materialegenskaper med hur lättantändligt och UV-känsligt det är väljs det bort. Samma gäller för PP- och PE plast där osäkerheten för hur de kommer klara av höga temperaturer för stor och gör att materialen väljs bort.

Vidare valdes rostfritt stål bort då materialet är väldigt dyrt och svårt att tillverka kåpan i på grund av dess stora och böjda geometri. Låglegerat stål sållades även det bort på grund av sitt pris samt för att det skulle innebära fler kostnader då materialet behöver förzinkas och ytbehandlas för att kunna stå emot korrosion. Utöver detta valdes rostfritt- och låglegerat stål bort för att motorns drev, som kåpan monteras på, är tillverkad i aluminium och bevisligen klarar kraven för att klara den utsatta miljön. Dessutom är aluminium billigare, har lägst densitet av de möjliga metallerna och kan bistå med ett extra skydd av motorn. Därför kombineras aluminium med glasfiber i ett materialkoncept för att anpassas till att skydda på utsatta ställen som vid riggkåpan.

Glasfiber och kolfiber väljs att behålla till materialkoncept då de båda två har goda egenskaper som passar att tillverka kåpan i. De är båda lämpliga i marina miljöer och klarar med säkerhet materialkraven.

Utöver de tre koncepten så väljs ytbehandlingen SwiSS-9 att ha kvar och vidareutveckla. Eftersom den hydrofobiska ytbehandlingen fäster på alla ytor av de valda materialen kan det appliceras på alla tre koncepten istället för att tillhöra bara ett. SwiSS-9 kan tillföra något till produkten som inga andra konkurrenter har.

9.4 Summering material

Efter framtagning av sju materialkoncept utvärderades de kring deras förmåga att klara de ställda materialkraven och motstå tuff miljö och användning. Det framkom att glasfiber, kolfiber och aluminium/glasfiber var bäst lämpade och valdes för att arbeta vidare med tillsammans med den innovativa ytbehandlingen SwiSS-9.

10. Tillverkning & Delningslinjer

För att få en bra överblick över de tillgängliga tillverkningsmetoderna som finns idag gjordes en undersökning i programvaran CES. Specifikt undersöktes olika tillverkningsmetoder för materialgrupperna: polymera material, kompositer samt metaller, då det stod färdigt efter undersökningar i CES att de var dem materialgrupperna som var mest realiserbara att passa att tillverka kåpan i.

10.1 Resultat tillverkning & delningslinjer

Undersökningen resulterade i att tillverkningstekniken *SMC (Sheet molding compound) molding* skulle användas ifall kompositmaterial används. Om någon form av polymer skulle användas till kåpan skulle tillverkningstekniken vara *Compression molding*, en teknik som är snarlik *SMC molding*. Om någon metall användes skulle metoder såsom *sheet stamping/drawing/blanking* i kombination med eventuell sammanfogning genom svetsning användas.

10.2 Datainsamling tillverkning & delningslinjer

Datainsamlingen av tillverkningsmetoderna gjordes genom att samtliga tillverkningsmetoder för de tre materialgrupperna som visades i CES nivå två listades ner, se Bilaga 7. Med hjälp av Cimco Marines framtida produktionsplan sattes sedan kraven på tillverkningsmetoderna, se tabell 10.1 nedan.

Tabell 10.1 - Krav för tillverkningsteknik i CES

Produktionshastighet	3 enheter/timme
Ekonomisk batchstorlek	30.000 stycken
Verktygskostnad	Så låg som möjligt
Utrustningskostnad	Så låg som möjligt
Arbetsintensitet	Så låg som möjligt
Godstjocklekskrav	4 mm

Produktionshastigheten antogs behöva vara minst tre enheter/timme då företaget har som ambition att tillverka 6.000 motorer om året. Antagandet grundas på att det är cirka 250 arbetsdagar på ett år och åtta timmar på en arbetsdag. Det är alltså cirka 2.000 arbetstimmar på ett år vilket kräver en minimum produktionshastighet på tre enheter i timmen. Vidare eftersom att Cimco Marine har ambitionen att tillverka 6.000 motorer per år och antas ha samma utformning på kåpan i minst fem år bör den ekonomiska batchstorleken vara minst 30.000 st. Verktygskostnaden, utrustningskostnaden och arbetsintensiteten behövde vara så låga som möjligt för att produktionen skulle bli så billig som möjligt och dessa kriterier användes därför vid gallring av tillverkningsteknikerna. Hur tjock godstjockleken behövde vara var också en begränsning för tillverkningsteknikerna, det ansågs att kåpans godstjocklek inte behövde avvika mer än några millimeter från den befintliga produkten. Det betydde att godstjockleken skulle vara runt 4 mm.

Utöver de krav som fastställdes på tillverkningstekniken dokumenterades även andra egenskaper om metoderna i Excel-filen, bland annat vilka geometrier metoden klarar av att göra eller vilka specifika material processen klarar av att hantera. I nivå två i CES gav detta slutligen flertalet möjliga processer. Vissa tillverkningsmetoder kunde då väljas bort på grund av att de inte kunde appliceras på kåpan, till exempel krävde vissa metoder att produkten skulle vara cirkulär.

10.2.1 Tillverkningsmetoder för polymera material

Nedan presenteras metoder för att tillverka produkter i polymera material.

10.2.1.1 Compression molding

Compression molding har en relativt hög ekonomisk batchstorlek som ligger mellan 500-2.000.000 enheter. Produktionshastigheten ligger mellan 10-100 enheter per timme vilket är mer än tillräckligt. *Compression molding* klarar dock inte av att tillverka delar med underskärning vilket kan begränsa utformningen. Tekniken klarar dock av att tillverka detaljer i både termoplast och hårdplast.

10.2.1.2 Injection molding

Även *injection molding* har en relativt hög ekonomisk batchstorlek som ligger mellan 10.000-1.000.000 enheter. Tekniken är dock en av de dyraste tillverkningsmetoderna. Det positiva med *Injection molding* är dock dess snabba produktionshastighet som ligger mellan 60-1.000 enheter per timme.

10.2.2 Tillverkningsmetoder för kompositer

För att tillverka produkter i kompositmaterial krävs specificerade metoder. Nedan följer en presentation av just sådana.

10.2.2.1 BMC molding

BMC molding har en ekonomisk batchstorlek mellan 5.000-1.000.000 enheter och kostnaden för metoden är relativt låg. *BMC molding* har samtidigt en mer än tillräckligt snabb produktionshastighet som ligger mellan 12-60 enheter per timme. *BMC molding* tillverkar med fördel detaljer med större godstjocklek.

10.2.2.2 SMC molding

SMC molding är en teknik som är snarlik *BMC molding* men som hanterar med fördel detaljer med mindre tjocklek. Eftersom processerna är så lika varandra till utförandet har de också mycket liknande egenskaper. *SMC molding* har också en ekonomisk batchstorlek som ligger mellan 5.000-1.000.000 enheter och en produktionshastighet som ligger mellan 12-64 enheter per timme.

10.2.3 Tillverkningsmetoder för metaller

Nedan följer en rad olika metoder tillverkningsmetoder för metaller.

10.2.3.1 Sheet forming

Sheet forming har en ekonomisk batchstorlek som ligger mellan 1.000-100.000.000 enheter. Samtidigt har tillverkningsmetoden en produktionshastighet på 200-5.000 enheter per timme. Problemet med *sheet forming* är att den gör väldigt enkla geometrier vilket begränsar utformningen på kåpan.

10.2.3.2 Sheet stamping/drawing/blanking

Sheet stamping/drawing/blanking har samma egenskaper gällande ekonomisk batchstorlek och produktionshastighet som *sheet forming*, ekonomisk batchstorlek mellan 1.000-100.000.000 enheter och produktionshastighet mellan 200-5.000 enheter per timme. Skillnaden är dock att geometrierna som kan tillverkas är mer fria än vid *sheetforming*, de är dock fortfarande begränsade.

10.2.3.3 Low pressure die casting

Low pressure die casting har en ekonomisk batchstorlek på 2.000-100.000 enheter och en produktionshastighet på 3-15 enheter per timme. Båda dessa egenskaperna klarar därför kraven. Tillverkningsmetoden kräver dock att godstjockleken är mellan 4-10 mm.

10.2.3.4 Low pressure sand casting

Low pressure sand casting har en ekonomisk batchstorlek mellan 1.000-1.000.000 enheter och en produktionshastighet mellan 5-50 enheter per timme. Denna gjutmetod har samma minsta krav på godstjockleken som *low pressure sand casting*, 4 mm.

10.2.3.5 Sand casting

Sand casting klarar även kraven då den har en ekonomisk batchstorlek mellan 1-100.000 enheter. *Sand castings* produktionshastighet ligger mellan 1-20 enheter per timme. Om produktionshastigheten för den framtagna kåpan skulle ligga i underkanten av tillverkningsmetodens kapacitet hade den dock inte klarat av kraven.

10.3 Utvärdering tillverkning & delningslinjer

Vid slutlig val av tillverkningsteknik för polymerer stod det mellan *injection molding* och *compression molding*. Då *injection molding* har en mycket högre produktionshastighet men ett substantiellt högre pris valdes det bort. Motiveringen var att en så pass hög produktionshastighet är inte nödvändigt för Cimco Marines framtida produktionsplan. Det ansågs att *compression moldings* produktionshastighet på 10-100 enheter per timme var mer än nödvändigt för kåpan. *Compression molding* valdes således trots att tillverkningstekniken inte tillåter underskärning.

Det slutliga valet av tillverkningsmetod för kompositer stod slutligen mellan *BMC molding* och *SMC molding*, två mycket liknande tillverkningstekniker. Att *BMC molding* i fördel tillverkar detaljer med en större godstjocklek gjorde att den valdes bort. *SMC molding* valdes således då de resterande egenskaperna var samma och att kåpan bör ha en mindre godstjocklek.

Valet av slutlig tillverkningsteknik för en metallkåpa var mer omfattande. Då OXE Diesels kåpa i dagsläget har en godstjocklek mellan 3-4 mm och konstruktionen på den nya kåpan planeras att bli starkare och lättare borde den nya godstjockleken max vara 4 mm. Därför ansågs det att *low pressure sand casting* och *low pressure die casting* var mindre lämpliga trots att de klarade kraven.

Eftersom kravet på produktionshastigheten är tre enheter per timme borde tillverkningsmetoden ha en lägsta kapacitet som är över tre enheter per timme för att säkerställa produktionshastigheten. Därför ansågs *sand casting*, som har en produktionshastighet mellan 1-20 enheter per timme, ha för låg lägsta gräns.

Då *sheet stamping/drawing/blanking* och *sheet forming* har väldigt liknande egenskaper och *sheet forming* begränsar utformningen mer än stansning/dragning/utstansning ansågs *sheet forming* vara en sämre lämpad tillverkningsteknik. Då stansning/dragning/utstansning fortfarande begränsar geometrin ansågs det vara det bästa valet. För att kunna tillverka olika geometrier behövs därmed kåpan tillverkas i flera delar som sedan sammanfogas till en del. Det ansågs att den höga produktionshastigheten och den låga kostnaden vägde upp för geometribegränsningen. Då produktionen har en så pass hög kapacitet uppskattades produktionshastigheten per kåpa fortfarande blivit över tre enheter per timme inklusive sammanfogning av flera kåpdelar.

Då *compression molding*, *SMC molding* och *sheet stamping/drawing/blanking* är väldigt liknande tillverkningsmetoder och ingen av de tillåter underskärning sätter samtliga valda tillverkningsmetoder krav på delningslinjerna och utformningen av kåpan. Det kan betyda att kåpan behöver vara delad i fler delar än vad som är önskvärt och att vissa utformningar inte går att tillverka. Vid val av utformning och DFMA lades det således mycket vikt på att analysera underskärningar och vilka delningslinjer som var möjliga.

10.4 Summering tillverkning & delningslinjer

Genom analys av tillverkningstekniker i CES tas tre olika tillverkningstekniker vidare. För polymera material tas *compression molding* vidare, för kompositer tas *SMC molding* vidare och för metaller tas *sheet stamping/drawing/blanking* vidare.

11. Infästningspunkter

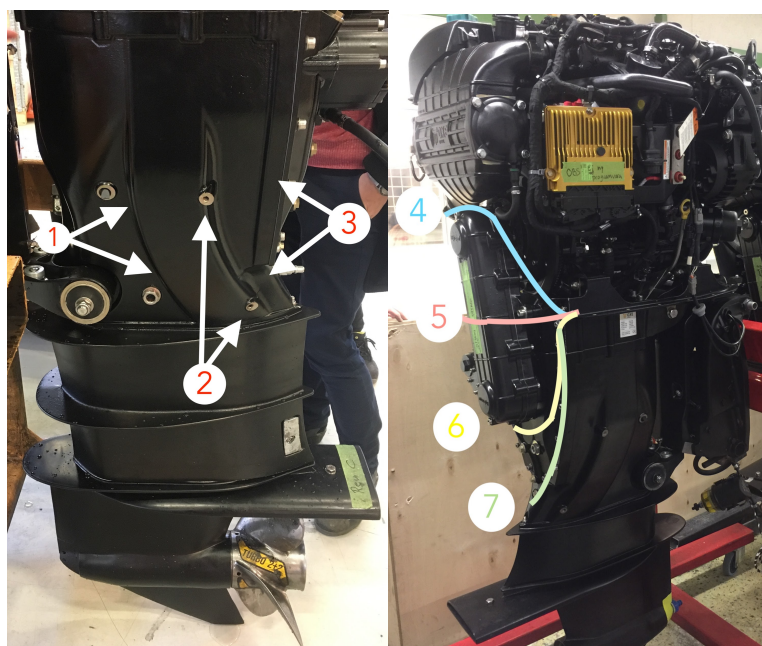
Projektet avgränsar sig från att ändra eller flytta på ingående delar av dieselmotorn under kåpan. Däremot kan justeringar av fästpunkter göras mellan kåpan och motorns underdel, drevet. Området utforskas för att se om en bättre lösning kan finnas än dagens lösning. Den befintliga kåpan sitter fast i drevet med skruvförband i en fläns som sitter runt drevets främre del samt i två punkter på var sida längre ner på drevet, bakom avgasröret. Kåpan, som är genomsläpplig, går långt ner på drevet vilket gör att vatten ansamlas på insidan. Flänsen vid motorns framkant håller tätt, dels för sin utformning samt för att den delen av motorn är vänd mot båten och är därigenom skyddad från vattenytan. Med hjälp av PVOS skapas flera koncept för att utreda olika lösningsalternativ som motorkåpan kan fästas till drevet.

11.1 Resultat infästningspunkter

Inom alternativ för infästning av motorkåpan på drevet väljs tre koncept att arbeta vidare med; infästningskoncept 1, 3 och 6. Alla tre koncepten är realiserbara och kommer bidra till en bättre lösning än den befintliga. Koncept 1 är mer tålig för stark strömning eftersom kåpans kant ligger skyddad in mot avgasröret och vilar på den. Koncept 3 gör att kåpan ligger mer skyddad bakom avgasröret vid stark strömning och får en mindre storlek än den befintliga. Den minskade storleken gör att kåpan kan tillverkas med mindre material samt att volymen vatten på insidan av kåpan blir mindre. Koncept 6 tillåter motormiljön att bli vattentät från drevet. Det är en robust lösning som gör att kåpan kan sitta väl infäst i drevet.

11.2 Infästningskoncept

Med hjälp av metoden PVOS skissades olika lösningsalternativ ut på bilder av motorn och drevet. Koncepten sammanställdes i figur 11.1 och illustrerar konceptbeskrivningarna för respektive koncept som listas nedan.



Figur 11.1 - Koncept för infästningar på riggen och placering av kranen

11.2.1 Infästningskoncept 1

Förläng riggkåpan framåt så att infästningspunkter flyttas fram. Tanken är att avgasröret ska täckas precis av kåpan. Infästningarna sitter på framsidan av avgasröret, med skruvriktning från sidan, som den har idag. Kåpan ska efter avgasröret böjas av runt avgasröret, likt en fläns, för att förhindra att den lossnar och göra det mer tåligt för stark strömning.

11.2.2 Infästningskoncept 2

Dagens lösning. Infästningspunkterna på riggkåpan sitter som idag, alltså på avgasröret. Kåpan läggs platt på avgasröret och skruvas fast. Drevets geometri blir då oförändrad. Eftersom kåpan läggs ovanpå avgasröret medför det att det inte blir någon tydlig övergång mellan kåpan och avgasröret. Det kan komma att medföra att en glipa uppstår vid eventuell dålig passform, vilket kan släppa in vatten.

11.2.3 Infästningskoncept 3

Riggkåpan förkortas så att infästningspunkterna flyttas bak. De sitter då en bit bakom avgasröret, vilket gör att avgasröret blir blottat. Det medför att designen på riggkåpan blir smalare och mindre än den befintliga. Skruvriktningen är från sidan, som den är idag. Kåpan kommer då vikas av innan det når avgasröret, vilket kommer kunna skydda kåpans kanter och medföra att mindre vatten hamnar innanför kåpan.

11.2.4 Infästningskoncept 4

Flänsen som kåpan bultas fast i vid motorns framkant förlängs runt hela motorn. Som en lös båge fortsätter flänsen upp ovanför remhuset, för att inte täcka den och underlätta vid service eller byte. Motorkåpan kan då bultas fast runt hela motorn. Huvudsyftet av att förlänga flänsen är att kåpan då kan fästas runt om hela motorn, vilket medför att den bör bli vattentät vilket skyddar motorn. Det kan dock bli blött under flänsen, nedre delen av drevet, vilket inte är något problem eftersom remhuset och andra komponenter på drevets nedre del tål vatten.

11.2.5 Infästningskoncept 5

Flänsen som kåpan bultas fast i vid motorns framkant förlängs runt hela motorn. Som en lös båge fortsätter flänsen runt remhuset och täcker den därigenom mitt på. Den förlängda flänsen fungerar då som ett skydd vid eventuella hårda stötar rakt bakifrån. Problemet med den förlängda flänsen blir att det försvårar vid service och byte av remhuset. Samt att den lösa bågen måste vara tillräckligt stark för att klara av eventuella krockar. Bågen kan då också ses som ett skydd för att växelhuset.

11.2.6 Infästningskoncept 6

Flänsen som kåpan bultas fast i vid motorns framkant förlängs runt hela motorn. Den fasta flänsen fortsätter runt och går ner under och runt remhuset. Det gör att den inte täcks och underlättar vid service eller byte. Motorkåpan kan då bultas fast runt hela motorn och möjliggör att motorn kan bli helt vattentät upptill.

11.2.7 Infästningskoncept 7a

Flänsen som kåpan bultas fast i vid motorns framkant förlängs runt hela drevet och motorn. Den fasta flänsen, eller hålen som kåpan bultas fast i, fortsätter runt och går ner under remhuset längst med de redan existerande bultarna som sitter i drevet.

11.2.8 Infästningskoncept 7b

Flänsen som kåpan bultas fast i vid motorns framkant förlängs så att kåpan kan bultas fast runt hela motorn. De existerande bultarna i drevets bakkant utnyttjas genom att kåpan fästs med skruvar som skruvas in i bultarnas huvud. På det sättet behövs inte drevets geometri ändras utan bara byta ut bultarna till bultar som möjliggör lösningen.

11.3 Utvärdering infästningspunkter

Vid intern presentation och beslut av infästningskoncepten framkom det att några av koncepten inte är realiserbara, koncept 4 och 5. Främst på grund av att det hade inneburit att kåpan skulle behöva fästas i motorns modullära delar. Skulle det göras finns risk för att delar av själva motorn skadas vid påfrestningar av kåpan, så som vid kollision, vilket inte får lov att hända. Av de resterande koncepten, 6 och 7, som bygger på samma princip med en förlängd fläns runt hela drevet, skapar koncept 6 en bättre lösning för att flänsen då går högre upp på drevet. Det gör att avståndet från vattenytan blir större och det blir då lättare för flänsen att hålla tätt eftersom den inte ligger i vatten lika ofta.

Att använda dagens lösning, koncept 2, är inte relevant eftersom infästningarnas placering på drevet gör kåpan känslig för avvikelser vid tillverkning som kan leda till att den inte passar som den skall på drevet. Det är en risk som finns hos alla koncept men i och med att kåpans kant vid koncept 2 går där drevet sticker ut som mest blir den därför mest utsatt av strömning vilket gör att följderna av passningsfel blir färre. De andra koncepten, som 1 och 3, kan därför bidra till en bättre lösning än den befintliga.

11.4 Summering infästningspunkter

Efter framtagning av åtta infästningskoncept analyserades de kring deras förmåga att motstå inströmning av vatten samt tillåta kåpans bärighet. Det framkom att koncept 1, 3 och 6 var bäst lämpade och valdes för att arbeta vidare med.

12. Lufthål

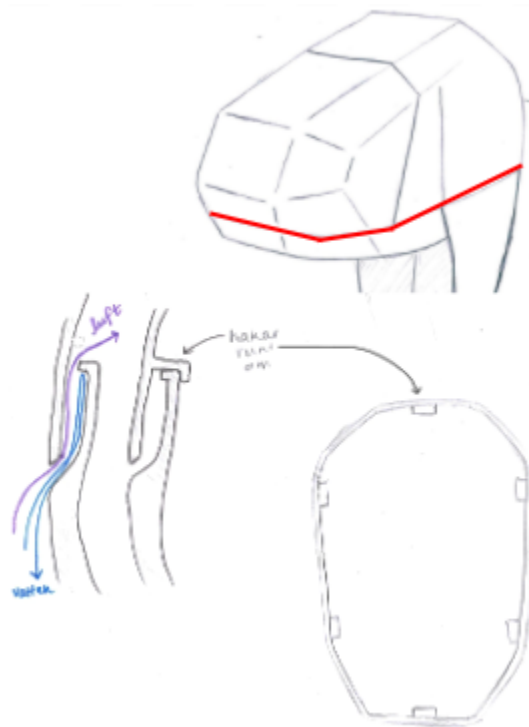
För att motorn skall kunna förses med den luftmängd som krävs för att fungera samt kunna kylas är en viktig aspekt vid utformandet av motorkåpan lufthålen. Lufthålen skall vara utformade på ett sådant sätt att de endast tillåter luft och inte vatten att åka in till själva motorn. För att utveckla sådana koncept idégenererades det på dellösningar som kunde uppfylla funktionerna som var nödvändiga för lufthålen. De nödvändiga funktionerna var att ta in luft från omgivningen samt att skilja vattnet från luften. Det var även viktigt att ta i beaktning att lufthålen skulle släppa in så mycket luft som motorn kräver så att det inte bildas undertryck innanför kåpan.

12.1 Resultat lufthål

Resultatet av framtagningen av lufthålen genererade följande lösningar till de tre olika koncepten som togs vidare i projektet, nämligen: delningslinjer med vattenlås, bilintag med luftburk samt hål med luftkanal.

12.1.1 Delningslinjer med vattenlås

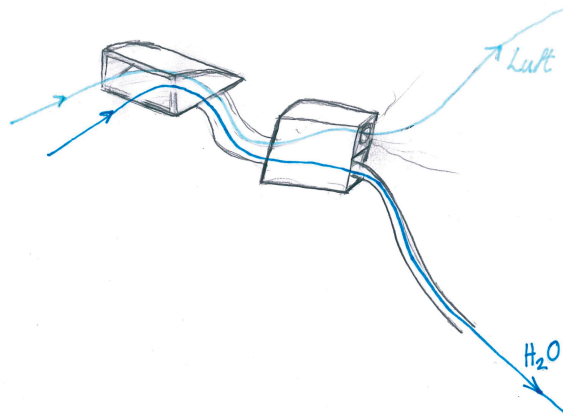
Det här konceptet grundar sig på att delningslinjen som går längs med toppkåpan har en sådan konstruktion att luft kan strömma in genom den. Det finns en hög vägg på insidan av kåpan som har till funktion att vara en hinderbana för det som strömmar in genom delningslinjen. Tanken är att väggen är så pass hög att endast luft kan ta sig hela vägen upp och in i motorn. Vatten, däremot, klarar sig inte hela vägen upp utan rinner ner igen, tillbaka samma väg som det kom in. I figur 12.1 visas konstruktionen för det så kallade vattenlåset samt för hur toppkåpan monteras på den undre delen. Toppkåpan monteras på den undre delen genom att det är sex små bitar som sticker ut som sedan hakas fast på själva underkåpan.



Figur 12.1 - Illustration av konceptet Delningslinjer med vattenlås

12.1.2 Bilintag med luftburk

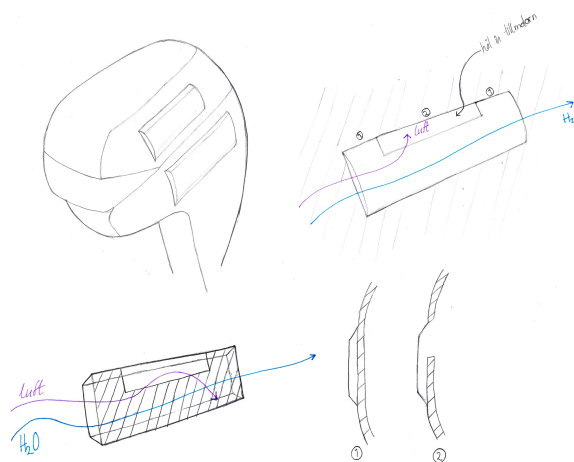
Konceptet bilintag med luftburk fungerar genom att luften tas in genom en upphöjning på själva motorkåpan och leds sedan vidare in till luftburken, se figur 12.2. Ett bilintag används på grund av att det anses kunna ta in mer luft då det utnyttjar fartvinden bättre än vad ett vanligt hål gör. Inne i själva luftburken separeras vattnet från luften med hjälp av en eldriven process där vattnet hamnar längst ner i burken. Vattnet tar sedan den nedre vägen ut genom luftburken till omgivningen igen medan luften tar den övre vägen och leds sedan in till motorn.



Figur 12.2 - Illustration av konceptet bilintag med luftburk

12.1.3 Hål med luftkanal

Detta konceptet baseras på att det finns en luftkanal längs med kåpan's sida. Luftkanalen kan vara placerad både på utsidan och insidan av kåpan. Genom luftkanalen kan både vatten och luft strömma. Tanken är att luften som strömmar igenom luftkanalen skall kunna tas in till motorn genom det övre hålet som finns utskuret, se figur 12.3. Ifall att det skulle komma in vatten genom luftkanalen kommer det endast att åka rakt igenom ut till omgivningen igen. Motivering till att vattnet inte kommer in till motorn är att det med hjälp av gravitationen färdas i den nedre delen av kanalen och där finns det inget hål som gör att vattnet kan åka in till motorn utan den fortsätter längs med kanalen ut igen.

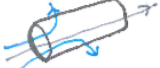
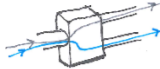
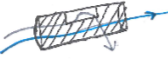


Figur 12.3 - Illustration av konceptet hål med luftkanal där luftkanalen är placerad på utsidan av kåpan

12.2 Idégenerering lufthål

Resultatet från det första steget i idégenereringen, *brainstormingen*, presenteras i tabell 12.1 nedan som en morfologisk matris. Som det visas i tabellen fanns det två delproblem som behövde lösas; nämligen hur luft kan tas in från omgivningen samt hur vattnet kan avskiljas från luften.

Tabell 12.1 - Morfologisk matris för att generera koncept för lufthålen

Funktion:					
Ta in luft från omgivningen	Gälar 	Grillar 	Bilintag 	Hål 	Delningslinjer 
Avskilja vatten från luft	Rör med hål 	Krökt rör med hål 	Vattenlås 	Luftburk 	Luftkanal 

Den morfologiska matrisen genererade totalt sexton olika koncept som togs vidare i idégenereringsprocessen efter att de lösningar som ansågs orealiserbara hade sållats bort. Exempel på lösningar som ansågs orealiserbara var bland annat delningslinjer i samband med rör och luftburk på grund av att det ansågs vara svårt att få ihop de rent konstruktionsmässigt samt att det kunde tas fram bättre alternativa kombinationer. Se Bilaga 8 för beskrivning av de koncept som togs vidare.

12.3 Utvärdering lufthål

Kriterierna som undersöktes i PUGHs elimineringsmatris var vilken mängd luft som lufthålet tillät att släppa igenom, hur platskrävande det var, i vilken mån det kunde avvisa vatten samt hur komplext det var att tillverka. De koncept som var bäst enligt PUGH och gick vidare till nästa steg i elimineringsprocessen, nämligen användandet av Kesselrings matrisen, var koncept E, J, K, L, M, N, O och P som visas i tabell 12.2 nedan. Se Bilaga 9 för den fullständiga elimineringsmatrisen.

Tabell 12.2 - Luftintagkoncept

Koncept	Öppning	Luft- och vatten separation
E	Gälar	Luftkanal
J	Bilintag	Luftburk
K	Hål	Rör med hål
L	Hål	Krökt rör med hål
M	Hål	Vattenlås
N	Hål	Luftburk
O	Hål	Luftkanal
P	Delningslinje	Vattenlås

Vid Kesselringsmatrisen viktades kriterierna enligt tabell 12.3. Som det kan ses i tabellen ansågs det att vilken förmåga lösningen har att avvisa vattnet från luften var viktigast och därefter kom förmågan att lösningen kan ta in luft och minst viktigt ansågs platskrävande samt låg komplexitet vid tillverkningen vara.

Tabell 12.3 - Kriterier i Kesselringsmatrisen

Kriterium	Viktning
Förmåga att avvisa vatten	5
Förmåga att ta in luft	3
Platskrävande	1
Låg komplexitet vid tillverkning	1

De tre koncept som enligt Kesselringsmatrisen var de främsta lösningarna var koncept J, N och O, se Bilaga 10 för Kesselringsmatris. Trots detta beslutades det att koncept N skulle bytas ut mot koncept P. Beslutet grundades i att Koncept J och N var mycket likvärdiga och kunde inte skiljas åt. Det resonerades kring att utformningen på kåpan skulle avgöra om konceptet skulle vara bilintag eller hål med luftburk. Således ansågs det att ett till koncept skulle vidareutvecklas. Det koncept som valdes var det konceptet som uppskattades till att vara mest nytänkande, nämligen koncept J.

12.4 Summering lufthål

Det beslutades att luftintag via delningslinjer med vattenlås, bilintag med luftburken samt hål med luftkanal (koncept P, J, O), var de tre koncept som skulle tas vidare i projektet. Luftburken ansågs vara en säker lösning som var väl beprövad. Luftintaget via delningslinjerna ansågs vara en nytänkade lösning som inte var beprövad innan, det resoneras att det skulle kunna fungera men att mer utvärdering samt beprövning behövts. Luftkanalen var även den en lösning som inte var beprövad, men den ansågs vara trovärdig samt kunna hålla bra så därför togs den vidare.

13. Formgivning & produktsemiotik

Formgivning var ett av de områden som i uppdragsbeskrivningen angavs som prioriterat. Att kåpan bör uttrycka värden som uthållighet och styrka. En önskan från företaget uttryckte att den nya kåpan skulle upplevas ha en tillhörighet till de tidigare kåporna för att ge företaget ett enhetligt intryck. För att skapa större förståelse för vad formgivning i linje med de tidigare kåporna innebär utfördes en djupare studie om specifikt kåpans uttryck och utformning.

13.1 Resultat formgivning & produktsemiotik

Formgivningsarbetet resulterade i en expressionboard som kom att användas som riktlinje för formspråket under resterande del av projektet, se figur 13.1. Under idégenereringen användes den som ett verktyg för att komma på nya och utveckla idéer. Under konceptgenereringen användes den för att definiera det slutgiltiga uttrycket hos kåpan. Slutligen användes den också likt en kravlista för formspråket för att utvärdera dess enhetlighet.



Figur 13.1 - Expressionboard

13.2 Datainsamling formgivning & produktsemiotik

För att skapa ett underlag för formarbetet samlades det in information om företaget. Fokuset låg på att tolka hur företaget beskriver sig själva och hur de önskar att framstå gentemot marknaden. Detta genomfördes genom att samla information från företagets egna hemsida (Cimco Marine, 2016) samt från diverse videoklipp infogade på hemsidan. Detta kombinerades med datainsamling från tidigare presentationer som givits av företaget under projektets gång.

13.3 Idégenerering formgivning & produktsemiotik

I syfte att skapa en expressionboard bearbetades det insamlade underlaget till en sammansatt "företagstolkning". Tolkningen beskrev företaget, motorn och vilket intryck som företaget önskar skapa. Av denna tolkning gjordes vidare analys där det framkom att flera delar i beskrivningen syftade till samma sak. Ur tolkningen plockades beskrivande och relevanta ord ut vilket resulterade i en bred ordbank. Dessa ord sattes sedan samman till flera semantiska ordskalor. Detta i syfte att skapa en gemensam helhetsbild av produktens budskap. Ordskalorna kopplades därefter tillbaka till företagstolkningen och dess betydelse. För att specificera ordskalornas betydelse kategoriserades vardera till grupperna som finns beskrivna i kapitel 3.6.3.

Detta låg sedan som underlag för bildframtagningen för expressionboarden. För vardera kategori fanns en beskrivning innehållande tre-nio olika ord som skulle representeras med en bild.

- Material
 - slitstark - uthållighet
 - prestanda - effektiva - slagkraftig
- Produkt
 - framkant - unik - revolutionera
 - kommersiellt - amerikanskt - "defence"
- Färg
 - tydlig - rätt fram - funktionell
- Metafor
 - erfarna - trygga - kvalitet
 - lugn - stabil - "sköta sitt" - förtroendeingivande
 - fast beslutad - envis
- Form
 - anpassningsbar - föränderlig - reformera - skiftande - transformera
 - stark - kraftfulla - (köra) hårt - tuffa

Bildvalen itererades fram till att de stämde väl överens med ordskalorna och skapade en representativ helhet.

13.4 Utvärdering formgivning & produktsemiotik

För att utvärdera resultatet av formarbetet gjordes visuella jämförelser med tidigare utformningar av kåpan och det visade sig sammanstråla. Detta i kombination med att företagsrepresentanten teknisk koordinator (personlig kommunikation, 8 mars, 2018) presenterade tidigare utvecklingsarbete av kåpan där han tog upp flera ord som stämmer väl överens med de framtagna orden.

13.5 Summering formgivning & produktsemiotik

Genom arbetet med företagstolkning, ord, ordskalor och bildframtagning togs en expressionboard fram. En expressionboard som är väl i linje med tidigare utformning av kåpan och som därmed kunde ligga som underlag för den nya kåpan produktsemantiska egenskaper.

14. Användaranpassning & funktion

Att ha en användaranpassad design för motorkåpan var mycket efterfrågat från företagets sida och därmed en central del i arbetet. Det var också ett av de prioriterade områdena som fastslogs tidigt i arbetet och var därför en mycket viktig del av projektet.

Många av de som använder OXE Diesel gör det i sitt vardagliga arbete. Därför sätter det stor press på en god ergonomi, okomplicerad användning och att inte brukaren skadas under användning. Användning av OXE Diesel sker över hela världen, vilket också sätter press på att skapa en interkulturell design där alla, oavsett geografisk placering, kan hantera motorkåpan på rätt sätt.

14.1 Resultat användaranpassning & funktion

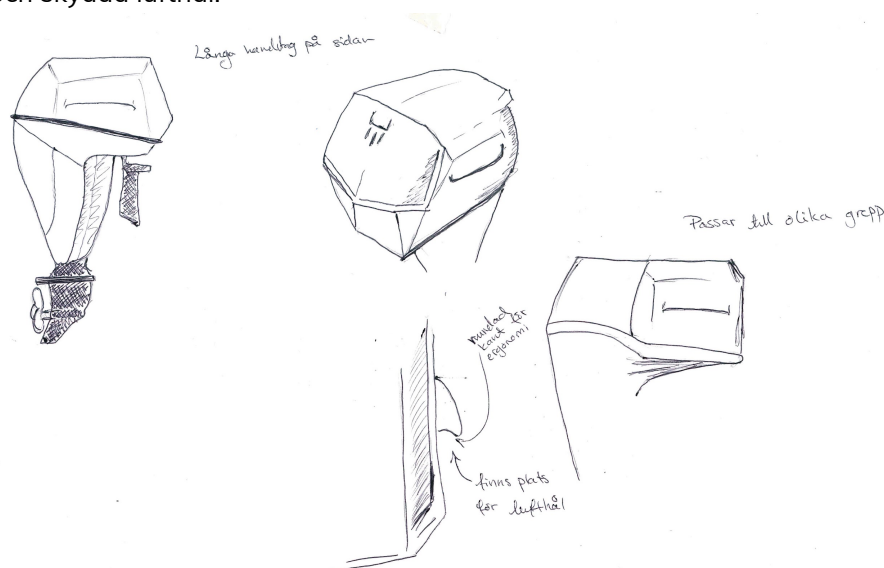
Arbetet med funktion och användaranpassning resulterade i totalt åtta koncept med lösningar av varierande komplexitet. De första koncepten har stort fokus på öppningsfunktionen, medan de resterande presenterar en mer heltäckande lösning. Det som togs med från arbetet, som resultat, var främst dellösningar för öppningsfunktion, kontroll av olja samt lyftmöjligheter. Också funktion för ergonomi och användarvänlighet låg som underlag för kommande konceptgenerering.

14.1.1 Användaranpassningskoncept

Nedan följer de användaranpassningskoncept som utvecklades under det parallella arbetet.

14.1.1.1 Användaranpassningskoncept 1

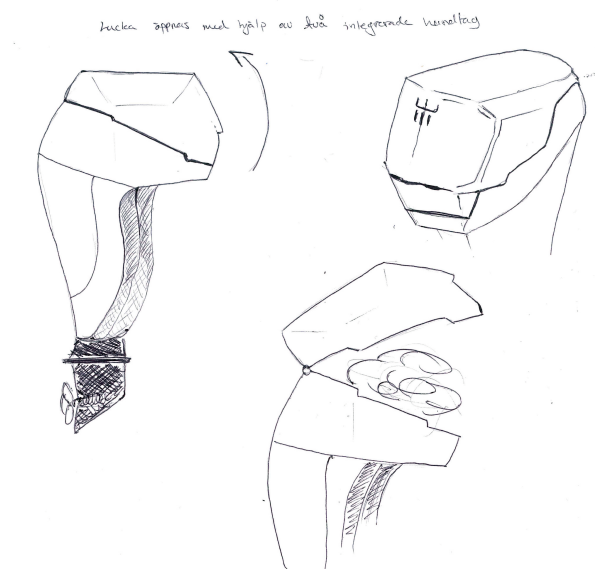
Detta koncept, se figur 14.1, har långa handtag längs sidorna på toppkåpan för att förenkla lyftet av toppkåpan. Längden av handtagen medför att de passar olika personers behov. Lösningen för att kontrollera oljan är mycket lik den befintliga lösningen. Nämligen att lyfta av hela kåpan. Detta underlättas dock tack vare den mer ergonomiska lyftmöjligheten. Handtagen kan också användas för att dölja och skydda lufthål.



Figur 14.1 - Användaranpassningskoncept 1 med långa handtag på sidan

14.1.1.2 Användaranpassningskoncept 2

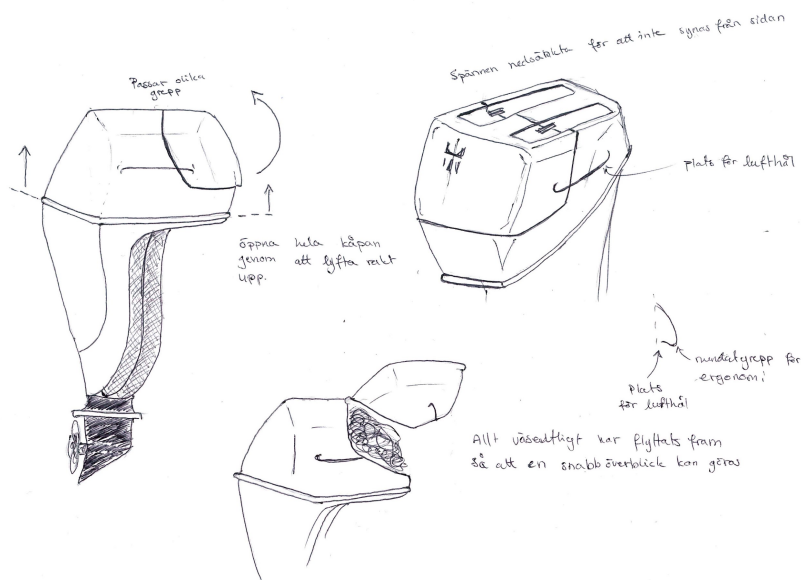
Konceptet har en lucka som går att öppna för att få översikt av motorn. Luckan öppnas mekaniskt med ett ergonomiskt handtag. Konceptet går också att justera så att luckan öppnas med hjälp av hydrauliska pressar. Detta skulle förbättra ergonomin avsevärt men bland annat göra konceptet ömtåligare och dyrare. Konceptet illustreras i figur 14.2.



Figur 14.2 - Användaranpassningskoncept 2 med lucka som medger översikt över hela motorn

14.1.1.3 Användaranpassningskoncept 3

I detta koncept har de väsentliga delarna, såsom kontroll av oljestickan och säkringar, flyttats fram och för att se dem lyfts endast en liten lucka av. Se figur 14.3 för illustration av konceptet.

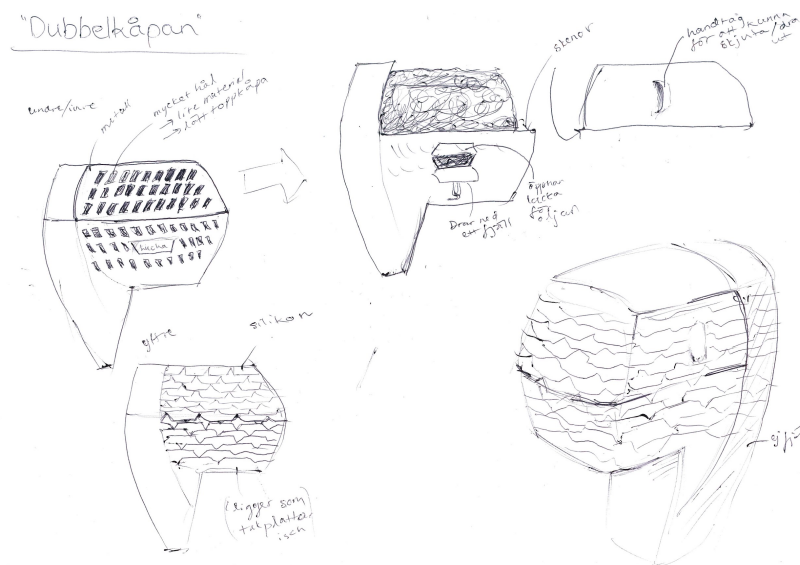


Figur 14.3 - Användaranpassningskoncept 3 med liten lucka som ger översikt över väsentliga delar av motorn

14.1.1.4 Användaranpassningskoncept 4

Detta koncept, se figur 14.4, har två lager kåpa för att isolera från ljud samt för att kunna ha ett lager som skyddar motorn från slag och ett lager som skyddar från vatten. Den inre kåpan har en metallstomme som sitter fast över hela motorn. Innerkåpan har många hål i sig för att släppa igenom luft. Ytterkåpan är gjord i silikon och metall och har "fjäll" riktade åt två håll för att hindra vatten från att komma in. Detta medför skydd från vatten men ett konstant genomsläpp av luft.

För att skydda mot slag finns deformationszoner som går att byta ut. Mellan övre och undre delen finns konsoler som avlastar undre delen. Dessa har en hydraulisk funktion och hjälper till vid lyft av toppkåpan. För att kontrollera oljenivån är ett utav "silikonfjällen" en lucka. Under den finns ytterligare en lucka som gör att användaren kommer åt oljestickan.

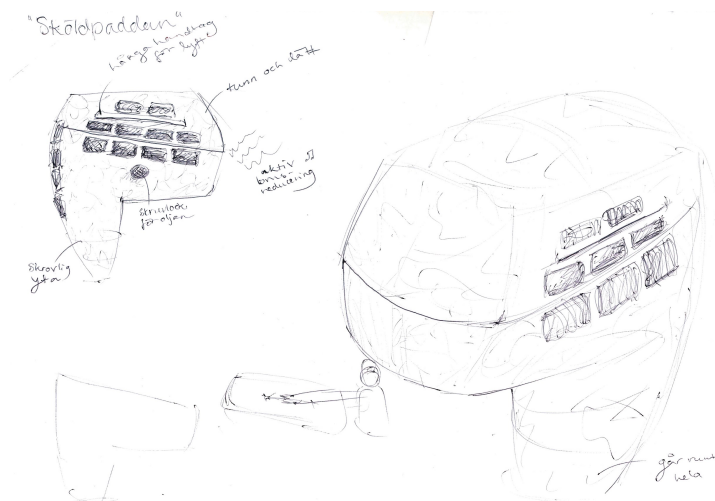


Figur 14.4 - Användaranpassningskoncept 4 med dubbelskåpa och fjäll

14.1.1.5 Användaranpassningskoncept 5

Konceptet har en aluminiumvadderung för att skydda mot höga temperaturer. För att isolera ljudet används aktiv brusreducering. För att skydda mot vatten så går riggkåpan runt hela drevet.

Kåpan är lätt och skyddas därför mot slag av stötdämpande "kuddar". Dessa är placerade i riskzoner för skada. Toppkåpan är lätt att lyfta av och därför finns ett grepp med vadderade handtag. Hinderbanor skyddas från att vatten ska komma in och för att kolla oljestickan görs ett skruvlock. För att kåpan ska vara attraktiv trots att den är välanvänd har den en skrovlig yta. Se figur 14.5 för illustration av konceptet.

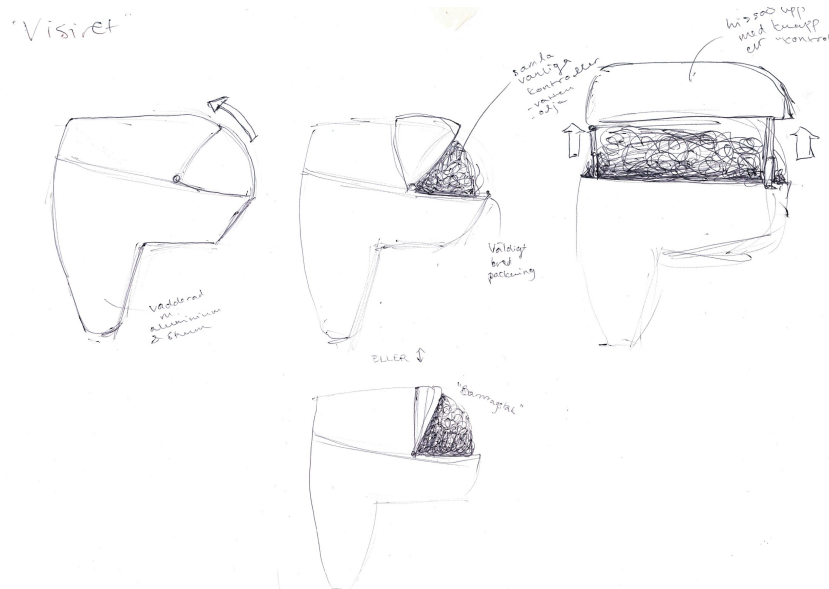


Figur 14.5 - Användaranpassningskoncept 5 med stötdämpande kuddar

14.1.1.6 Användaranpassningskoncept 6

Aluminium- och skumvadding för värme- respektive ljudisolering används i konceptet som illustreras i figur 14.6. Kåpan går runt hela drevet.

Hinderbanor finns för att hindra vatten från att komma in. Vikten från toppkåpan tas upp av en stomme. Kåpan är självlyftande. Visiret finns för att möjliggöra kontroll av oljestickan samt bränslefiltret. Det innebär att oljestickan är flyttad från sin nuvarande plats i motorn till längre fram. Hydraulisk funktion för att öppna hela kåpan. Samt en skrovlig yta som inte blir sliten.

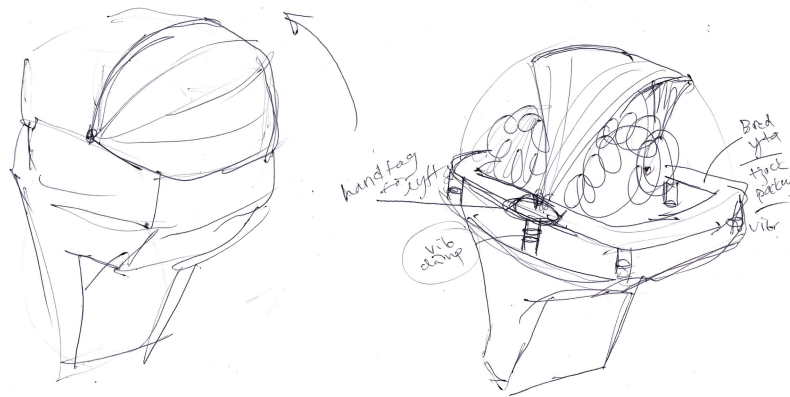


Figur 14.6 - Användaranpassningskoncept 6 med olika typer av visir och öppningar

14.1.1.7 Användaranpassningskoncept 7

För att materialet ska släppa ut värme har den flera hål. För att skydda mot ljud används "tyg", något ojämnt och mjukt. Materialet som kåpan är gjord av är hydrofobiskt. För att skydda mot slag och skadande vibrationer så ska ett vibrationsdämpande system monteras, likt på en mountainbike.

För att hindra vatten från att komma in i skarvarna ska en rejäl packning monteras. För att minska belastningen från toppen på botten kommer det vara två stora ytor som möts, därmed minskar belastning på vardera ytdel. Toppkåpan kan skjivas ihop likt ett barnvagnstak. I och med att många av delarna är "ihopvikbara" förenklar detta lyft av kåpan eftersom vardera del blir mindre. Oljestickan flyttas fram så denna kan kontrolleras fram vid "taket". I figur 14.7 visas en illustration av kåpan.

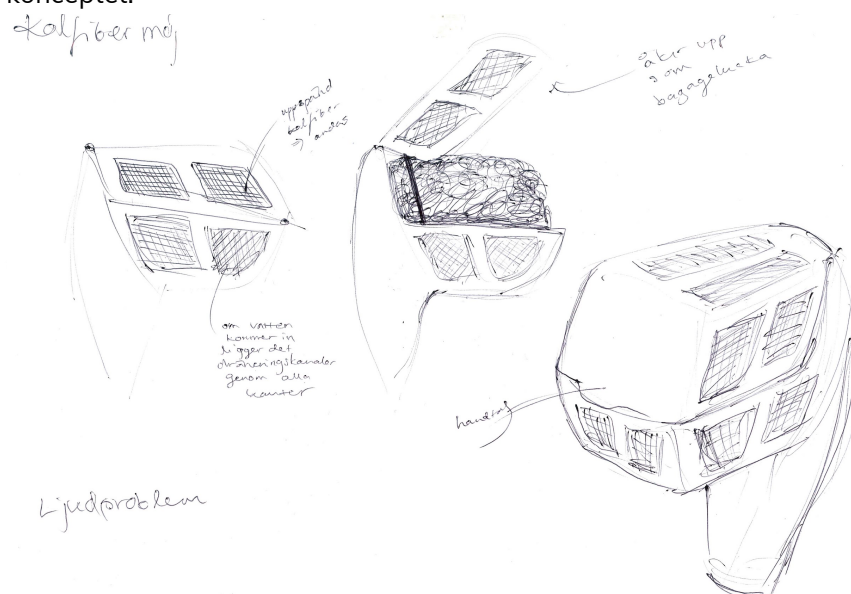


Figur 14.7 - Användaranpassningskoncept 7 med uppfällbar toppkåpa på båda sidor

14.1.1.8 Användaranpassningskoncept 8

Koncept åtta har en stor lucka som öppnas med hjälp av hydrauliska pressar likt tidigare koncept. Detta gör att en god och heltäckande syn av motorns skick snabbt kan fås. Öppningen medges av ett ergonomiskt handtag.

För att få en god lufttillförsel spänns kolfiber upp likt ett nät på utsatta områden i kåpan, se figuren nedan. Detta gör att kåpan tillåter motorn att andas utan att riskera att släppa in vatten som annars skadat motorn. I och med de glesa lufthålen uppstår ett ljudproblem. Se figur 14.8 för illustration av konceptet.



Figur 14.8 - Användaranpassningskoncept 8 med filtrerande kolfibernet samt hydrauliska pressar för att förenkla lyft av toppkåpan

14.2 Datainsamling användaranpassning & funktion

Liksom resultatet i brukarstudien framkom många viktiga aspekter från intervjuer. Som tidigare nämnt betonade samtliga intervjupersoner vikten av att snabbt kunna ha en startklar motor och att grundläggande uppgifter såsom att kolla oljan och kunna göra en okulär besiktning. Även att ha ett enkelt och ergonomiskt lyft framkom under intervjuerna.

Konkurrentanalysen har bistått i arbetet med användaranpassning och funktion. Den har givit mycket inspiration till lösningar men också medverkat för att identifiera problem som inte lösts tidigare.

För att få en helhetsbild finns även en beskrivning av den befintliga produkten dokumenterad tidigare i rapporten. Den ger information om den befintliga produktens nuvarande material, tillverkningsteknik, funktioner och utseende. Det har varit avgörande att förstå den befintliga produkten och även formarbetet som finns beskrivet ovan har bidragit till resultaten kring användaranpassning.

14.3 Utvärdering användaranpassning & funktion

Arbetet med användaranpassning resulterade först, som tidigare nämnt, i en funktionslista som utgick från den befintliga produkten. Med den som utgångspunkt har delar från eller hela idégenereringsmetoderna *Brainstorming*, *Brainwriting*, PVOS, Morfologisk matris och Skiss använts. Dessa metoder har haft sin tyngdpunkt i kreativitet och en okritisk attityd vilket har gynnat det komplexa arbetet på så sätt att både verklighetstroghet och idag ogenomförbara koncept resonerats kring.

För att göra utvärderingar av konceptens tillförlitlighet och realism har muntliga utvärderingar gjorts inom gruppen, samt att kunniga personer tillfrågats. Koncepten har även jämförts med kravlistan.

14.4 Summering användaranpassning & funktion

Arbetet med användaranpassning och funktion har givit ett antal koncept med varierande komplexitet och nytänkande funktioner. Den genomgående tanken med konceptutformningen har varit att lägga fokus vid användarvänlighet och att möta de listade kraven. Många av de idéer som framkom under detta steg har använts som grund i konceptgenereringen och vidareutveckling till det slutliga konceptet, det vill säga inte som hela koncept.

15. Konceptgenerering

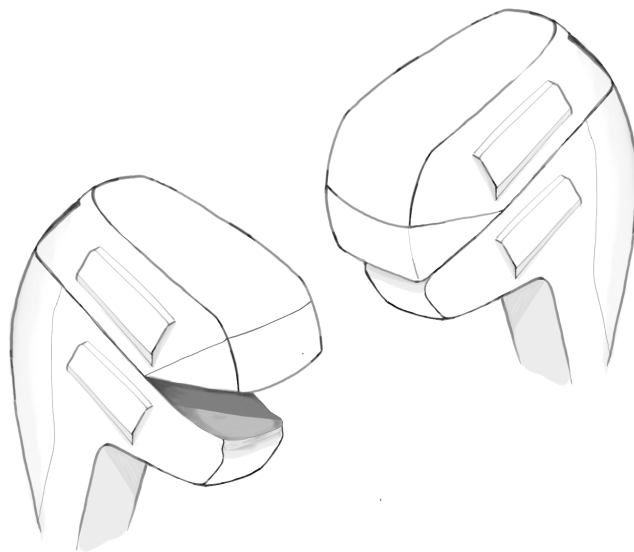
Efter att koncept framtogs inom varje område i det parallella arbetet utvärderades de för att sedan sättas ihop till tre kompletta och realistiskt genomförbara koncept. Dellsningar kombinerades för att presentera fullständiga lösningar. Inom varje koncept finns lösningar för material, tillverkning, funktion, användaranpassning, ergonomi, produktsemiotik, infästningspunkter och lufthål.

15.1 Resultat konceptgenerering

Arbetet med konceptgenereringen resulterade i tre koncepten Alpha, Beta och Gamma. Koncepten löser de huvudsakliga problem som uppkommit under arbete men på varierande sätt för att fortfarande behålla en kreativ idérymd. Koncepten presenteras nedan.

15.2 Alpha

Denna kåpa som illustreras i figur 15.1, är helt tillverkad i glasfiber och tillverkas med *SMC molding*, se kapitlet om tillverkningsteknik för utförlig information. Funktionen i fokus hos Alpha är ett visir längst fram på kåpan. Visiret har två infästningspunkter och skjuts upp med ett ergonomiskt grepp där det sitter kvar efter öppning. Väl öppnat kommer användaren åt sådant som behöver kontrolleras dagligen. Detta kräver dock att oljestickan och vattennivån i det interna kylsystemet flyttas till den främre delen av motorn.



Figur 15.1 - Konceptskiss över Alpha

I anslutning till handtaget på visiret finns det ett lufthål. På så vis att det inte sluter helt tätt mellan handtaget och dess innerkant och där innerkanten sträcker sig upp en bit innanför visiret.

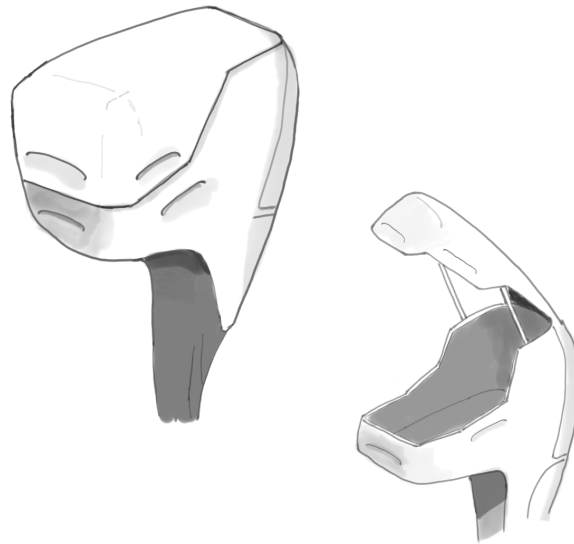
När användaren vill kontrollera hela motorn kräver det fortfarande att denne lyfter av hela toppkåpan. För att underlätta lyftet sitter det två stycken långa handtag på vardera sida av kåpan vilket gör lyftet enklare samt anpassat för personer av olika längd. Dessa handtag är också luftkanaler. Varianten av lufthål är den så kallade håll med luftkanal, detta beskrivs djupare i lufthålskapitlet, se kapitel 12.

På Alpha används infästningskoncept 1 där kåpan omsluter avgasröret nere på sidan av drevet, se kapitlet tidigare om infästningar. Kransens infästningar ser ut som den gör i dagsläget.

15.2 Beta

Koncept Beta som illustreras i figur 15.2, består av en materialkombination av glasfiber och aluminium för att stärka upp utsatta delar. Kåpan är tillverkad i ett flertal delar och materialen möts i delningslinjer. Tillverkningstekniken som används för Beta är, likt föregående koncept, *SMC molding* för glasfiberdelarna. Aluminiumet däremot formas med pressning och stansning plus ytbehandling och trimning.

I detta koncept lyfts toppkåpan upp med hjälp av hydrauliska pressar, likt en baklucka på en bil. Aluminiumet täcker hela ryggen för att medge stabilitet för trycket som luckan skapar. Denna lösning medför att en god överblick över motorns skick snabbt fås, också att väsentliga delar smidigt kan kontrolleras innan avfärd. Luckan öppnas med hjälp av ett ergonomiskt handtag.

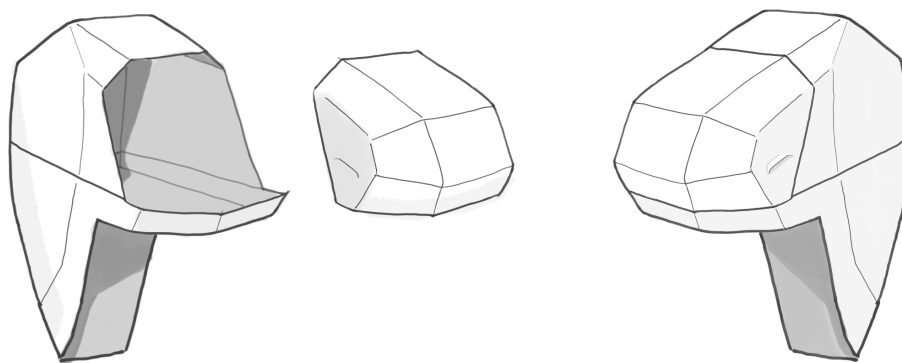


Figur 15.2 - Konceptskiss över Beta

Luftintaget som används på Beta är "Luftburken". Totalt sex luftintag finns placerade på kåpan: två på varje långsida samt två framtill. För infästningarna används infästningskoncept 6, att förlänga kransen ner och runt på drevet. Principen för luftburken och infästningarna finns beskrivna tidigare.

15.3 Gamma

Detta koncept som illustreras i figur 15.3, består av en kåpa helt tillverkad i kolfiber. Denna tillverkas också med metoden *SMC molding* som även fungerar bra för kolfiber. I och med att den är gjord i kolfiber är kåpan betydligt lättare vilket gör det betydligt enklare att lyfta delar av kåpan. För att kontrollera de nödvändiga komponenterna lyfter man i detta koncept endast av främre delen av toppkåpan. För att denna inte ska riskera att åka i vattnet sitter den infäst i resterande kåpan med en säkerhetslina. För att kontrollera hela motorn kan man sedan lyfta av resterande del av toppkåpan, men det ska inte vara nödvändigt i majoriteten av användningen.



Figur 15.3 - Konceptskiss över Gamma

Lufthålen på Gamma är "luftintag via delningslinjer", se beskrivning i kapitlet om lufthål. Denna konstruktion är placerad längst med kanten av toppkåpan då dessa vara helt vertikala för att fungera. Till infästningarna väljs infästningskoncept 3, där kransen behålls men infästningspunkterna nere på drevet flyttas högre upp och bak bakom avgasröret.

15.4 Datainsamling konceptgenerering

Den data som samlades in kom från tidigare konceptgenerering från vardera problemområde och sattes ihop till mer realiserbara helheter. I varje koncept sattes en lösning från vardera område samman: material, tillverkning, utseende, användaranpassning, produktsemiotik, lufthål, delningslinjer och infästningar. Dessa beslutades att kombineras på ett sätt så att material beslutades först, vilket sållade bort en hel del tillverkningstekniker, vilket i sin tur avgränsade designen. Materialet bestämdes först eftersom det ansågs vara det mest kritiska området och därmed väsentlig för den nyutvecklade kåpan. Resterande delar valdes längs vägen av konceptframtagningen. Exempelvis kombinationen att Beta rimligtvis fick en aluminiumrygg för att ta upp belastningen av den tunga bakluckan.

Analys av den tidigare insamlade data gjordes baserat på vad som var realiserbart, möjligt att kombinera samt vad som kändes tillräckligt nyskapande utan att gå för långt ifrån det som OXE Diesel är idag. Analys gjordes främst genom diskussion, *braindrawing*, skiss och *brainstorming*. Koncepten fungerade likt ett pussel där varje lösning inom vardera område skulle passa perfekt med nästa lösning. På så sätt kunde vardera delkoncept matchas ihop till mest optimala koncepten.

15.5 Utvärdering konceptgenerering

Efter framtagning av de tre koncepten gjordes ett flertal olika utvärderingsmetoder. Den första metoden var att konkretisera för- och nackdelar med varje koncept. Detta medförde en tydligare bild av vad som fungerade bra och mindre bra i vardera koncept och av vilken anledning. I tabell 15.1 presenteras för- och nackdelarna för varje koncept. Det som inte tas hänsyn till är huruvida allvarliga varje aspekt är.

Tabell 15.1 - Fördelar och nackdelar med koncepten Alpha, Beta och Gamma

KONCEPT Alpha - Visiret		KONCEPT Beta - Bakluckan		KONCEPT Gamma - Avtagbar front	
Fördelar	Nackdelar	Fördelar	Nackdelar	Fördelar	Nackdelar
Enkelt kolla olja	Rörlig del (känslig)	Smidig användning	Ömtålig (teknisk)	Hållbart material	Dyrt material
Relativt billig	Komplex konstruktion	Nytänkande	Osäkert material	Nära OXE Diesel	Osäkra lufthål
Säkra lufthål	Krångligt lyft (om hela)	Ser allt vid öppning	Dyr	Lätt	Lägga bort del
Säkert material	Större kåpa	Säkra lufthål	Höga toleranser	Bra lyft	Skada kan trasa upp materialet
Lägre toleranser	Mer vatten i kåpan	Helt tät	Ser snäll ut/ej OXE	Enkelt att kolla	Komplex konstruktion
Skyddar drevet			För lik Seven Marine	Mindre vatten i kåpa	
				Mindre material	

Ytterligare utvärdering av de olika koncepten gjordes under den andra delredovisningen då delar av klassen samt handledare agerade opposition och höll diskussion. Där framkom det tydligt att många föredrog en lucka som på något sätt var fastspänd snarare än löstagbar. Det ifrågasattes även hur mycket användaren kunde se i de olika lösningarna och vad som det faktiskt fanns behov för. Flera frågor berörde också kombinationer av de olika lösningarna i varje koncept. Exempelvis som att placera Alphas lufthål på Beta. Dessa åsikter och tankar låg som underlag för vidare diskussion.

Vidare utvärdering gjordes med en PUGH-matris, se Bilaga 11 tabell 1. Från PUGH-matrisen med dagens kåpa som referenspunkt och givna kriterier, resulterade det i att Alpha fick två poäng, Beta ett poäng och Gamma fem poäng. Det tyder på att alla tre koncepten totalt sett fick högre poäng än dagens kåpa. Gamma däremot var en klar vinnare i denna utvärderingsmetod. Vidare gjordes en ny PUGH-matris, se Bilaga 11 tabell 2, med Gamma som referens för att undersöka de andra koncepten gentemot det tidigare vinnande konceptet.

Från PUGH-matrisen med Gamma som referens, framkom det att både Alpha och Beta fick lite bättre poäng. För att vidare jämföra koncepten mot varandra användes metoden Kesselring. I Kesselring jämförs koncepten med avseende på hur viktigt varje kriterium är, vilket det inte görs i PUGH. Här blev inte resultatet detsamma som för PUGH.

I tabell 3, se Bilaga 11, syns det hur viktningen skedde, se avsnitt 3.9.4 för utförlig beskrivning av Kesselring. I tabell 3 blandas ej koncepten in, utan kalkylerar ut viktningen för varje kriterium utifrån uppskattningar av hur viktiga kriterierna är. Enligt utvärdering är lufttillförsel, vattentäta lufthål och vattentät runt fläns/krans/remhus/drev de viktigaste kriterierna.

Likt PUGH så analyseras härifrån koncepten utifrån de satta kriterierna, dock finns nu en viktning till varje kriterium, se kolumn två i tabell 4 Bilaga 11. Ideal-fallet, då varje kriterium löses perfekt, får 170 poäng med den viktning som skett. Koncept Alpha får i Kesselring-matrisen 118 poäng, koncept Beta får 139 poäng och koncept Gamma får 93 poäng. Därmed var Beta det bästa konceptet enligt denna utvärdering.

Efter de olika metoderna var genomförda fanns ett stort diskussionsunderlag. Där framkom det tydligt att det bästa konceptet skulle vara en kombination av olika dellösningar från vardera koncept. För att besluta om vilka dellösningar som skulle användas baserades valen på delredovisningen, PUGH och Kesselring. Den del som inte hade någon tydlig framträdande lösning var vilken typ av lucka. För att komma fram till ett beslut genomfördes därför analysmetoden Tusenlappen.

15.6 Summering konceptgenerering

Tre stycken koncept framtoqs baserat på tidigare konceptgenerering. Dessa utvärderades på ett flertal olika sätt där det slutligen beslutades att en kombination av olika dellösningar inom vardera koncept skulle vara den mest fördelaktiga lösningen.

16. Konzeptutveckling

Efter utvärdering av de olika koncepten fanns en bred grund för att kunna besluta om vilka dellösningar som skulle sättas samman till ett slutgiltigt koncept. Detta koncept var dock fortfarande som olika pusselbitar som i sig krävde sammanfogning. Det vill säga att ett behov fanns att definiera mer konkret hur saker skulle fungera i och med tillverkning, funktion och konstruktion.

16.1 Resultat konceptutveckling

Konzeptutvecklingen resulterade i ett slutgiltigt koncept, baserat på en kombination av olika dellösningar från tidigare konceptgenerering. Resultatet av den sista iterationen presenteras i kapitel 18, Slutresultat.

16.2 Datainsamling konceptutveckling

Insamlingen av data skedde främst i de tidigare iterationerna av arbetet. Baserat på utvärderingen av resultatet från konceptgenereringen var datan redan utvärderad och avgränsad. Den data som fanns att tillgå hade utvärderats med bland annat Kesselingsmatris där det framkom vilken dellösning inom vardera koncept som framstod som den bästa. Det i kombination med analys genom diskussion samt feedback under den andra delredovisningen gjordes valen om vilka dellösningar som skulle väljas.

16.3 Designbeslut konceptutveckling

Nedan motiveras de olika designbeslut som tagits för att komma fram till det slutgiltiga konceptet. Besluten berör material, tillverkning, delningslinjer, infästningspunkter, lufthål, formgivning, användaranpassning och öppningskonstruktion.

16.3.1 Material & tillverkning

Som tidigare under arbetet beslutades det att material var högprioriterat och bestämdes därför först. Med motiveringen att klara alla kraven under en lång tid var kolfiber det enda som med störst säkerhet levde upp till detta. Vidare efterforskning av materialet i kombination med tillverkningstekniken *SMC molding* hittades alternativ till det som CES hade visat.

Istället för den klassiska kolfiberväven används korta bitar av kolfiber för att armera materialet. Dessa kolfiberbitar blandas med vinylester som sedan pressas. Genom att använda denna metod kan stora tunna delar tillverkas. Ytan blir direkt svart i och med materialets naturliga färg och eftersom kolfiber klarar de framtagna kraven behöver materialet inte heller lackeras, enligt professor inom konstruktionsmaterial vid Chalmers tekniska högskola. Vid konsultation med ett produktionsföretag som tillverkar och levererar delar av kolfiber tillverkade i *SMC molding*, framkom det att ytan kan få en matt struktur direkt i formverktyget vid tillverkningen, vilket också var ett önskemål från uppdragsgivaren. Trots att det är det dyraste materialet kan det jämföras med de andra materialen då en undkommer kostnader och sparar tid vid tillverkning från bearbetning såsom lackering. Fördelarna med kolfiber blir då ännu fler och gör det till ett bättre alternativ än glasfiber.

Vidare vid konsultationen med produktionsföretaget diskuterades kolfibers kapacitet att oskyddat utstå stark UV-ljus. Livslängden för kåpan kan förlängas om den lackeras men det konstaterades att den obehandlade ytan hos kolfiber fortfarande möter materialkraven satta för kåpan.

Glasfiber är ett känt material som används mycket inom marina miljöer och kan anpassas till att prestera bättre genom att använda längre fibrer och lägga dem parallellt med lasten. Glasfiber kan även tillverkas med samma tillverkningsteknik, *SMC molding*, som kolfiber. Dessvärre skapar materialet behov av efterbearbetning som ökar produktionskostnaden för hela kåpan på grund av UV-strålning samt att den inte kan uppnå önskad färg direkt ut ur formverktyget. Bortsett från det uppnår glasfiber inte alla materialkraven lika väl som kolfiber och därför kommer inte få lika lång livslängd. Kåpan kommer bli tyngre, svagare och känsligare om den tillverkas av glasfiber och därigenom inte resultera i en lika högpresterande kåpa som den i kolfiber.

Att använda olika material för att tillverka kåpan hade specialanpassat den för att skydda motorn vid de mest utsatta delarna, som vid stöt bakifrån. Kåpan hade då bestått av glasfiber och aluminium som redan används i den befintliga lösningen. Däremot genom att tillverka kåpan i fler än ett material betyder att fler tillverkningsmetoder behöver användas. Det kan komma att betyda att olika delar av kåpan kan tillverkas på olika platser av olika leverantörer. Potentiellt kan leverantörerna leverera vid olika tidpunkter och begränsa produktionen. En leverantör med kompetens och kapacitet för båda materialen kan finnas, men kan bli svårt utan att det påverkar tillverkningskostnaden för kåpan. Riskerna blir därför färre genom att tillverka motorkåpan i kolfiber med *SMC molding*.

Eftersom kolfiber klarar materialkraven och inte behöver någon efterbearbetning eller ytbehandling så väljs ytbehandlingen Swiss-9 bort. Den hade inneburit en tillkommande kostnad och moment i tillverkningen. Swiss-9 tillför något nytt och spännande till produkten genom att vara vatten- och partikelavvisande men tillför inte tillräckligt till funktionen för att det skall vara lönsamt.

16.3.2 Delningslinjer

Med tillverkningstekniken *SMC molding* kan inga negativa vinklar finnas vilket i sig påverkade ett flertal designbeslut. Bland annat möjliggjorde metoden att kåpan endast behöver tillverkas i fem delar. Toppluckan kan göras i en del, medan sidorna i en vardera och likaså luftkanalerna behöver tillverkas separat. En tydlig förbättring när man ser till de tidigare tolv formdelarna. *SMC molding* medförde att längs mittlinjen, om man gör ett tvärsnitt på längden av kåpan, kommer den upplevas ha en viss spetsighet på grund av släppvinklarna. Något som ansågs passa in i det redan kantiga formspråket utan någon vidare uppoffring.

16.3.3 Infästningspunkter

För att fästa motorkåpan på drevet och motorn väljs infästningskonceptet från Gamma, infästningskoncept 3. Genom att flytta upp och bak infästningspunkterna på drevet kortas riggkåpan vilket gör att kåpan kan tillverkas med mindre material, kommer längre från vattenytan och rymmer mindre vatten på insidan. Motsatt effekt hade infästningskonceptet från Alpha haft, där riggkåpan istället hade förlängts runt avgasröret och resulterat i en större kåpa där mer

vatten hade rymts innanför vilket hade gjort luften innanför kåpan fuktigare och påverkat motorn negativt. Tack vare en mindre och kortare kåpa kan det undvikas och det blir en bättre lösning än den befintliga. Det innebär att infästningspunkternas placering vid avgasröret måste justeras vid tillverkning av drevet men att flänsens utseende och form behålls.

Att i stället förlänga flänsen under remhuset och därigenom täta runt motorn, som hos Beta och infästningskoncept 6, hade löst problemen med följderna av vatten innanför kåpan längst ned på drevet. Däremot hade konceptet resulterat i stora förändringar av både kåpan och drevet vilket innebär fler risker och att den är osäkrare än Gammas infästningskoncept vid tillverkning och passning.

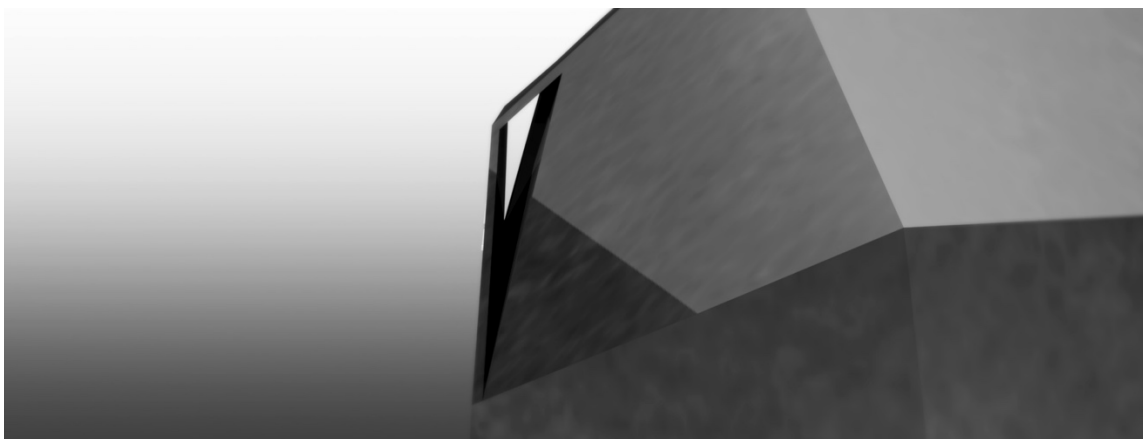
I och med att sidorna hos den nya kåpan tillverkas i två delar kommer dessa fortsatt att fästa i kransen. Dock krävs ytterligare stöd i ryggen där de två sidorna därför kommer monteras samman på samma sätt som remkåpan monteras på de andra kåpdelarna i dagens kåpa.

16.3.4 Lufthål

Beslutet angående kylning genom lufthål bestämdes till Alphas dellösning, hål med luftkanal. Dessa bedöms som säkra samtidigt som att de är mycket billigare än en luftburk. Luftburk upplevdes inte vara motiverbart att behålla i och med att det hade blivit bortargumenterad av Cimco Marine tidigare för att spara in på kostnader enligt den tekniska koordinatoren (personlig kommunikation, 8 mars 2018). Lufthålen anses också vara innovativa trots att de är okomplicerade, något som passar OXE Diesel.

Det främre lufthålet vid Alphas handtag behålls också i detta koncept men vid handtaget på luckan istället. Det kommer medföra att innerkanten av botten i den främre delen kommer behöva vara längre innanför just där för att skydda från att vatten kommer in.

På detta koncept beslutades det också om att ett lufthål på vardera sida var mer fördelaktigt än två på vardera sida. Då ett på vardera sida släpper in tillräckligt mycket luft, samtidigt som att färre lufthål resulterar också i mindre risk för vatteninsläpp. Lufthålens placering är till stor del beroende av var toppluckans delningslinje går. Placeringen av lufthålet är bättre desto högre upp dessa är placerade, för minskat vatteninsläpp. Därmed placeras de i vardera hörn av toppen på kåpan, se bild på en av luftkanalerna figur 16.1. För att funktionen ska bibehållas behöver kanalen vara vertikal och likaså hålen in, vilket de därmed är.



Figur 16.1 – Vänstra luftkanalen framifrån

Motsatt utformningen på lufthålen i konceptet Alpha kommer dessa lufthål placeras på insidan av kåpan för att skapa ett mer diskret utseende. Trots att detta medger en något mer komplicerad tillverkning är detta motiverbart i och med att de är mindre känsliga och därmed kommer hålla längre eftersom placeringen annars hade varit en av de mest utsatta. En utav ytorna på främre delen "sänks ned" för att möjliggöra öppningen av luftkanalen medan den i bakre delen av kåpan har ett diskret hål. Det bakre hålet är dock inte placerat i linje med ryggen, detta för att motstå största delen av vågorna bakifrån.

Vidare beslutades att integrera ett luftintag likt det fungerande luftintaget som finns på den befintliga produkten. Det fanns, enligt den tekniska koordinatören (personlig kommunikation, 8 mars 2018), ingen anledning att ta bort det. För att applicera luftintaget på den nya kåpan beslutades det att det skulle placeras vid delningslinjen där kåpan öppnas.

16.3.5 Formgivning

Den slutgiltiga formgivningen landade i en vidareutveckling av konceptet Gammas formspråk. Det var formspråket som bedömdes gå tydligast i linje med de tidigare utformningarna av OXE Diesel. Utseendet karakteriseras av många ytor som möter varandra med skarpa kanter. För att behålla karakteristiken av OXE Diesels "kuttrygg" behålls denna med ytterligare förstärkning genom att förlänga den, se figur 16.2.



Figur 16.2 - Profil som visar kåpans "kuttrygg"

För att komma ifrån känslan av dagens rektangulära form skapas en lutning framåt på toppen av toppkåpan. Det medför samtidigt en ökad kraftfullhet.

16.3.6 Användaranpassning

Inom användaranpassning var ett stort fokus att komma åt vissa komponenter på ett enkelt och ergonomiskt sätt. Vid utgångsläget av arbetet sattes avgränsningar upp att inga komponenter i motorn skulle flyttas. Dock presenterades det av företaget att komponenter kunde flyttas om det skulle visa sig vara fördelaktigt, enligt CEO (personlig kommunikation, 9 mars 2018).

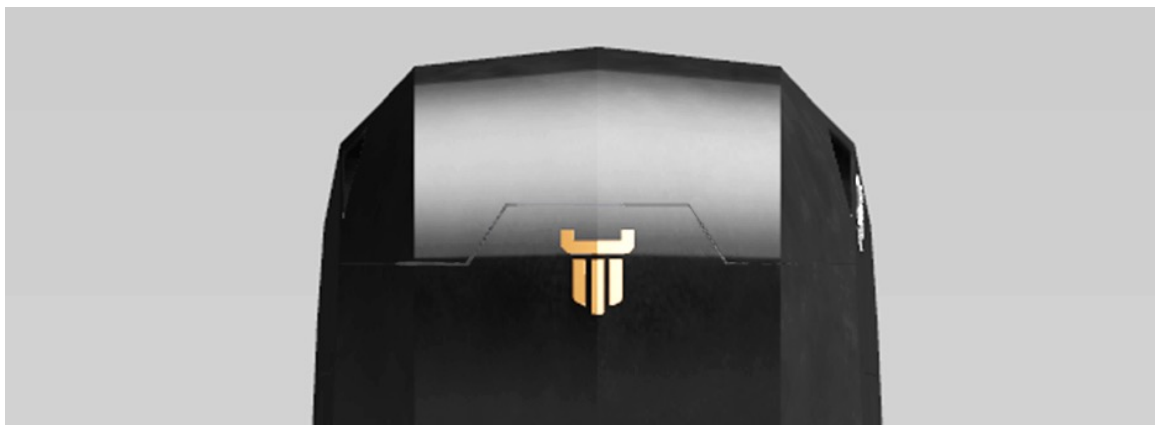
Att komma åt dessa komponenter på ett enkelt sätt beslutades att lösas med någon form av lucka. Det som visade sig vara den mest fördelaktiga lösningen var en mindre lucka som öppnar upp främre delen av motorn med gångjärn på kåpans tak. Detta eftersom en liten lucka är smidigt utan att behöva en komplicerad, dyr eller känslig konstruktion. En liten lucka kan också kompletteras med att användaren kan lyfta av resterande del av toppkåpan vid behov. Denna lösningen hade dock krävt att komponenter som oljestickan samt kontrollen av vätska i det interna kylsystemet hade flyttats.

Det i kombination med att information om att en komponent som behöver kontrolleras innan tur enligt den tekniska koordinatoren (personlig kommunikation, 8 mars 2018) är placerad allra längst bak i motorn. Det medförde att om en lucka ska användas behöver den kunna öppnas och visa både fronten samt toppen av bakre delen av motorn. Enda alternativet var därmed en hel lucka eller flera små luckor där en stor lucka bedömdes som den mest smidiga lösningen och därmed blev den valda lösningen. Därför arbetades det vidare med konceptet Betas luckvariant med en hel lucka som öppnas med hjälp av hydrauliska pressar. Delningslinjen är kantig i flera nivåer för att se robust och kraftfull ut. En stor lucka kan appliceras på dagens utformning av motorn och tillfredsställer de behov som finns hos användaren. Nackdelen med den lösningen är att den blir mer kostsam än de tidigare.

16.3.7 Öppningskonstruktion

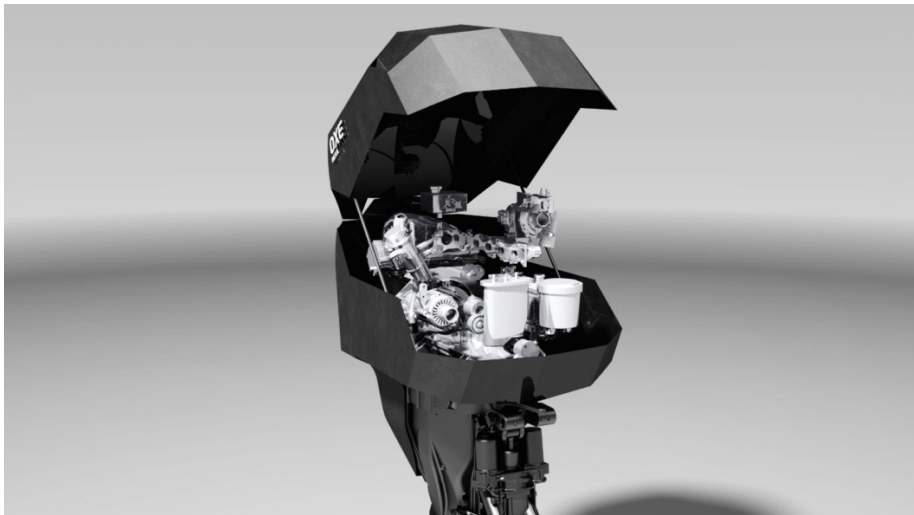
När alla dellösningar var beslutade skulle dessa sättas ihop till ett och ett flertal delar definieras. För att göra detta genomfördes bland annat DFMA, diskussion samt skiss.

Exempelvis som luckans öppningsfunktion. Planen var att använda gångjärn, men för att kunna göra det behövdes viss omarbetning genomföras. Detta på grund av att konstruktionen behöver vara så robust som möjligt och därmed behöver gångjärnen sitta så långt ifrån varandra som möjligt. Toppluckan dras därmed ned längs ryggen på kåpan. Mittendelen av ryggen förblir kortare för att möjliggöra en stor öppning, se figur 16.3.



Figur 16.3 – Kåpan bakifrån som visar luckans bakre delningslinje

Själva låset ingick i avgränsningarna och är därför samma som på den tidigare kåpan. Rekommendationsvis skulle dock en liknande öppning som finns på bilars bakluckor användas istället. När användaren knäpper upp låset kommer luckan kräva mekanisk kraft den första biten, utifall att kåplåset skulle lossas av misstag ligger den därmed kvar. När användaren därefter har börjat lyfta luckan kommer de hydrauliska pressarna hjälpa till. Dessa ska fästas i kransen där kåpan sitter fast för maximal stabilitet. De kommer monteras utåt mot kåpan därifrån, för att komma runt motorn, och sedan uppåt till mittendelen av toppluckan, se figur 16.4.



Figur 16.4 - Öppnad toppkåpa med stöd av hydrauliska pressar

16.3.8 Kostnad

Kostnaden för den nya kåpan uppskattas med hjälp av CES. De parametrar som ej beskrivs förändras ej från befintliga kåpan, därmed ej kommenterade. Materialet som används är numera kolfiberförstärkt polyester, CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polyester*), för alla delar på kåpan. För att vara mer specifik så antogs materialet till Epoxy *SMC molding* (55% *long carbon fiber*), på grund av specificiteten i de djupare nivåerna i CES. "*Long carbon fiber*" innebär att de är längre än 5 mm. Detta material är dock inte exakt det rätta materialet eftersom det egentligen ska vara små klustren av kolfiber i vinylester och inte traditionella fibrer. Detta material uppskattades dock vara det närmsta, därav valet.

Det går inte exakt att veta den nya kåpans massa, eftersom volymen inte är satt. Volymen sattes inte eftersom det är svårt att veta exakt tjocklek som är nödvändig för att klara given belastning. Därför gjordes två uppskattningar. Om tjockleken är 2 mm blir massan till 12,18 kg. Skulle tjockleken vara 3 mm blir massan 13,87 kg, då densiteten är 1.470 kg/m^3 . I CES-funktionen *Synthesizer* beräknades tillverkningskostnaden likt för den befintliga kåpan. Antalet kåpdelar är nu färre, har nya dimensioner, nytt material och tillverkningsmetod. Överblivet material avlägsnades av en CNC-fräs, som tidigare, vilket togs med i beräkningarna.

Detta resulterade i att kostnaden för den nya kåpan blir 4.868 kr om tjockleken bestäms till 2 mm. Vid tjocklek 3 mm blir istället kostnaden 5.496 kr. Båda dessa kostnader är betydligt lägre än föregående kåpa.

16.4 Utvärdering & DFMEA

För att utvärdera det faktiska resultatet gjordes grundliga jämförelser med den framtagna kravlistan. Utvärderingen resulterade i ett positivt resultat, att kåpan klarar nästan alla krav. Vissa krav går inte att mäta och kan därför endast uppskattas baserat på antaganden.

Formgivningen i sig utvärderades genom att använda expressionboarden, se figur 16.5. Genom utvärdering bedöms den stämma väl överens med det satta formspråket.



Figur 16.5 - Expressionboard med nya OXE Diesel

DFMEA genomfördes för att säkerställa en god designkvalitet på den nya kåpan. Genom metoden undersöktes vilka delar som borde prioriteras för de högsta tillverkningskraven. Se Bilaga 12 för fullständig Design FMEA.

För samtliga delar kan det uppstå märken samt skevhet från tillverkningen. Felorsaken till dessa defekter kan vara krympningar, skäggbildning eller att det är för varmt vid tillverkningsprocessen. Toppkåpan är den delen som har en mest komplex form av delarna vilket gör den extra utsatt för dessa felmöjligheter. Samtidigt är toppkåpan den del som är mest utsatt för repor eller liknande då den öppnas ofta samt är den del som har störst risk att råka ut för felhantering. Det gör toppkåpan högt prioriterad med hårda krav på tillverkningen.

Både vänster samt höger sidkåpa är utsatta för märken från tillverkning, samt från felhantering som leder till repor i kåpdelarna. Då dessa delar inte är lika synliga för användaren leder det till att de får ett lägre risktal än toppkåpan och är därför inte lika prioriterade. Luftavskiljarna är monterade på insidan av toppkåpan. Feleffekten av att de får märken från tillverkningen är inte hög då deras synlighet är låg. De syns i princip endast när toppkåpan är i öppnat läge vilket leder till att risktalen blir lägre både sett till form samt textur.

Studerar delningarna mellan de olika komponenterna är den absolut mest kritiska delningslinjen den som går mellan toppkåpan och sidkåporna. Det beror på att delningslinjen är den som öppnas när motorn besiktigas samt olika komponenter kontrolleras. Skulle inte den passningen vara god skulle det få konsekvenser i form av att kåpan inte kan stängas då det blir glipor eller att det är visuellt oattraktivt för användaren eftersom denna delningslinjen är den mest synliga för användarna. Något som drar upp skattningen på felhanteringen är utformningen på delningslinjen då den har en unikt kantig form. Med andra ord borde det sättas snäva toleranser längs med hela toppkåpans nederkant samt överkanterna på sidkåporna för att försäkra sig om en bra delningslinje.

En annan aspekt som kan tas i beaktning är att toppkåpan möjligtvis åldras snabbare än sidkåporna. Det på grund av att toppkåpan är mer utsatt för repor än sidkåporna och kan därmed bli mer sliten vilket kan visuellt påverka användaren.

Slutsatsen av Design FMEA:n är att den mest prioriterade delen är toppkåpan då den fick högst risktal ur många synvinklar. Det är alltså den delen som skall ha de snävaste toleranserna samt att både konstruktionen och designen ska tas noga i beaktning.

16.5 Summering konceptutveckling

I och med vidareutvecklingen från de tre koncepten till en helhet har ett trovärdigt resultat skapats. Resultatet kombinerar fördelar från vardera koncept på ett kompletterande sätt.

17. Diskussion

Syftet bedöms ha uppnåtts mycket väl. De krav som är uppsatta är i stor utsträckning lösta tack vare den nya utformningen av kåpan som åstadkommits. Den nya kåpan är ett mer kvalificerat alternativ ur ekonomiskt perspektiv, design-, funktion-, material-, och tillverkningsvinkel i förhållande till den befintliga. Däremot går det att vidare diskutera element och beslut i arbetet som har påverkat och lett fram till slutresultatet.

17.1 Slutresultatet

Önskemål framkom från uppdragsgivaren om att ha ett mer spännande och nytänkande material samt en bättre tillverkningsteknik kopplat till detta. Kolfiber i formen av korta fibrer istället för den klassiska väven är just detta. Ett material som direkt efter tillverkning, utan lackering och efterbehandling, kan monteras på motorn. Materialet har redan i sig själv den rätta färgen och genom tillverkningstekniken kan formverktyget direkt skapa den matta ytan som Cimco Marine vill ha. Dessutom är det ett material som är högpresterande med avseende på densitet i relation till styvhet och tål den tuffa miljön som kåpan vistas i.

Trots att kolfiber har hög kapacitet så påverkas alla material av UV-strålning. I materialdatabasen CES och vid intervjuer med professorer inom konstruktionsmaterial vid Chalmers tekniska högskola, konstaterades det att kolfiber skall klara att stå emot UV-strålning utan att skyddas med en ytbehandling. Vid konsultation med ett produktionsföretag som tillverkar och levererar delar av kolfiber tillverkade i *SMC molding*, menade att i och med den utsatta miljön att en ytbehandling skulle kunna bidra till en längre livstid för kåpan. Om en ytbehandling hade behövts skulle kostnaderna bli fler i och med att ett moment i tillverkningen läggs till. Vem som har rätt kan bara konstateras med tester och får sedan avvägas. Om fallet skulle vara att kåpan tillverkad i kolfiber med ytbehandling blir för dyr kan materialet bytas ut till glasfiber. Det är billigare, används mycket inom marina miljöer och kan tillverkas med samma tillverkningsteknik *SMC molding* men har inte lika goda egenskaper som kolfiber. Kåpan hade blivit tyngre, svagare och känsligare i glasfiber. Därför är det ett bättre alternativ att tillverka den i kolfiber och få en produkt som med säkerhet klarar de många kraven som ställs på den.

Enligt CES ska tillverkningstekniken *SMC molding* ha en produktionshastighet mellan 12-60 enheter per timme. Hur generella dessa värden är och exakt vilken produktionshastighet som gäller för den nya kåpan är därför svårt att säga. Vid jämförelse med tillverkningstekniken som används till dagens kåpa, *resin transfer molding*, framgår det dock att *SMC molding* har en betydligt högre produktionshastighet då *resin transfer molding* har en produktionshastighet mellan 0,2-0,5 enheter per timme enligt CES. Slutsatsen kan därför dras att även om den verkliga produktionshastigheten av den nya kåpan med *SMC molding* inte stämmer överens med spannet som gavs av CES bör *SMC molding* fortfarande vara betydligt snabbare än *resin transfer molding*.

Vidare kan valet av material och tillverkningsteknik bidra till att uppdragsgivaren eventuellt måste hitta en ny tillverkare. Detta extra steg kan leda till att produktionen fördröjs eftersom en ny kontakt och avtal måste etableras. Att detta skulle skapa problem är dock inte troligt eftersom det finns ett flertal rutiner kring detta.

Den nya formen på OXE Diesel har en nivå av unikhet utan att tappa sitt sammanhang med den tidigare utformningen. Den har utvecklats med fler ytor och behåller samma kantighet med OXE Diesels signifikanta kuttrygg. Det är en version av formgivningen som behåller värderingarna som Cimco Marine vill att den skall utstråla, utan att gå för långt och få den att se ut som en fantasiprodukt eller leksak. Därför anses detta som den bästa lösningen. Att kåpans geometri inte blivit mer radikal i sin utformning har att göra med att den i många fall anpassades efter materialets och tillverkningsteknikens möjligheter. Det fanns en medvetenhet om detta under arbetet.

Samma sak gäller för de nya delningslinjerna för kåpan. I och med den valda tillverkningstekniken är det den som begränsar och definierar delningslinjerna, eftersom ingen del kan innehålla underskärningar eller komplicerade geometrier. Utformningen anpassades därför efter det kravet. Det ledde det till en utformning som resulterade i färre antal delar, vilket är billigare vid tillverkning och smidigare vid hantering och montering. Kravet kunde ha begränsat till en sämre produkt men resulterade i en bättre, på grund av att designen anpassades efter just tillverkningstekniken.

Toppkåpan har en ny typ av lucka jämfört med tidigare modeller. Den har många fördelar i avseende på ergonomi och säkerhet, samt att slitaget på toppkåpan minskar vilket tidigare var ett problem. För att öppna luckan används hydrauliska pressar. Det är en välbeprövad lösning eftersom den bland annat används i bakluckor på bilar. Därför ska det inte vara någon svårighet med att överföra funktionen till kåpan men det går inte säkert att veta hur kontakten med saltvatten påverkar de hydrauliska pressarna. Därtill, möjligheten finns att vid stark vind och storm kan vinden trycka på den öppnade och uppställda toppkåpan och vrida den vilket kan skada pressarna. Funktionen kräver också tillit eftersom det enbart är de hydrauliska pressarna som håller upp kåpan när användaren kontrollerar motorns väsentliga delar. Däremot har lösningen fortfarande väldigt hög potential för att klara utsatta situationer, eftersom lösningen är beprövad inom andra användningsområden, som till exempel takboxar till bilar. Eftersom det tidigt avgränsades att delar i motorn inte skulle flyttas begränsade detta utformningen och storleken på luckan. Ifall denna avgränsningen inte hade gjorts skulle väsentliga motordelar kunna flyttas fram så att endast en mindre lucka skulle krävas. Detta skulle ge flera fördelar i avseenden på passning mellan luckan och kåpan när den öppnas och stängs. Det är även möjligt att en billigare lösning än hydrauliska pressar skulle kunna användas eftersom chansen är stor att det inte blir några problem att lyfta luckan för egen kraft.

Infästningspunkterna är en förbättring då mängden vatten på insidan av kåpan blir mindre och mer av drevet visas vilket bidrar till ett robust och unikt utseende vilket är ett tydligt krav från uppdragsgivaren. Med denna lösningen blir däremot inte kåpan helt tätad. Det har inte varit ett krav, eftersom om kåpan skulle läcka in vatten någon annanstans skulle det inte kunna komma ut längst ner vid drevet utan fått vattenytan inne i kåpan att stiga och i värsta fall dränka den. De flyttade infästningspunkterna skapar ett unikt utseende och bidrar till fler fördelar än tidigare.

Lufthålen är helt i det konceptuella stadiet. Rent teoretiskt så borde de fungera, men det är komplicerat att veta exakt hur väl luftströmningen och vattenlåset fungerar i praktiken. Storleken och placeringen på lufthålen är innovativa. Eventuellt kan placeringen leda till att ljudnivån kommer öka i båten. Fördelen är att det kommer blåsa in luft eftersom de är riktade i körriktningen. Kanalerna som tillåter vatten att strömma igenom är heller inte bestämt exakta mått på. De behöver vara en viss storlek för att förhindra att vattnet strömmar in i lufthålen och

när motorn. Risken finns då att de inte får plats under kåpan, eftersom de skulle vara i vägen för motorn.

En utmaning med att dela upp produkten i funktioner och områden är att de sedan skall anpassas för att tillsammans gå ihop och skapa en helhet. I och med att varje område skapade en lösningsrymd med olika koncept var det lättare att se och komma fram till kombinationer som tillsammans uppfyllde syfte och kravlista på bästa sätt. Till exempel att den kortade riggkåpan bidrog till formspråket av kåpan och hjälpte den att uttrycka de önskade värderingar som uppdragsgivaren vill att den skall förmedla. Däremot påverkades utformningen genom att begränsas av tillverkningstekniken men som sedan visade sig vara något positivt.

Kostnadsanalysen som genomfördes beskriver en signifikant reduktion av kostnad för den framtagna kåpan. Det finns dock en rad olika aspekter att ta hänsyn till som påverkat uppskattningen för den främst den befintliga kåpan. Exempelvis är kostnaden för spackling och lackering en grov uppskattning. Bytet av leverantör försvårade beräkningarna eftersom det inte gick att veta i hur stor omfattning efterbearbetning skedde längre. Det antogs då ta samma tid som tidigare, med förändringen att det skedde på annan plats. Det är möjligt att detta inte speglar verkligheten, men kostnaden antogs förbli oförändrad. Oavsett är uppskattningen som görs av kostnaden högst relevant eftersom det kan jämföras med framtagna kåpans kostnad, då kostnaden var aktuell vid projektstart.

Synthesizer i CES kan effektivt användas för att beräkna kostnader för varje kåpdel. Det som uppfattades vara kritiskt med databasen var motsägande kostnader för exempelvis material och tillverkningsmetoder. Det initiala skedet av materialundersökningen skedde i CES nivå två av tre, vilket betyder att specificiteten av material var måttligt. När sedan Synthesizer ska användas, måste det göras i nivå tre. Det kritiska i detta är att materialkostnaderna ändras extremt mycket mellan nivåerna. Likvärdigt är det för tillverkningsteknikerna, där batchstorlek ändras mellan nivåerna. Konsekvenserna av det blev att material som tidigare prioriterats bort eventuellt skulle få rimlig kostnad enligt Synthesizer ändå. Även osäkerheten i vad kostnaden egentligen är, då det genererar en så pass ej överensstämmande bild beroende på nivå, skapar instabilitet i analysen av kåpans kostnad. Trots detta så anses ändå det djupare, mer specifika, nivå tre ge en rimligare bild över kostnad vilket medför att kostnadsuppskattningen är adekvat då det är vad som har använts.

Den kåpa som tilldelades har använts för att ta reda på massorna för respektive del av kåpan. Problemet i det är att det är en äldre modell som ej är aktuell idag, vilket förändrar massorna. Detta leder naturligtvis till att de uppskattade kostnaderna avviker från den faktiska kåpans, men anses ändå relevant, då skillnaden inte bör vara avgörande.

Kostnaden för framtagna kåpan reduceras enligt kostnadsanalysen, huvudsakligen på grund av att efterbearbetningen helt elimineras. Även om kostnaden skulle höjas, motiveras ändå kåpan genom att den blir mer hållbar gällande slitage och därmed mer kostnadseffektiv i längden.

Från detta läge i arbetet skulle flera tester av produkten behöva göras. Eftersom produkten vistas i så extrema miljöer har det inte varit möjligt att, under arbetet, testa produkten. Dessutom skulle en verklighetstrogen prototyp krävas för att testerna skulle ge användbara resultat. Testerna skulle också behöva ske under lång tid då kåpan endast uppskattats kunna hålla i tio år under

normal användning. Även den verkliga interaktionen skulle behöva testas. Att väga in sådant som kontext och vikt för kåpan är viktigt för att kunna göra en riktigt bra utvärdering.

17.2 Material som prioritet

Materialet sattes först när arbetet med de sammanslagna koncepten skulle påbörjas. Det går att diskutera vad som hade hänt i ett fall där utformningen bestämdes först. Resultatet hade kunnat se annorlunda ut eftersom färre kompromisser med uttryck hade behövts göras. Det kunde ha lett till större frihet i arbetet med utformningen och i och med det hade slutresultatet kunnat uppvisa en högre nivå av unikheter. Det är dock inte troligt att det skulle vara nödvändigt, baserat på uppdragsgivarens önskemål om att ha en kåpa som ligger i linje med resterande produkter. Dessutom även om uppdragsbeskrivningen tryckte mycket på att ha en unik kåpa låg alltid styrka och slagtlighet i fokus. Det innebär att projektet lika gärna skulle kunna ha utgått från utformningen men att materialet i så fall skulle kunna bli begränsat. Detta är förmodligen ingen bra idé att kompromissa, med tanke på de höga krav och begränsningar som materialet har.

17.3 Samhälleliga & etiska aspekter

Huvudsakligt fokus inom de etiska och samhälleliga aspekterna har legat på att den nydesignade kåpan består av styvare samt lättare material. Det nya mer högpresterande materialet kan förlänga kåpans livslängd genom att klara materialkraven bättre och kunna användas längre. Den förlängda livstiden av kåpan bidrar till att färre reservdelar produceras vilket sparar på tillgångar och energi.

Även om kåpan anses vara bra ur flera hållbarhetsaspekter finns dock risken att arbetare kommer i kontakt med giftiga bindemedel eller varm smälta under arbetet. Därför måste arbetare uppmärksammas om detta till exempel genom skyltning och skyddsutrustning måste tillhandahållas all personal som befinner sig i riskzonen.

Inom projektet har även fokus legat på att ansvarsfullt behandla intervjupersoner, andra externa parter samt uppdragsgivarens tid och engagemang. Under brukarstudien erbjöds intervjupersonen alltid en intervju via telefon då intressanta användare sällan befann sig i närområdet, samt meddelades de i god tid ungefär hur lång tid intervjun skulle ta. I början på varje intervju informerades också intervjupersonen om hur materialet från intervjun skulle användas och i vilket syfte. Allt erhållet material behandlas också ansvarsfullt i avseende på uppdragsgivaren.

17.4 Validitet & reliabilitet

Angående validiteten och reliabiliteten för arbetet finns ett antal aspekter att resonera kring. De mest väsentliga delarna som påverkat resultatet tros vara bristen på observationer av användning samt intervjuer med verkliga användare.

Uppdragsgivarna kunde inte tillhandahålla kontakter till användare av OXE Diesel och hade inte möjlighet att demonstrera användning av kåpan. Detta har att göra med den geografiska placeringen av användare som befinner sig utomlands. Av den anledningen kan information ha missats då de intervjuade kan ha svårt att förklara hur hanteringen sker. Att se någon bruka

motorn, innan samt under körning, hade troligen skapat en större förståelse för brukaren och dess kontext vilket hade varit värdefullt i arbetet. Som komplement till detta frågades de intervjuade om hur användning sker samt så validerades hur användningen faktiskt sker med flera kunniga på Cimco Marine.

Eftersom inga verkliga användare kunde tilldelas fick intervjuer hållas med personer som endast använde konkurrenters motorer. Detta kan ha fått konsekvenser då en generell problembild för motorkåpan erhöles, och inte specifikt för OXE Diesels kåpa. OXE Diesel är unik jämfört med andra utombordare då den drivs av diesel och har motorkomponenter placerad på andra ställen. Så bristen på verkliga användare kan ha påverkat en del. Omfattningen är emellertid svår att veta. Dock har ett flertal olika typer av användare intervjuats som har erfarenhet av flera olika utombordare i de högre effektnivåerna vilket bör ha gett en tillräcklig, om inte mer heltäckande, datainsamling för ett relevant resultat, än om endast OXE Diesel-användare hade intervjuats.

Något som också kan ha påverkat validiteten och reliabiliteten av arbetet är att intervjuerna gjordes av olika personer. Det kan ha påverkat resultatet eftersom intervjuerna skedde semistrukturerat och inte strukturerat. Personerna som intervjuade har olika nivå av erfarenhet att intervjua och därmed kan exempelvis probing ha skett på olika nivå vilket kan ha lett till åtskilda resultat. Detta bedöms dock som oansenligt i slutändan då flera återkopplingar skett med kunniga samt att samtliga författare tagit del av allt intervjumaterial. Olika intervjupersoner och mindre specificerade frågor kan också leda till ett bredare och bättre underlag. Eftersom det också söktes efter kvalitativ information kan olika intervjupersoner lyckats samla in varierande kvalitativ information

De flesta intervjuerna fördes via telefon, då det ansågs smidigare rent tidsmässigt och geografiskt. Endast en intervju hölls genom ett personligt möte. Det är stor skillnad mellan dessa typer av intervjuer. Det kan uppfattas mer seriöst om mötet sker i verkligheten. Över telefon kan koncentrationen minska hos den intervjuade och frågorna kan lättare missuppfattas. Möjligheten att använda medierande objekt för att ge intervjupersonen ett minnesstöd fanns därför inte heller, i de flesta fall, vilket kan ha bidragit till att svaren inte blivit lika utförliga. Tanken var även att en del av intervjun skulle bestå i att intervjupersonerna skulle bli visuellt introducerade till ett flertal konkurrerande produkter till OXE Diesel och däremellan jämföra dem på olika flera aspekter. Denna mätning kunde därmed endast tillämpas på en intervjuperson, vilket innebär brist på data i just den aspekten. Hade det genomförts fler intervjuer genom personligt möte skulle detta varit intressant att undersöka, då medierande verktyg som detta förstärker validiteten av datan.

En annan aspekt angående validiteten gäller intervjumallen. Planen var att intervjua två olika typer av användare. Primära användare likt de som kör motorn och sekundära användare som montörer skulle ha intervjuats, då en speciell intervjumall skrevs av den anledningen. Dock skedde aldrig en sådan intervju. Det närmaste var att ostrukturerat intervjua en arbetare på UFAB som monterade på vadding, slangar, borrade hål samt fäste logga på kåpdelarna. Även om det var mycket givande är det tyvärr inte synonymt med att montera kåpan. Det hade troligen varit mer givande att bli demonstrerad tillvägagångssättet för att få på kåpdelarna på motorn. Det hade givit en inblick i problembilden för monteringen som inte fick tas del av och hade exempelvis kunnat erbjuda djupare kunskap för DFMA samt infästningspunkternas verkan.

En mättnad nåddes tidigt efter ett antal intervjuer. De intervjuade sa ungefär samma saker och berörde samma ämnen trots att de var olika typer av brukare. Detta tyder på en hög reliabilitet i och med att intervjuerna täckte in väsentlig information. Därmed är det även troligt att stor förståelse av brukarna hade skapats redan från början. Det är också ett tecken på att den information som samlats in är korrekt. Dock kan det också uppfattas som kritiskt då det kan ha att göra med formen på intervjumallen. Om inte tillräckligt heltäckande intervjuer skedde kan detta innebära att all information inte har samlats in och att en felaktig bild har skapats av brukaren och kontexten.

Av det som har diskuterats i detta kapitel har det till störst del påverkat användaranpassning och funktion. Det bedöms inte ha påverkat tillverkningsteknik och material i lika stor utsträckning. Detta har bearbetats genom att skapa lösningar som inte är allt för specificerade, exempelvis som luckan som gör att många komponenter blir synliga och hanterbara istället för att endast vissa utvalda delar blir hanterbara. Trots kritiken kring validitet och reliabilitet görs bedömningen att ett realiserbart resultat har genererats. Detta eftersom flera olika parter på Cimco Marine har bekräftat de antaganden som gjorts angående produkten och dess användning.

17.5 Tillgång till material & kunskap

Arbetet påverkades då det dröjde till i mitten av projektet innan tillgång till CAD-fil på motorn, ABYC-mått, se Bilaga 13, och kontaktuppgifter till tillverkaren i Litauen tilldelades. Projektet fortgick med reservationen att om ny information kom var det möjligt att arbetet skulle behöva justeras, därigenom blev projektet flexibelt i sina gränser. Vilket många gånger är bra men skulle informationen blivit tillgänglig tidigare hade förmodligen arbetet kunnat utföras mer effektivt då fler beslut hade kunnat fattas tidigare i processen som är fördelaktigt då ju fler beslut som kan fattas tidigt, desto lättare blir det att ändra. Detta leder även in på nästa stycke.

Vid mitten av projekttiden bidrog två Cimco Marine-anställda till projektet med sina kunskaper och erfarenheter. Det som framkom under mötet var att det fanns en annorlunda problembild i verkligheten än vad som tidigare presenterats. Båda har varit anställda hos Cimco Marine sedan uppstarten av företaget, vilket medförde att de har koll på många av de designbeslut som tagits under åren och lett fram till dagens kåpa. Denna information spelade stor roll och blev nödvändig för projektets utveckling.

Mycket tid lades ner på att kartlägga problembilden för dagens kåpa. Under tiden som det pågick framkom det att vissa av problemen redan var lösta. Det betyder att tid lades ner på att undersöka problem som inte var relevanta. Tiden kunde ha lagts ner på mer väsentliga aktiviteter och eventuellt skulle kunna lett till ett bättre slutresultat, som till exempel att utföra hållfasthetsberäkning och -utvärdering för att bestämma om tjockleken behöver vara 3 mm eller om det räcker med 2 mm.

Ett problem som låg till grund för möjligheten av vissa beräkningar var avsaknaden av en *Bill of Materials* (BOM) över den befintliga kåpan. Då kåpan har en komplicerad geometri var det svårt att få en riktig bild av ingående komponenter utan den. Det medförde att det inte fanns någon strukturerad bild över hur stor massa, volym eller övriga mått som vardera del av kåpan hade. Det ledde till en uppskattning genom att använda en inaktuell modell av kåpan, som troligen väger mer än den befintliga kåpan. Detta var en väsentlig del för kostnadsanalysen som senare gjordes, vilken därmed kan ha fått avvikande resultat från den egentliga dagens kåpa, se Bilaga 14. Det

som även försvårade var att en jämförelse mellan befintlig och nydesignade kåpens kostnad ej kunnat göras, på grund av att de uppgifterna inte finns dokumenterade hos uppdragsgivaren utan hos tillverkaren som är en underleverantör.

Generellt tog det lång tid att få tillgång till material, vilket beror på flera faktorer. En lärdom som kan dras från detta är att allt material inte kommer komma serverat på silverfat. Som uppdragstagare är det ens egna uppgift att hitta de personer som krävs för att kunna utföra arbetet. Det är också bättre att ligga på uppdragsgivarna mycket och låta dem säga stopp snarare än att göra en egen bedömning om att en inte bör höra av sig mer. Även att vara kritisk till information som tilldelats eftersom olika personer har olika uppfattning vilket kan leda till missförstånd.

Uppdragsgivaren hade efterfrågat en person från programmet Industriell Ekonomi vilket det också funnits ett behov av. En del av arbetet har legat på att göra kostnadsanalyser och bedömningar. Dessa har utförts men på ett sätt kan anses för översiktligt bland annat då inte tillräcklig information fanns att tillgå från företaget. Även att denna typ av kompetens var begränsad bland uppdragstagarna. Med kunskap från det ekonomiska området hade antagligen en mer täckande och realistisk kostnadsuppskattning kunnat skapas. Trots bristen på denna kunskap har en väl genomförd kostnadsanalys gjorts som bedöms vara realistisk.

Vidare angående arbetsprocessen har det ändå funnits bra bredd av kompetens och intresse internt. För att validera och få råd kring olika process- och designbeslut har det även funnits ett flertal sakkunniga att konsultera kring de material, tillverkning och användaranpassning som varit de huvudsakliga delarna i arbetet. Det bedöms också som att erfarenhet och kunskap om brukarstudier samt behov och krav har lett till att en omfattande täckande bild av området har skapats.

17.6 Teori

Valet att arbeta i en iterativ designprocess har fungerat bra och givit många kreativa möjligheter. Genom detta har det bland annat varit möjligt att koppla olika designbeslut som gjorts under arbetet till kraven som framkom under bland annat brukarstudien. Därmed har valen fått en motivering vilket varit nödvändigt för att presentera ett realiserbart slutresultat. Den iterativa processen har också bidragit till att idéer har kunnat testas och diskuteras någorlunda utförligt då de har fått utvecklas mer än om en linjär process används. Svårigheten med en iterativ designprocess är att veta när nästa iteration behöver ske. Detta har bestämts efter diskussion men även på erfarenhet. Det är en tidskrävande process men det bedöms som det främsta arbetssättet för att få ett så bra slutresultat som möjligt.

I mitten av projektet delades gruppen upp i fokusgrupper med inriktning på olika områden och arbetet skedde parallellt. Det fungerade bra för just detta projekt då det skulle vara en re-design inom industridesign och att problemen angrips på ett ingenjörsmässigt sätt där delar tillsammans skapar en helhet. Det parallella arbetet ledde till högre effektivitet på viss nivå då kunskap erhöles från flera områden samtidigt. Dock ställde detta höga krav på kommunikationen mellan grupperna som i sin tur kan ha lett till en lägre effektivitet. Detta försökte undvikas genom att börja dagarna med en kort reflektion om var den specifika gruppen ligger i arbetet. Kommunikationen försöktes hållas öppen genom att rådfråga övriga medlemmar i gruppen när hinder uppkom.

Aspekterna material, tillverkningsteknik och användaranpassning har till stor del fått lika stort utrymme i utvecklingsarbetet. Detta var möjligt då lika många personer fanns inom varje fokusgrupp vilket innebär att varje område fick lika många representanter i diskussionerna. Hade det funnits ojämn fördelning mellan områdena skulle detta fått konsekvenser för avsikten med slutresultatet. Det skulle kunna ha lett till att viktiga aspekter från uppdragsgivarens sida så som en möjlig tillverkningsteknik skulle försummas eller inte blivit tillräckligt utforskade. Det anses att samtliga områden var lika viktiga för att nå slutresultatet.

17.7 Planering

Att planera rätt från början är oftast omöjligt. Det välkända citatet "*The plan is nothing. Planning is everything*" (Maylor, 2010), vilket innebär att en måste vara flexibel i planeringen och stämmer bra överens med detta projekts planering. Från början är det otroligt svårt att veta exakt vilka och när olika aktiviteter ska utföras inom projektet. Huvudsaken är att börja någonstans och därefter vinkla om planeringen och göra den mer utförlig under projektets gång. Samt inte vara rädd för att gå ifrån planen om det skulle vara så. Skulle ett liknande projekt genomföras i framtiden, kan detta projektet användas som referensmall, då det i efterhand är enklare att se vilka och när aktiviteter sker.

Likväl skulle planeringen kunnat blivit bättre, eftersom det var flera moment som fick senareläggas på grund av sent besök hos företaget. Det medförde att startsträckan för projektet blev längre och att det tog tid innan det tog fart. En lärdom som kan dras från detta är att nästa gång vara mer angripande i början av ett projekt för att snabbare få bollen att rulla.

18. Slutsatser

Redan tidigt i arbetet visade det sig att det fanns många problem och möjligheter med OXE Diesels befintliga kåpa. Några huvudsakliga problem var att materialet inte höll måttet i förhållande till kraven som ställs på den och tillverkningstekniken behövde anpassas för ökad produktionstakt och bli mer kostnadseffektiv. Den var inte heller anpassad efter den faktiska brukaren. Andra stora problem var lufthål, infästningar och produktsemiotik.

Den nya framtagna kåpan har löst dessa huvudsakliga problem. Materialet, kolfiber, klarar alla kraven. Tillsammans med tillverkningstekniken *SMC molding* kan produktionstakten ökas. Den valda tillverkningstekniken i kombination med utformningen möjliggör också att kåpan kan tillverkas i endast fem former vilket är en stor fördel jämfört med de tidigare tolv då montering, hantering och tillverkning blir mer effektiv. Kåpan är nu också mer användaranpassad med en större lucka som kan öppnas på ett ergonomiskt sätt och skapar enklare användning för brukaren. Utöver det har även mer fördelaktiga lösningar för både lufthål och infästningar skapats. Allt detta i kombination med att formspråket går fortsatt i linje och har en tillhörighet med de tidigare utformningarna av OXE Diesel.

Slutresultatet har inte beprövats då ingen verklighetstrogen prototyp har kunnat skapas. Därmed är det inte möjligt att veta säkert att kåpan kommer klara påfrestningarna. För att komma vidare i utvecklingsarbetet rekommenderas följande:

- Slutresultatet som presenteras måste testas i relevant kontext. Det är rekommenderat att en verklighetstrogen prototyp skapas med jämförbara funktioner och materialegenskaper.
- Om möjligt kan delar inne i motorn flyttas för att få en mindre, smidigare lucköppning. Detta behöver eventuellt inte vara lika kostsamt.
- Undvik lackering och spackling. Detta bör vara möjligt i och med lösningen som presenteras i slutresultat.
- Testa variationskänsligheten för att få en robustare konstruktion, exempelvis i programmet RD&T.
- Ergonomisk utvärdering med exempelvis Jack.

I och med detta anses att både syfte och mål är uppnått med arbetet. Slutresultatet är mycket lyckat med avseende på uppdragsbeskrivningen.

Källförteckning

Bligård, L-O. (2015) *Utvecklingsprocessen ur ett människa-maskinperspektiv*. (2. uppl.) utkast 8.9. Göteborg: Chalmers tekniska högskola. Institutionen för produkt- och produktionsutveckling.

Bligård, L-O. (2018) *Föreläsning, IMSX15- Kandidatarbete Teknisk Design*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola

Boating Magazine. (2016). *Building a Seven Marine Outboard*. Hämtad 11 maj 2018, från <https://www.boatingmag.com/building-seven-marine-outboard>

Boattest. (2016). *Boat Tested With Evinrude E-TEC G2 200 HP Outboard, Control System 2016*. Hämtad 11 maj 2018, från <http://www.boattest.com/oem/497/engines/34500138/0/>

Boothroyd Dewhurst, (2018). *DFMA - Product costing and simplification*. Hämtad 8 maj 2018, från <http://www.dfma.com/>

Cimco Marine, (2016). Hämtad 2 februari 2018, från <http://www.oxe-diesel.com/>

COX Marine. (2018). *CXO 300 - THE DIESEL ENGINE*. Hämtad 11 maj 2018 från <http://www.coxmarine.com/en/the-engine/>

Cse.chalmers.se. Hämtad 19 mars 2018, från <http://www.cse.chalmers.se/research/group/idc/ituniv/kurser/07/analys/Metodappendix.pdf>

Dagman, A., (2017), *Industridesign - Produktupplevelse och Design FMEA*. Hämtad 7 maj 2018, från <https://pingpong.chalmers.se/courseId/8881/courseDocsAndFiles.do?nodeTreeToggleFolder=4140908>

Educations Media Group, (2018), *CATIA V5 – Hitta & jämför kurser*. Hämtad 18 april 2018, från <https://www.utbildning.se/kurs/catia-v5>

Granta Design Limited, (2017), *CES Selector, MaterialUniverse, and Synthesizer Tool are trademarks of Granta Design Limited*, Hämtad 6 april 2018, från <http://www.grantadesign.com/download/pdf/CES-Selector-Overview.pdf>

Hulthén, E., (2017), *Steg 4 - Analysera alternativa lösningar*. Hämtad 8 maj 2018 från <https://pingpong.chalmers.se/courseId/7826/node.do?id=3638190&ts=1486457552358&u=635031206>

Manualslib. (2015). *Maintenance: Cowl Removal and Installation*. Hämtad 11 maj 2018, från <https://www.manualslib.com/manual/1230404/Mercury-200-Verado-Fourstroke.html?page=81#manual>

Materiability, (2017), *About*. Hämtad 10 april 2018, från <http://materiability.com/about/>

McDermott, D., (2006), *How To Use The Pugh Matrix*. Hämtad 18 april 2018, från <http://www.decision-making-confidence.com/pugh-matrix.html>

Maylor, H. (2010). *Project management* (4. uppl.). Upper saddle river: Prentice Hall

Mercury Racing. (2015). *DSI-REPORTING FOR DUTY!*. Hämtad 11 maj 2018, från <http://www.mercuryracing.com/optimax-diesel-reporting-for-duty/>

Mindtools. (2018) *Brainstorming: Generating Many Radical, Creative Ideas*. Hämtad 19 mars 2018, från <https://www.mindtools.com/brainstm.html>

Molded Fiber Glass Companies, (2018). *Resin Transfer Molding (RTM) Process*. Hämtad 15 april 2018, från <http://www.moldedfiberglass.com/processes/processes/closed-molding-processes/resin-transfer-molding>

Nilson Wikberg, Å., Ericson, Å. och Törnlin, P. (2015). *Design: Process och metod*. Lund: Studentlitteratur.

Resource Engineering, (2014). *10 Steps to Conduct a DFMEA*. Hämtad 8 maj 2018 från, <https://qualitytrainingportal.com/resources/fmea-resource-center/10-steps-conduct-dfmea/>

Rexfelt, O., (2016) *Föreläsning, MMT015- Produktutveckling- Behov och krav*, Göteborg: Chalmers tekniska högskola

Strömberg, H., (2018) *Föreläsning, IMSX15- Kandidatarbete Teknisk Design*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola

Suzuki Marine. (2018). *DF350A*. Hämtad 11 maj 2018, från <http://www.suzukimarin.se/products/v6prestanda/df350a/>

Söderberg, Ö., (2015) *Föreläsning, MPP083 Ingenjörsmetodik*, Göteborg: Chalmers tekniska högskola

Wallgren, P., (2016) *Föreläsning, MMT015- Produktutveckling- Behov och krav*, Göteborg: Chalmers tekniska högskola

Wikström, L., (2016) *Föreläsning, MPP071- Produktsemiotik*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola

Yamaha Marine Store. (2018). *Yamaha F300 BETX/U*. Hämtad 11 maj 2018 från <https://www.marinestore.se/motor/yamaha-f300-betx-u>

Bilagor

- Bilaga 1 - Mått och beskrivningar för den befintliga kåpan
- Bilaga 2 - Intervjumall: användare
- Bilaga 3 - Intervjumall: tillverkare & montör
- Bilaga 4 - Information om intervjupersoner
- Bilaga 5 - Kravlista
- Bilaga 6 - Materiallistning
- Bilaga 7 - Gallring av tillverkningstekniker
- Bilaga 8 - Beskrivning av lufthålskoncept
- Bilaga 9 - PUGH-matris för lufthål
- Bilaga 10 - Kesselring för lufthål
- Bilaga 11 – PUGH-matris samt Kesselring för de tre koncepten: Alfa, Beta, Gamma
- Bilaga 12 - DFMEA
- Bilaga 13 - ABYC- mått
- Bilaga 14 - Kostnadsanalys

Bilaga 1

Noggranna mått och beskrivningar för den befintliga kåpan

- Mått - CAD-ritning
 - Högsta höjd: 1237,7 mm
 - Bredaste bredd: 677,8 mm
 - Längsta längd: 996,1 mm
 - Bredd högst upp, längst bak: 522,7 mm
 - Höjd remkåpan: 761,4 mm
 - Elektroniken förs ut på framsidan, till vänster i färdriktning.
 - På höger sida, i färdriktningen, sitter trim/tilt. B: 26 mm H: 35 mm
 - Bredd undertill (längst in, mot riggkåpan) för infästning för kranskåpan: 385,2 mm
- Övrigt
 - Toppkåpan sitter ihop med de andra delarna med 2x2 spännen fram respektive bak.
 - Vardera kranskåpa har 6 infästningspunkter
 - Remkåpan har 6 stycken infästningspunkter på kranskåpan respektive riggkåpan
 - Riggkåpan har 8 stycken infästningspunkter varav 4 stycken på kranskåpan och 2 stycken på drevet.

Bilaga 2

Intervjumall för användare

Intro

Namn:

Ålder:

Bransch:

Arbetslivserfarenhet:

Vilka typer av utombordare har du erfarenhet av (storlek, märke, kraft)?

Hur mycket erfarenhet?

Vad använder du för utombordare i dagsläget?

Specifikt om utombordare

Berätta om hur du använder en utombordare från att du stiger ombord till att du går av båten?

Hanterar du motorn på något sätt efter användning? (Montera av? Tvätta av?)

Finns det något tillfälle när du som användare tar av kåpan?

När?

Hur?

Hur ser av- och påtagning av motorn ut?

Separeras kåpan från motorn

Spännen skruvar?

Hur görs detta (manuellt/maskinellt)?

Sker det på land eller i vattnet?

Var befinner sig båten/motorn mellan de olika användningstillfällena?

Hur ser hantering ut när den inte är i vattnet?

Var befinner sig motorn? / Hur förvaras den?

Skyddas den (motorn) mot slitage när den inte används?

Hur?

Problem

Vilka problem finns vid hantering av motorn/kåpan? (Följdfrågor på detta.)

Du är ute på sjön och märker att någonting är fel på motorn. Hur hanterar du det/Vad gör du?
(Försök ställa följdfrågor om kåpan specifikt)

Vad hade underlättat hanteringen av motorn?

Har du tänkt på någonting som borde förändras med motorn/kåpan?

Service

Hur ofta är motorn på service?

Hur hanteras kåpan vid service?

Design

Vilka egenskaper tycker du att en utombordare ska utstråla? (Lägga till dessa efter de fyra fasta)

(Visa 5 bilder på befintliga utombordare)

Vilken ser mest kraftfull ut? Varför?

Vilken ser mest hållfast ut? Varför?

Vilken av dessa föredrar du? Varför?

Vilken av dessa är dyrast? Varför?

Vilken av dessa är mest...? (sätt in intervjupersonens egna ord)

Varför?

Förklara - Nu kommer jag be dig uppskatta från 1-6 där 6 är mycket viktigt och 1 är oviktigt.

Hur viktigt är det för dig med en snygg design. (Skatta 1-6 där 6 är mycket viktigt)

Hur viktigt är det för dig med en kraftfull design. (Skatta 1-6 där 6 är mycket viktigt)

Hur viktigt är det för dig med en hållfast design. (Skatta 1-6 där 6 är mycket viktigt)

Hur viktigt är det för dig med en robust design. (Skatta 1-6 där 6 är mycket viktigt)

Ekonomi - Förutsatt att du skulle vara ansvarig för inköp

Om du skulle köpa en ny motor, vilka faktorer skulle vara viktigast för dig (gällande motorn)?

Vad är du villig att betala för en motor?

Baserat på vad?

Vad förväntar du dig av en dyrare motor?

Vilken är den bästa motorn du använt?

Varför var den bra?

Material

Vilka material är du van vid att motorkåpor har?

Vet du några materialegenskaper du anser viktiga?

Hållfasthet

När vid användning utsätts motorkåpan för mest belastning? Varför?

Har du varit med om att motorkåpan gått sönder?

Hur och varför?

Till vad bör kåpan ge skydd mot tycker du?

Bilaga 3

Intervjumall tillverkare, montör & mekaniker

Bakgrund

Namn:

Ålder:

Hur länge har du arbetat med Cimco Marines motorer?

Vad är din roll inom företaget?

Hur kommer det sig att du började arbeta på Cimco Marine?

Har du tidigare arbetat med andra motorer?

Vilka?

Inom- eller utombordare?

Vad har du för tidigare arbetslivserfarenhet som är relevant för ditt nuvarande arbete?

Montering - *Vi vill förstå hur monteringen går till. På så sätt kan vi kanske lära oss mer om den totala hanteringen av både motorn och kåpan.*

Kan du berätta i stora drag vad dina arbetsuppgifter är?

Hur ser montering/tillverkning ut på din station?

Hur ser förberedelserna för montering ut?

Hur tycker du att tillverkning/montering fungerar i dagsläget?

Hur upplevs dina arbetsuppgifter?

Finns det några kritiska moment (svårigheter) vid tillverkning/montering?

(I processen?)

Hur fungerar det med att komma åt på utsatta ställen?

Vilket moment tar är mest tidskrävande?

Vad hade gjort det kritiska momentet enklare/undvikbara?

Vad tycker du är fungerande och inte bör förändras?

Vilken förändring tror du skulle behöva ske för att snabba på tillverkning/montering?

Skulle förändring av kåpan bidra?

Hur ser du på att gå från 1.000 per år till 6.000 per år i produktion?

Service

Hur ofta behöver motorn vara på service?

Hur går det till vid service?

Vad är lätt/svårt?

Hur hanterar ni kåpan under service?

Finns det "lyftpunkter" på kåpan?

Finns det något kritiskt moment vid service av motorn?

Finns det något som ofta går sönder i motorn? Varför går det ofta sönder?

Finns det något som ofta går sönder i kåpan? Varför går det ofta sönder?

Hur länge ska en motor hålla? / Hur lång är livslängden i dagsläget?

Problem - Användare

Vilka problem tror du man som användare har vid hantering av motorn/kåpan? (Följdfrågor på detta.)

Vad gör man om problem med motorn uppstår på vatten?

Har du tänkt på någonting som borde förändras med motorn/kåpan?

Hur skulle motorn och kåpan vara utformad i den bästa av världar, enligt dig?

Övrigt

Varför hade du valt att köpa en motor från Cimco Marine?

Varför hade du valt att köpa en motor av annan leverantör?

Finns det något du tycker vi har missat eller som du vill dela med dig av?

Bilaga 4

Detaljerad information om intervjupersoner.

Organisation/Bransch/Befattning	Benämning	Typ av intervju	Erfarenhet
BÅTMÄSSAN			
Utställare på båtmässan (Suzuki)	IP1	Ostrukturerad	Hantering av motorn och kåpan
Utställare på båtmässan (Cox)	IP2	Ostrukturerad	Hantering av motorn och kåpan
Utställare på båtmässan (Mercury)	IP3	Ostrukturerad	Hantering av motorn och kåpan
Utställare på båtmässan (Yamaha)	IP3	Ostrukturerad	Hantering av motorn och kåpan
Utställare på båtmässan (Selva)	IP4	Ostrukturerad	Hantering av motorn och kåpan
SSRS			
Sjöräddningen	IP5	Semistrukturerad	Använt större motor och hanterat kåpan
Sjöräddningen	IP6	Semistrukturerad	Använt större motor och hanterat kåpan
Kustbevakningen			
Kustbevakningen	IP7	Semistrukturerad	Använt större motor och hanterat kåpan
Övriga			
Ribbåt, charter	IP8	Semistrukturerad	Använt större motor och hanterat kåpan
Ribbåt	IP9	Semistrukturerad	Använt större motor och hanterat kåpan
Ribbåt, event	IP10	Semistrukturerad	Använt större motor och hanterat kåpan
Cimco Marine			
CEO	IP11	Ostrukturerad	Erfarenhet av produkten
CCO	IP12	Ostrukturerad	Erfarenhet av produkten
CPM	IP13	Ostrukturerad	Erfarenhet av produkten

CTO	IP14	Ostrukturerad	Erfarenhet av produkten
Montör	IP15	Ostrukturerad	Erfarenhet av montering och kåpans ingående delar
Eftermarknad	IP16	Ostrukturerad	Erfarenhet av service och eftermarknad
Teknisk koordinator	IP17	Ostrukturerad	Erfarenhet om kåpans historik och utformning
Chalmers			
Professor i konstruktionsmaterial	IP18	Ostrukturerad	Kunnig inom material
Professor i konstruktionsmaterial	IP19	Ostrukturerad	Kunnig inom material

Bilaga 5

Kravlista

1. Generella krav

1.1. Sötvatten

- 1.1.1. Kåpan ska släppa in maximalt så mycket vatten att det inte påverkar motorn.
 - 1.1.1.1. Vid ett vattenspraytest ska max 2 liter vatten ansamlas i kåpan
- 1.1.2. Kåpan ska hindra vatten att komma upp underifrån
- 1.1.3. Kåpan ska förhindra att motorn skadas vid insköljning från våg bakifrån
- 1.1.4. Ska förhindra att motorn skadas översköljning
 - 1.1.4.1. Hastiga stora vattenmängder i ett flertal riktningar
- 1.1.5. De olika delarna i kåpan ska sluta tätt mot vatten
 - 1.1.5.1. De delningslinjer som inte med avsikt ska släppa in luft, ska sluta tätt mot vatten
- 1.1.6. Kåpan ska klara vattentemperatur på 35°C
- 1.1.7. Motorn ska kunna dräneras på 2,6 l/minut
- 1.1.8. Regnvatten ska rinna ut och aldrig nå motorsystemet
 - 1.1.8.1. Ska tåla regn, riktning från de övre 180° (horisontellt utgångsläge)

1.2. Saltvatten

- 1.2.1. Motorkåpan ska hindra skadlig mängd uppbyggnad av talk på insidan av kåpan
- 1.2.2. Motorkåpan får inte skadas av saltvatten
 - 1.2.2.1. Vid körning
 - 1.2.2.2. När båten ligger förtöjd och motorn är upptiltad ur vattnet
 - 1.2.2.3. Kåpan ska klara saltspray i 50 h utan korrosion på ingående plåtdetaljer
- 1.2.3. Motorkåpan får inte skadas av intorkat salt
 - 1.2.3.1. Mellan användningstillfällen, hänsyn tas inte till förvaring under lågsäsong
 - 1.2.3.2.

1.3. Luft

- 1.3.1. Gör det möjligt för motorn att förses med konstant luftgenomdrag
- 1.3.2. Kåpan ska klara att föras vid storm
- 1.3.3.

1.4. Sol och värme

- 1.4.1. Materialen ska tåla hög påfrestning av sol upp till 100°C
- 1.4.2. Kåpan ska klara ett UV-test utan minskad styrka eller synliga skador
- 1.4.3. Efter utsättning för 94°C under en timmes tid ska inga deformationer synas och hållfasthet ska vara detsamma både sett till både möjligt lim och kåpa
- 1.4.4. Kåpan ska klara värmeutveckling från turbon

1.5. Ljud

- 1.5.1. Kåpan ska minska bullerspridningen men ändå kunna släppa igenom eventuella missljud som kommer från motorn vid haveri

- 1.5.1.1. Tillräckligt låg ljudnivå för att konversation ska kunna föras
 - 1.5.1.1.1. Max antal decibel: 118
 - 1.5.2. Kåpan ska inte skapa egna obehagliga ljud som exempelvis vinande genom luftintag
- 2. **Ekonomiska krav**
 - 2.1. Tillverkningskostnad bör ej överskrida 10 000 kr (exkl. montering) vid tillverkning av 6000 stycken per år
- 3. **Prestanda**
 - 3.1. **Hållfasthetskrav**
 - 3.1.1. Tåla att en person som väger 90 kg med storlek 45 på skorna står på kåpan (i temperaturer mellan -18°C till 88°C)
 - 3.1.2. Ska kunna färdas med båt i 50 mph utan att kåpan öppnar sig eller att någon del lossnar
 - 3.1.3. Motorkåpan ska tåla att demonteras åtminstone var tvåhundra drifttimme av auktoriserad servicepersonal, det vill säga vid minst 10 tillfällen under en livstid
 - 3.1.4. Om en del behöver läggas ned på marken ska delen tåla den påfrestningen
 - 3.1.5. Motorkåpan ska inte skadas eller repas av att ligga på ett ojämnt underlag
 - 3.1.6. Motorkåpan ska tåla så stor påkänning att motorn inte skadas om den utsätts för belastning eller skador
 - 3.2. **Skydd**
 - 3.2.1. Kåpan ska skydda mot påfrestning: både kraft, momentan, plötsliga och långvariga.
- 4. **Materialkrav**
 - 4.1. Materialet ska vara stöttåligt
 - 4.2. Ska vara kemikalieresistent, ej ta upp olja och vätska
 - 4.3. Repors och skadors synlighet ska begränsas
 - 4.4. Får ej bidra till galvanisk korrosion, om det inte gäller offeranoder
 - 4.5. Får ej korrodera
 - 4.6. Får ej vara ledande
 - 4.7. Får ej påverkas av vatten och salt
 - 4.8. Får ej ta upp vatten och andra kemikalier
 - 4.9. Ska tåla stora mängder gassande solljus och värme
 - 4.10. Ej skadas av UV-strålning
 - 4.11. Den ska vara gjord i ett material som är eller går att färga i linje med OXE Diesel
 - 4.12. Kåpans material ska vara mjukare än drevets
 - 4.13. Kåpans material ska inte skadas av vibrationer
 - 4.14. Materialet ska vara flamsäkert
- 5. **Yttoleranskrav**
 - 5.1. Skarvarna är viktigt att de sluter tätt och har därmed högre toleranser
- 6. **Förband**

6.1. Infästning

- 6.1.1. Kåpan ska sitta fast vid 'log strike' i 45 mph
 - 6.1.1.1. Om den lossnar ska inte kåpan hamna i båten
- 6.1.2. Infästningarna ska tåla att motorkåpan demonteras åtminstone var tvåhundra drifttimme av auktoriserad servicepersonal, det vill säga vid minst 10 tillfällen under en livstid

6.2. Kåplås

- 6.2.1. Kåplåsen ska klara hastigt ryck och långvarig påfrestning
- 6.2.2. Om kåplås används ska dessa vara intuitiva och lätthanterliga.
 - 6.2.2.1. Affordance
- 6.2.3. Om kåplås används ska dessa vara lättåtkomliga
 - 6.2.3.1. Ej vara placerade fram och bak
- 6.2.4. Om kåplås används ska dessa klara frekvent öppning och stängning
- 6.2.5. Om kåplås används bör det finnas fler än ett manöverdon

6.3. Lim

- 6.3.1. Minimal användning av lim
- 6.3.2. Om lim ska användas ska det klara vatten
- 6.3.3. Om lim ska användas ska det tåla värme
- 6.3.4. Om lim ska användas ska det hålla vid avtagning och påtagning samt demontering och montering av kåpan

7. Produktionsvolym

- 7.1. Det ska vara möjligt att producera 6000 stycken kåpor per år

8. Montering

- 8.1. Montering ska ske på max 120 minuter
- 8.2. Montering ska ske utan behov av inpassning och bearbetning

9. Lagerhållning

- 9.1. Kåpor ska finnas att tillgå om en skulle gå sönder
- 9.2. Om en specifik del på motorn går sönder bör denna kunna ersättas av endast ny reservdel
 - 9.2.1. Alla kåpor ska vara likadana och dess delar ska passa i varandra
- 9.3. Reservdel eller ny kåpa ska snabbt kunna skickas till distributör och serviceställe

10. Funktionskrav

- 10.1. Kåpan ska gå att demontera/montera
- 10.2. Ska vara möjligt att justera "trim/tilt" utan att öppna upp kåpan
- 10.3. Kåpan ska kunna monteras och demonteras när motorn sitter på båten
- 10.4. Kontrollera oljan ska vara möjligt utan att lyfta hela kåpan
- 10.5. Kontrollera sjövattnet ska vara möjligt utan att lyfta hela kåpan
- 10.6. Kontrollera vätskenivån i det interna kylsystemet ska vara möjligt utan att lyfta hela kåpan
- 10.7. Det ska vara möjligt att kontrollera bränslefilter utan att behöva demontera hela kåpan

- 10.8. Det ska vara möjligt att få en översiktlig bild av motorns skick utan att behöva demontera hela kåpan
- 10.9. Kunna vända på remmarna under service och installation
- 11. Användarkrav**
 - 11.1. Hantering av kåpan ska vara lättförståelig för ovana användare
 - 11.1.1. Ska ta max 1 min att kontrollera oljan
 - 11.1.2. Okulär besiktning av motorn ska kunna påbörjas inom 1 min
 - 11.2. Det ska vara möjligt att utföra enklare service från båten ute till havs, även vid dåliga väderförhållanden
 - 11.3. Kåpan ska erbjuda åtkomst av motorn när användaren är under press och stress
 - 11.4. En person ska kunna hantera och lyfta delar av kåpan på egen hand
 - 11.5. Kåpan ska erbjuda god usability
 - 11.6. Kåpan ska erbjuda god guessability
 - 11.7. Kåpan ska erbjuda god learnability
 - 11.8. Kåpan ska fungera på ett sätt som gör det möjligt för användare av tidigare motorkåpor att förstå sig på
 - 11.9. Oavsett båt ska kåpan vara smidig att hantera
- 12. Kundkrav**
 - 12.1. Kåpan ska passa en kund inom försvaret
 - 12.2. Kåpan ska vara anpassad efter yrkesanvändning exempelvis sjöpolisen, taxibåtar, U.S. Navy, eventbolag, fiskare, oljeriggar etc.
- 13. Estetikskrav**
 - 13.1. Kåpans utseende ska gå i linje med OXE Diesels tidigare utformningar
 - 13.2. Kåpan ska utstråla styrka
 - 13.3. Kåpan ska utstråla kraftfullhet
 - 13.4. Kåpan ska utstråla modernitet
 - 13.5. Kåpan ska uttrycka pålitlighet
 - 13.6. Kåpan ska vara attraktiv även när den är välanvänd
 - 13.6.1. Designen ska sträva efter longevity
 - 13.7. Det ska stå hur många hästar det är
 - 13.8. Den ska utstråla säkerhet
 - 13.9. Den ska se hel och ren ut
- 14. Storlek**
 - 14.1. Ingen kollision mellan kåpa och andra detaljer i motorutrymme
 - 14.2. Kåpans mått ska i största möjliga mån ej överskrida mått givna i ABYC för 250 hk-motor
- 15. Ergonomi**
 - 15.1. Kåpan ska kunna tas av från motorn utan att utsätta användaren för belastning
 - 15.2. Ska passa världens 90-percentil av vuxna gällande
 - 15.2.1. Armlängd
 - 15.2.2. Handstorlek
 - 15.2.3. Höger- och vänsterhänthet
 - 15.2.4. Kroppslängd

- 15.3. Om lyft är nödvändigt ska ett ergonomiskt lyft vara möjligt
- 15.4. Om avtagning av kåpan behöver göras ska detta vara möjligt även om utrymmet är begränsat på sidorna
- 16. Miljö**
 - 16.1. Kåpan ska förhindra att olja droppar ut i vattnet
 - 16.2. Kåpan ska släppa ut minimalt med kemikalier och avgaser
- 17. Livslängd**
 - 17.1. Kåpan ska hålla i 10 år när den används 200 timmar/år
 - 17.2. Kåpan ska hålla i 2000 timmars aktiv användning
 - 17.3. Ska klara 500 h livstidstest på båt, inga sprickor eller delar som lossnar på grund av vibrationer
- 18. Underhåll**
 - 18.1. Kåpan ska kunna demonteras helt från motorn
 - 18.2. Standardiserad hantering vid service ska ej riskera att skada kåpan
 - 18.3. Serviceverktyg ska vara standardiserade
- 19. Konkurrerande lösningar**
 - 19.1. OXE Diesel ska skilja sig i mängden från andra motorer på marknaden, utseendemässigt samt funktionsmässigt
- 20. Frakt**
 - 20.1. Paketering**
 - 20.1.1. Vid frakt ska kåpan ej riskera att deformeras
 - 20.1.2. Vid frakt ska kåpan ej repas

Bilaga 6

Materiallistning

Krav							
Service temperatur	-20 - 95						
Water fresh	Excellent						
Water salt	Excellent, acceptable						
Diesel oil	Excellent						
Marine atmosphere	Excellent						
Flammability	Slow burning +						
Tolerance up to 150 C	Excellent						
Hardness	max 150	Al har max 157HV.	material på kåpa n bör vara mjuk are än drev et, Al.				
Olämpligt material							
oklart							
försvinner med max 150 HV							
kolla vidare på							
Material	Price	Density	Elekt riskt leda nde	värme ledan de	UV	Recycle	Kommentar
Aluminia	156-235	3800-3980	good insul ator		excellent	yes	används främst till mindre maskindetaljer, som ex. tändstift, munstycken
Aluminia Nitride	889-1420	3260-3330	good insul ator		excellent	no	används inom elektronikkompone nter
Aluminum/Sili con carbide	53,3-71,1	2660-2900	good cond		excellent	yes	kretskort, små detaljer

composite			uctor				
Borosilicate glass							Glas, används till ugnaredskap, linser, speglar
Brass	36,8-43,1	7900-8550	good conductor	good conductor	excellent	yes	
Brick							Tegelsten, icke teknisk keram, används inom byggindustrin.
Bronze	51,2-59,8	8500-9300	good conductor	good conductor	excellent	yes	
Cement							Icke teknisk keram, används inom byggindustrin.
Ceramic foam	301-454	392-670	good insulator		excellent	no	hög temp. filter för vätska eller gas. katalysator-material. nätstruktur i 3D.
CFRP kolfiber	321-356	1500-1600	poor conductor	poor insulator	good	no	
Commercially pure Titanium	109-123	4500-4520	good conductor		excellent	yes	10x dyrare än Al.
Concrete							Betong, icke teknisk keram, används inom byggindustrin.
Copper	42,8-51	8930-8940	good conductor		excellent	yes	elektriska ledningar, estetiska grytor osv. tung och mjuk.
Epoxies	19,4-25	1110-1400	good insulator		fair	no	"giftigt". Inkapsling av elektriska komponenter. Beläggning
GFRP glasfiber	208-295	1750-1970	good insulator	poor insulator	fair	no	
Glass ceramic							Glas, används till köksredskap, lasrar och ljuskänsliga redskap
Gold							Guld, metall, används i små mängder för smycken och kretskort
Granite							Icke teknisk keram,

							används till fasad och golv bl.a.
Limestone							icke teknisk keram, används till fasad och golv bl.a.
Marble							Marmor, icke teknisk keram, används till takpannor och golv bl.a.
Nickel	72,9-81,4	8830-8950	good conductor		excellent	yes	mynt, batteri elektoder, offeranoder?
Nickel-based superalloys	133-147	7750-8650	poor conductor		excellent	yes	överkvalificerad? hög temp. styrka, korrosionmotstånd, oxideringsmotstånd.
Nickel-chromium alloys	119-131	8300-8500	good conductor		excellent	yes	heating element, food- and chemical equipment
Phenolics	14,1-16	1240-1320	good insulator	good insulator	good	no	
Polyetheretherketone (PEEK)	850	1300-1320	good insulator		good	yes	för småkomponenter i bl.a. motorer, rullager, kabelbeläggning. dyr. överkvalificerad
Polytetrafluoroethylene, Teflon							Polymer, används bara som beläggning
Sandstone							Sandsten, icke teknisk keram, används till fasad och golv bl.a.
Silica glass							Glas som används till linser, speglar
Silicon	78,2-130	2300-2350	semiconductor		excellent	no	mikrokretsar, precisionsinstrument likt IR linser.
Slate							Skiffer, icke teknisk keram, används till takpannor och golv bl.a.
Soda-lime glass							Glas som används till flaskor, behållare, linser och glödlampor
Stainless steel	48,1-52,3	7600-8100	good conductor	poor conductor	excellent	yes	130-570 HV.
Titanium	177-195	4400-	good		excellent	yes	

alloys		4800	cond uctor				
Zirconia							Används till applikationer med high strength vid höga temperaturer som knivar, termiska och elektriska insulatorer vid höga temperaturer
Klarar ej alla krav:							
ABS	20,6-24,3	1010-1210	good insul ator	good insula tor	poor	yes	tål ej UV, highly flammable
Low alloyed steel	5,91-7,03	7800-7900	good cond uctor	good condu ctor	excellent	yes	140-693 HV. limit use in salt water and marine environment
Age hardening wrought Al-alloys	16,3-17,1	2500-2900	good cond uctor	good condu ctor	excellent	yes	sämre i saltvatten

Bilaga 7

Gallring av tillverkningstekniker

Lämplig tillverkningsmetod?	Tillverkningsmetoder	Ekonomisk batchstorlek	Verktygs kostnad	Utrustnings kostnad	Arbetsintensitet	Tolerans [mm]	Godstjocklek krav	Produktions rate:	Ytfin het	Möjliga material	Kommentarer:
	BLOW MOLDING'	500-5e7	Medium	Medium	Låg	0,25-1	0,4-3mm	30-300/hrs	A		
Bortaållad	Extrusion blow molding:										
Bortaållad	Injection blow molding:										
Bortaållad	Injection stretch blow molding:										
Möjlig kandidat	Compression molding:	500-2e6	Hög	Hög	Låg	0,15-1	1,5-25	10-100/h	A	Thermosetting & thermoplastic	Termoplaster fungerar inte för topplåpan om man vill stå på den. Dock kan den möjligtvis vara lämplig om vill konstruera den i någon liten detalj som inte har samma hållf-krav etc.
Bortaållad	Expanded foam molding:	2e3-2e7	Låg	Medium	Låg	0,5-2	5-100mm	20-120/hrs	C		Multi-layer kan lägga flera lager så att den blir gas-tight/stark
Bortaållad	Glass blow molding										Kan lägga in förstärkning (ex. kompositer)
Bortaållad	Injection molding, thermic	1e4-1e6	Väldigt ht	Hög							Material som den kan tillverkas i är glas, vilket är bortsållat.
Kanske fungerar	Rotational molding	50-5e3	Låg	Låg	Hög	0,4-1		3-20/hrs	A		Väldigt dyr metod.
	Thermoforming										Har begränsningar på utformningen, (fungerar nog om vi har någonlunda symmetrisk geometri)
Bortaållad	Vacuumforming	10-1e3	Låg	Låg	Hög	0,5-1	0,25-6mm	6-30/hrs	A	Foam & Thermop	
Bortaållad	Drape forming	10-1e3	Låg	Låg	Hög	0,5-1	0,25-6mm	6-30/hrs	A	Foam & Thermop	
Bortaållad	Pressure forming	10-1e3	Låg	Låg	Hög	0,5-1	0,25-6mm	6-30/hrs	A	Foam & Thermop	Termoforming är en snabb, anpassningsbar &
Bortaållad	Plug-assisted	10-1e3	Låg	Låg	Hög	0,5-1	0,25-6mm	6-30/hrs	A	Foam & Thermop	Termoforming kostnadseffektiv metod. Verktyget är oftast i AL--> enkelt att fixa till
Möjlig kandidat	Thermoset molding										
Bortaållad	Injection molding, thermoset	1e4-1e6	Hög	Hög	Låg	0,07-1	0,4-6,3mm	60-1000/hrs	A	Polymer - thermoset	Väldigt dyr metod.
Kanske fungerar	Reaction injecting molding	100- 1e4	Medium	Hög	Medium	0,1-1	2-25mm	6-60/hr	A	Polymer - thermosets	
	Resin casting	1-500	Låg	Låg	Medium	0,8-2	6,25-600 mm	1-5/hr	A	Polymer - thermosets	

Metall deformation (sheet forming processes)									
Möjlig kandidat	Sheet forming	1e3-1e8	Medium	Låg	0,1-0,8mm	0,2-5mm	200-5 000/h	A	Metaller
Möjlig kandidat	Sheet stamping, drawing	1e3-1e8	Medium	Låg	0,2-5mm		200-5 000/h	A	Metaller
Metall, Formning									
Icke järnmetaller :									
Kanske fungerar	high pressure die casting	1e4-1e6	Hög	Låg	0,15-0,5mm	0,5-12mm	2-200/hr	A	Klarar inte av att göra sheet profiler.
Kanske fungerar	gritty die casting	1e3- 1e5	medium	medium	0,25-2mm	5-45mm	5-50/hr	B	Klarar inte av att göra sheet, eller 3D hollow
Möjlig kandidat	low pressure sand casting	1e3-1e6	medium	medium	0,15-3mm	4-100mm	5-50/hr	C	
Möjlig kandidat	low pressure die casting	2e3-1e5	medium	medium	0,4-0,8mm	4-10mm	3-15/hr	B	Klara inte av att göra sheet-profiler
Järn och icke järnmetaller:									
Botsålad	selective laser sintering	1-10	låg	hög	0,2-0,8mm	0,8-100mm		C	Låg ekonomisk batch storlek, hög kostnad.
Botsålad	Ultrasonic consolidation	1-100	-	-	-	-		-	Ekonomisk atchstorlek 1-100
Botsålad	Selective laser melting	1-10	-	-	-	-		-	Ekonomisk batchstorlek 1-10.....
Botsålad	Electron beam melting, 3-1-10	-	-	-	-	-		-	Ekonomisk batchstorlek 1-10.....
Botsålad	Laser powder forming, 3-D 1-10	-	-	-	-	-		-	Ekonomisk batch storlek 1-10!!!
Botsålad	3-D printing, binder printing 1-100	-	-	-	-	-		-	Vet för lite om den batchstorleken är 1-100 så den är troligen väldigt experimentell
Botsålad	3-d keramisk-form prototyp 1- 10	-	-	-	0,1-0,5mm	0,8-100mm		-	batchstorleken är 1-10!!!!
Kanske fungerar	Pressing and sintering, poi	5e3-1e6	medium	låg	0,025-1m	1,5-8		B	Mass range får troligen bara vara mellan 0,01- 5 kg vilken kan vara för lite, klarar inte av att göra sheet former.
Botsålad	Hot isostatic powder press	1-1e4	låg	mycket hög	0,5-1mm	5-500		B	osäker på hur de går till och der Höga kostnader samtidigt som den har låg ekonomisk batchstorlek
Möjlig kandidat	sand casting	1-1e5	låg	låg	0,8-3mm	3-999mm	1-20/hr	C	Använder sig av ngångsformer i sand kan ta lång tid att tillverka, dock är det snabbt och relativt billigt att ändra designen men varje kåpa kan bli lite olik den andra då det är engångsformer.
Kanske fungerar	Ceramic shell evaporative	50-1e4	låg	medium	0,25-0,5m	3-75mm	2-20/hr	B	Klarar alla former utom sheet kanske lite låg batch storlek
Kanske fungerar	Investment casting	1-1e4	låg	medium	0,05-0,2m	1-75mm		A	Batchstorleken ... 1- 10 000 troligen för lite med de kraven vi har
Kanske fungerar	Sheetforming, valising me	25e3-250e3	hög	hög	0,1-0,8mm	0,2-5mm	0,015-1m/s	A	6000 /år kan dock vara positivt då de kan ändra designen efter 2 år
Möjlig kandidat	Sheet stamping, drawing	1e3-1e8	medium	låg	0,1-0,8mm	0,2-5mm		A	Skulle kunna användas om vi ska ha olika mönster, sektioner som sedan sammanfogas Klara ej av 3D geometrier! Fungerar ensamt för riggkåpan

Bilaga 8

Beskrivning av lufthålskoncept

A	Gälar	Rör med hål
B	Gälar	Krökt rör med hål
C	Gälar	Vattenlås
D	Gälar	Luftburk
E	Gälar	Luftkanal
F	Grillar	Rör med hål
G	Grillar	Krökt rör med hål
H	Bilintag	Rör med hål
I	Bilintag	Krökt rör med hål
J	Bilintag	Luftburk
K	Hål	Rör med hål
L	Hål	Krökt rör med hål
M	Hål	Vattenlås
N	Hål	Luftburk
O	Hål	Luftkanal
P	Delnings- linjer	Vattenlås

Bilaga 9

PUGH-matris lufthål

Chalmers	Pughmatris (Relativ beslutsmatris):																	
Utfärdare:																		Sid 1
Kriterier	Skapad: 040515 Modificerad: 040830																	
	Alternativ																	
	Ref (M)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
Mängd luft (mycket är bra)		-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	Ref	0	0	+	
Platskrävande (lite är bra)		0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	Ref	0	0	+	
Förmåga att avvisa vatten (vatten ska inte komma in)		+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	Ref	+	+	-	
Komplexitet vid tillverkning (låg är bra)		-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0	0	Ref	0	0	0	
														Ref				
														Ref				
														Ref				
														Ref				
Antal +		1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	2	
Antal 0		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	0	3	3	1	
Antal -		2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	1	
Nettovärde		-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	1	1	1	
Rangordning																		
Vidareutveckling																		
Beslut																		

Kesselring för lufthål

Modificerad: 040830

Bilaga 11

Diverse utvärderingar av delkoncept

Tabell 1: PUGH-matris med dagens lösning som referens

Kriterium	Referens Dagens lösning	Alpha	Beta	Gamma
Kostnad för 6000/år i 5 år	0	+	-	0
Lufttillförsel	0	+	+	+
Smidigt att kolla olja	0	+	+	+
Tillverkning (komplexitet)	0	0	-	+
Smidigt att lyfta på toppkåpan	0	0	+	+
Vattentät	0	0	+	0
Livslängd	0	0	-	+
Slagtålighet	0	0	+	-
Klarar last (stå på den)	0	-	-	+
Nettovärde	0	2	1	5

Tabell 2: PUGH-matris med Gamma som referens

Kriterium	Referens Gamma	Alpha	Beta
Kostnad för 6000/år i 5 år	0	+	-
Lufttillförsel	0	+	+
Smidigt att kolla olja	0	+	+
Tillverkning (komplexitet)	0	-	-
Smidigt att lyfta på toppkåpan	0	-	+
Vattentät	0	+	+
Livslängd	0	-	-
Slagtålighet	0	+	+
Klarar last (stå på den)	0	-	-
Nettovärde	0	1	1

Tabell 3: Viktning inför Kesselring

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	Vikt
A. Kostnad för 6000/år i 5 år (Tillverkning)	-	0	0	1	0,5	0	0	0	0	0,5	0	0	1
B. Lufttillförsel	1	-	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	5
C. Smidigt att kolla olja	1	0	-	1	1	1	0	1	0	0	1	0	3
D. Materialkostnad	0	0	0	-	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0	0	1
E. Tillverkning (komplexitet)	0,5	0	0	0,5	-	0	0	1	0	0	0	0	1
F. Smidigt att lyfta på toppkåpan	1	0	0	0,5	1	-	0	1	0	0	0	0	2
G. Vattentäta lufthål	1	0,5	1	1	1	1	-	1	1	1	1	0,5	5
H. Livslängd	1	0	0	1	0	0	0	-	0	1	0	0	2
I. Slagtlighet	1	0	0	0,5	1	1	0	1	-	1	0	0	3
J. Klarar last	0,5	0	0	0,5	1	1	0	0	0	-	0	0	2
K. Lättförståelig	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	-	0	4
L. Vattentät runt fläns/krans/remmar/drev	1	0	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	-	5

I tabell 3 blandas ej koncepten in, utan kalkylerar ut viktningen för varje kriterium utifrån uppskattningar av hur viktiga kriterierna är. "Vikt" i högra kolumnen är resultatet av halva summan av respektive rad avrundat.

Tabell 4: Kesselring

		Ideal		Alpha		Beta		Gamma	
Kriterier	Vikt	v	t	v	t	v	t	v	t
A. Kostnad för 6000/år i 5 år (Tillverkning)	1	5	5	4	4	2	2	3	3
B. Lufttillförsel	5	5	25	4	20	5	25	3	15
C. Smidigt att kolla olja	3	5	15	5	15	4	12	3	9
D. Materialkostnad	1	5	5	3	3	4	4	2	2
E. Tillverkning (komplexitet)	1	5	5	2	2	1	1	4	4
F. Smidigt att lyfta på toppkåpan	2	5	10	2	4	5	10	3	6
G. Vattentät lufthål	5	5	25	4	20	5	25	2	10
H. Livslängd	2	5	10	3	6	3	6	4	8
I. Slagtlighet	3	5	15	3	9	4	12	2	6
J. Klarar last	2	5	10	2	4	3	6	4	8
K. Lättförståelig	4	5	20	4	16	4	16	3	12
L. Vattentäthet runt fläns/krans/remmar/drev	5	5	25	3	15	4	20	2	10
Total			170	0	118	15	139	11	93

Under vardera koncepts "v"-kolumn sätts poäng beskrivs hur väl just det konceptet uppfyller det givna kriteriet. Konceptens "t"-kolumn är produkten av "v"-kolumnen multiplicerat med viktningen för det specifika kriteriet. På så sätt fås koncepten fler poäng om de uppfyller viktiga kriterier jämfört med mindre viktiga kriterier.

Bilaga 12

DFMEA

Nya kåpan									
1		2		3					4
Komponent		Felmöjlighet Tillverkning	Åldrande, användning och miljö	Felorsak	Fel sannolikhet	Fel effekt	Synlig	Risktal	Åtgärd
1. Toppkåpan	Form	Märken från tillverkning, formdefekt		Krympningar, skäggbildning	5	8	9	360	Toppkåpan är den mest kritiska delen, lägg stort fokus på utformningen av den.
		Skevhet i formen från tillverkningen		För varmt vid tillverkning	5	8	9	360	Toppkåpan är den mest kritiska delen, lägg stort fokus på utformningen av den.
	Färg/ textur/ glans		Slitage, repor	Felhantering	6	7	9	378	
2. Vänster kåpdel	Form	Märken från tillverkning, formdefekt		Krympningar, skäggbildning	4	6	7	168	
		Skevhet i formen från tillverkningen		För varmt vid tillverkning	5	7	7	245	
	Färg/ textur/ glans		Slitage, repor	Felhantering	4	6	7	168	
3. Höger kåpdel	Form	Märken från tillverkning, formdefekt		Krympningar, skäggbildning	4	6	7	168	
		Skevhet i formen från tillverkningen		För varmt vid tillverkning	5	7	7	245	
	Färg/ textur/ glans		Slitage, repor	Felhantering	4	6	7	168	
4. Luftavskiljare	Form	Märken från tillverkning, formdefekt		Krympningar, skäggbildning	2	5	6	60	

höger		Skevhet i formen från tillverkningen		För varmt vid tillverkning	3	3	2	18	
	Färg/textur/glans		Slitage, repor	Felhantering	2	2	2	8	
5. Luftavskiljare vänster	Form	Märken från tillverkning, formdefekt		Krympningar, skäggbildning	2	5	6	60	
		Skevhet i formen från tillverkningen		För varmt vid tillverkning	3	3	2	18	
			Slitage, repor	Felhantering	2	2	2	8	
Relation									
1-2 Toppkåpan- Vänster kåpdel	Form	Gap/Flush pga geometrisk variation		Toleranser, konstruktion	8	8	9	576	Sätt höga toleranser då toppkåpan är den mest kritiska delen
		Radius mismatch (hörn har olika rader)		Fel i konstruktionen	2	7	9	126	
	Färg/textur/glans		Åldras olika	Toppkåpan är mer utsatt för slitage.	6	5	7	210	
1-3 Toppkåpan- Höger kåpdel	Form	Gap/Flush pga geometrisk variation		Toleranser, konstruktion	8	8	9	576	Sätt höga toleranser då toppkåpan är den mest kritiska delen
		Radius mismatch (hörn har olika rader)		Fel i konstruktionen	2	7	9	126	

	Färg/ textur/ glans		Åldras olika	Toppkåpan är mer utsatt för slitage.	6	5	7	210	
2-3 Vänster kåpdel- Höger kåpdel	Form	Gap/Flush pga geometrisk variation		Toleranser, konstruktion	6	6	7	252	
	Färg/ textur/ glans							0	
1-4 Toppkåp a- Vattenav skiljare höger	Form	Dålig passform pga. geometrisk variation, formavvikelse		Toleranser, konstruktion	5	7	2	70	
	Färg/ textur/ glans							0	
1-5 Toppkåp a- Vattenav skiljare vänster	Form	Dålig passform pga. geometrisk variation, formavvikelse		Toleranser, konstruktion	5	7	2	70	
	Färg/ textur/ glans							0	

Bilaga 13

ABYC – American Boat and Yacht Council

7/02

S-12 OUTBOARD ENGINE, TRANSOM AND ENGINE WELL DIMENSIONS

Table of Contents

12.1 PURPOSE	1
12.2 SCOPE.....	1
12.3 GENERAL	1
12.4 DESIGN	1

S-12 7/02

S-12 OUTBOARD ENGINE, TRANSOM AND ENGINE WELL DIMENSIONS

Based on ABYC's assessment of the state of existing technology, and the problems associated with achieving the requirements of this standard, ABYC recommends compliance with this standard by August 1, 2003.

12.1 PURPOSE

This industry conformity standard is a guide for the design of the outboard engine and the boat engine well dimensions to provide adequate means for mounting and suitable clearances.

12.2 SCOPE

This industry conformity standard applies to all boats with outboard engines designed for transom mounting without transom brackets.

12.3 GENERAL

12.3.1 Transom and engine well dimensions shall comply with FIGURE 1, 2, 3, 4 and 5 and TABLE I .

12.3.2 Boats designed to accommodate either single or twin engines shall provide standard transom heights at all prescribed engine centerline locations. Consideration must be given to available freeboard at the stern when twin engines are to be installed (refer to TABLE I , Dimension D).

12.3.3 Fastening holes in mounting brackets shall avoid the horizontal and vertical bands shown in Figures 4 and 5.

12.3.4 Outboard engines shall provide means for holding the engine at or above the minimum ramp clearance angle of 15° when the engine is on a 14° transom (see FIGURE 1).

12.4 DESIGN

12.4.1 Clamping and bolting areas must be clear and flat on the forward and aft face of the transom, and shall have no obstructions through the transom (refer to FIGURE 1, 4 and 5 and TABLE I).

12.4.2 Engine well access holes for the routing of engine cables, wires, and hoses shall be located to prevent damage under all degrees of tilt and steering arc.

FIGURE 1

© 2002 American Boat & Yacht Council, Inc. 1

S-12 7/02

FIGURE 2

FIGURE 3

© 2002 American Boat & Yacht Council, Inc. 2

FIGURE 4

FIGURE 5

S-12 7/02

© 2002 American Boat & Yacht Council, Inc. 3

S-12 7/02

TABLE I - TRANSOM AND ENGINE WELL SPECIFICATIONS

PROPELLER DRIVEN OUTBOARD HORSEPOWER RANGES Transom and	
Engine Well Dimensions 0-8.0 HP	
0-6 kW	
8.1-15.0 HP	
15.1-30.0 HP	
30.1-75.0 HP	
75.1-140.0 HP	
	140.1-245.0 HP 6.1-11 kW
11.1-22 kW	
22.1-55.9 kW	
60-104 kW	
104.1-183 kW	
245.1 HP+ over 183.1 kW+over	
Clamp/Bolting Width A (Fig 4,5)	
	9-1/2 in. (241 mm)
	13 in. (330 mm)
	13 in. (330 mm)
	16 in. (406 mm)
	16 in. (406 mm)
	16 in. (406 mm)
16 in. (406 mm) Clamp/Bolting Height B (Fig 4,5)	
	7-1/4 in. (184 mm)
	7-1/4 in. (184 mm)
	10-1/2 in. (266 mm)
	15-1/2 in. (394 mm)
	15-1/2 in. (394 mm)
	16-1/2 in. (419 mm)
16-1/2 in. (419 mm) Transom Thickness C (Fig 1)	
1-1/4 in. min. 1-3/4 in. max. (32 mm min.) (44 mm max.)	
1-1/2 in. min. 2-1/4 in. max. (38 mm min.) (57 mm max.)	
1-1/2 in. min. 2-1/4 in. max. (38 mm min.) (57 mm max.)	
1-5/8 in. min. 2-3/4 in. max. (41 mm min.) (70 mm max.)	
1-3/4 in. min. 2-3/4 in. max. (44 mm min.) (70 mm max.)	

1-3/4 in. min. 2-3/4 in. max. (44 mm min.) (70 mm max.)

1-3/4 in. min. 2-3/4 in. max. (44 mm min.) (70 mm max.)

Transom Height D (Fig 1) (see Note 2)

15 ± 1/2 in. (381 ± 13 mm) 20 ± 1/2 in. (508 ± 13 mm) 25 ± 1/2 in. (635 ± 13 mm)

15 ± 1/2 in. (381 ± 13 mm) 20 ± 1/2 in. (508 ± 13 mm) 25 ± 1/2 in. (635 ± 13 mm)

20 ± 1/2 in. (508 ± 13 mm) 25 ± 1/2 in. (635 ± 13 mm) 30 ± 1/2 in. (762 ± 13 mm)

20 ± 1/2 in. (508 ± 13 mm) 25 ± 1/2 in. (635 ± 13 mm) 30 ± 1/2 in. (762 ± 13 mm) Transom Angle E (Fig 1) (see Note 8)

15 ± 1/2 in. (381 ± 13 mm) 20 ± 1/2 in. (508 ± 13 mm)

15 ± 1/2 in. (381 ± 13 mm) 20 ± 1/2 in. (508 ± 13 mm)

15 ± 1/2 in. (381 ± 13 mm) 20 ± 1/2 in. (508 ± 13 mm)

◦

± 2 14

◦

± 2 14

◦

± 2 14

◦

± 2 14

◦

± 2 14

◦

± 2 14

◦

± 2

Engine Well Depth F (Fig 1) (see Note 4)

14

6 in. min. (152 mm)

6 in. min. (152 mm)

6 in. min. (152 mm)

6 in. min. (152 mm)

6 in. min. (152 mm)

6 in. min. (152 mm)

7-1/2 in. min. (191 mm)

Engine Well Radius G (Fig 1)

3 in. max. (76 mm)

3 in. max. (76 mm)

3 in. max. (76 mm)

3 in. max. (76 mm)

3 in. max. (76 mm)

3 in. max. (76 mm)

3 in. max. (76 mm) Engine Well Floor Length H (Fig 1)

	12 in. min. (305 mm)	
	12 in. min. (305 mm)	
	12 in. min. (305 mm)	
	12 in. min. (305 mm)	
	12 in. min. (305 mm)	
	12 in. min. (305 mm)	
15 in. min. (381 mm) Engine Well Angle I (Fig 1)		
°		
max. 18		
°		
max. 18		
°		
max. 18		
°		
max. 18		
°		
max. 18		
°		
max. 18		
°		
max.		
Deck Radius J (Fig 2)		
18		
	15 in. max. (381 mm)	
	15 in. max. (381 mm)	
	15 in. max. (381 mm)	
	15 in. max. (381 mm)	
	20 in. max (508 mm)	
	20 in. max (508 mm)	
		20 in. max (508 mm) Cutout Length K (Fig 1)
	22 in. min. (559 mm)	
	22 in. min. (559 mm)	
	22 in. min. (559 mm)	
	30 in. min. (762 mm)	
	30 in. min. (762 mm)	
	30 in. min. (762 mm)	
		34 in. min. (864 mm) Cover Height L (Fig 1)
	20-1/2 in. min. (521 mm)	
	22-1/2 in. min. (572 mm)	
	29 in. min. (736 mm)	
	32-1/2 in. min. (826 mm)	

34-1/2 in. min. (876 mm)

37-1/2 in. min. (952 mm)

41 in. min. (1041 mm) Engine Well Width M (Fig 2) (Note 6)

33 in. single (838 mm) 55 in. twin (1397 mm)

33 in. single (838 mm) 55 in. twin (1397 mm)

33 in. single (838 mm) 55 in. twin (1397 mm)

33 in. single (838 mm) 55 in. twin (1397 mm)

33 in. single (838 mm) 59 in. twin (1498 mm)

33 in. single (838 mm) 59 in. twin (1498 mm)

39 in. single (991 mm) 71 in. twin (1803 mm) Engine Centerline Spacing N (Fig 2)

22 in. max. (559 mm)

22 in. max. (559 mm)

22 in. max. (559 mm)

22 in. max. (559 mm)

26 in. max. (660 mm)

26 in. max. (660 mm)

32 in. max. (813 mm)

Outboard Engine Tilt Angle O (Fig 1)

◦

min. 15

◦

min. 15

◦

min. 15

◦

min. 15

◦

min. 15

◦

min. 15

◦

min.

NOTE TO TABLE I: Some outboard engines currently available may not fit fully within the dimensions in this table. Check with the outboard engine manufacturer prior to making engineering decisions.

© 2002 American Boat & Yacht Council, Inc. 4

15

S-12 7/02

NOTES TO FIGURES 1, 2 AND 3 AND TABLE I:

1. Transoms thicker than 2 3/8 inches (60 mm) may require a maximum thickness of 2 3/8 inches (60 mm) for one-half inch (13 mm) below the top surface of the transom to accommodate steering components for some outboard models.

2. Some boats may have substantially higher transoms to achieve best performance.

3. Measure engine well depth (F) from top of transom at planned engine bracket location to engine well floor.

4. Engine well depth (F) is for the full tilt position of the engine. Non-conformance to the dimensions may prevent outboard engines from tilting to their design tilt limits (O).

5. Transom cap strip (Figure 3) should extend no more than one-sixteenth inch (2 mm) aft of the transom. If exceeded, the transom should be built up to bring the transom surface flush to the transom cap strip. 6. Engine well widths (M) given are minimums that do not include radii. Width dimensions for twin engines are based on maximum engine spacings (N). If the designed engine centerline spacing is greater than the maximum engine centerline spacing (N) then the engine well width (M) must be increased accordingly.

7. The transom top and mounting surface should be flat for a minimum of 33 inches (826 mm) measured about the centerline for single installations through 245 horsepower (0-183 kW), and 38.5 inches (978 mm) measured about the centerline for single engine installations 245.1 horsepower (183.1 kW) and over. Twin engine installations require the same length of flat surface for each engine as single installations, but measured about each engine centerline. This dimension can be reduced on tiller steered boats. Tiller steered boats should be designed so that there is no damaging interference between the transom (or other boat structure) and the engine with the boat's maximum rated horsepower.

8. Boats with transom angles outside this range may exhibit erratic handling characteristics. Boat builders should thoroughly test their boats and provide the boat owner with an owner/operator's manual that includes detailed instructions on the safe operation of the boat.

* * * * *

Origin and Development of ABYC S-12, Outboard Engine, Transom and Engine Well Dimensions

ABYC published the first edition of S-12 in the 1971 issue of the standards. Subsequent revisions were published in 1973, 1976, 1984 and 1996. The 2002 update is the work of the Technical Information Project Technical Committee.

* * * * *

ABYC technical board rules provide that all reports, including standards and technical information reports, are advisory only. Their use is entirely voluntary. They are believed to represent, as of the date of publication, the consensus of knowledgeable persons, currently active in the field of small craft, on performance objectives that contribute to small boat safety.

The American Boat & Yacht Council assumes no responsibility whatsoever for the use of, or failure to use, standards or technical information reports promulgated by it, their adaptation to any processes of a user, or any consequences flowing therefrom.

Prospective users of the standards and technical information reports are responsible for protecting themselves against liability for infringement of patents.

The American Boat & Yacht Council standards and technical information reports are guides to achieving a specific level of design or performance and are not intended to preclude attainment of desired results by other means.

© 2002 American Boat & Yacht Council, Inc. 5

Kostnadsanalys

122