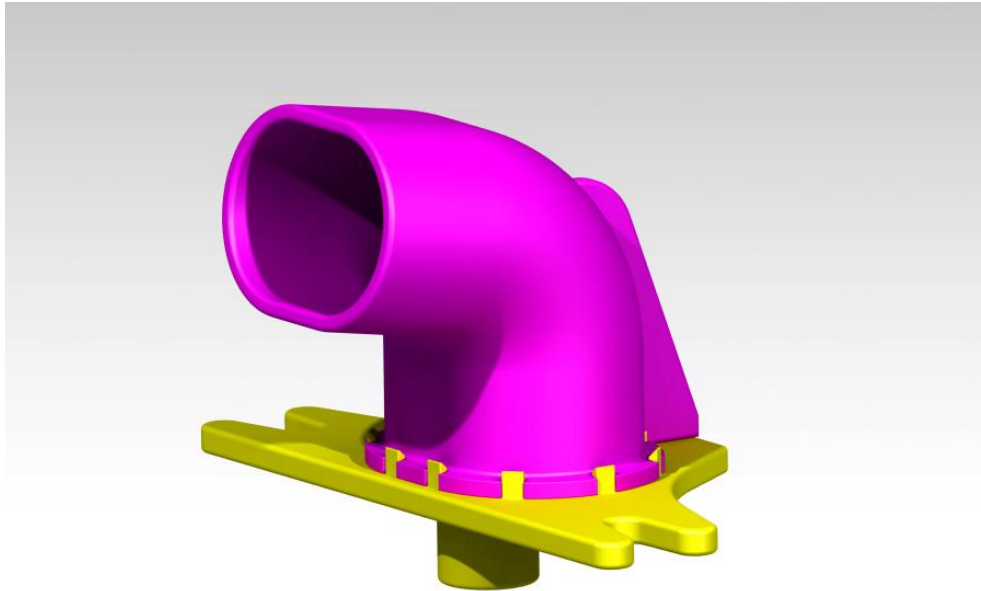




CHALMERS



Dräneringslösning till HVAC-modul för fordon

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik

CARL BERGER

EDVIN CARLSSON

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2020

www.chalmers.se

Dräneringslösning till HVAC-modul för fordon

CARL BERGER

EDVIN CARLSSON

Institutionen för industri- och materialvetenskap

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sweden 2020

Dräneringslösning till HVAC-modul för fordon

CARL BERGER, EDVIN CARLSSON

© CARL BERGER & EDVIN CARLSSON, 2020

Externa handledare: David Nemethy och Daniel Sletteberg-Loveryd, AFRY

Intern handledare: Lars Lindkvist

Institutionen för industri- och materialvetenskap

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Omslag: Omslagsbilden visar till resultatet av konceptet för fordonsvarianten HEV-låg, och återfinns beskrivet i detalj på sida 24.

Göteborg, 2020

FÖRORD

Detta arbete är ett examensarbete på högskoleingenjörprogrammet maskinteknik på Chalmers tekniska högskola. Arbetet har utförts på AFRY under vårterminen 2020.

Personer som vi vill rikta ett tack till är vår externa handledare David Nemethy, samt vår uppdragsgivare Daniel Sletteberg-Loveryd på AFRY. Vi vill även tacka vår handledare Lars Lindkvist docent vid produktutveckling/industri- och materialvetenskap på Chalmers tekniska högskola.

SAMMANFATTNING

Detta projekt har utförts för företaget AFRY, inom avdelningen Industrial & Digital Solutions, med målet att utveckla en fullständig dräneringslösning till en personbil. Dräneringslösningens syfte är att från bilens kyl och värmesystem HVAC leda kondensvatten ut genom ett hål i chassit. Denna dräneringslösning skall vara kompatibel med fyra olika fordonsvarianter, lösningen skall även anpassas så att den på ett enkelt och ekonomiskt sätt går att tillverka. Arbetet syftar därför även till att undersöka ifall det går att utveckla en generell dräneringslösning som passar samtliga fyra varianter, eller om fyra olika lösningar krävs.

I detta arbete togs fyra separata men liknande dräneringslösningar fram, en för vardera av varianterna. CAD-underlag för samtliga utvecklades, tillsammans med ett CAD-underlag för en packning vars syfte är att sluta tätt mellan dräneringslösningen och HVAC. För att på bästa och mest ekonomiska sätt kunna tillverka valdes att dela in dräneringslösningen i två separata delar och låta de två delarna tillverkas separat. För att delarna sedan skulle kunna sammanfogas diskuterades ett antal lösningar som tillslut mynnade ut i en typ av clips-lösning, vilket kunde motiveras av den ekonomiska vinning som lösningen innebar.

En viktig avgränsning har varit att utmattningsberäkningar och dimensioneringsberäkningar ej kommer ske i någon större omfattning. De resonemang och slutsatser som dragits vad gäller dräneringslösningens dimensionering och hållfastighet är alltså baserade på diskussioner med extern handledare, egen erfarenhet samt gängse konstruktionsmetodik.

ABSTRACT

This project has been done together with AFRY within the department of Industrial and Digital solutions, by the section of BAARD 3.

The main goal was to develop a drainage solution for an HVAC-module applied within automotive and this solution should be able to fit four different types of vehicles. The solution should lead the condensed water from the HVAC outlet through the chassis. A tube should then be mounted on bottom of the product to further on lead the water away from the car. This conn

The delivery of this solution also includes manufacturing aspects and cost analysis, in order to deliver a complete solution for the client. Analyzing both material, and manufacturing aspects were a large part of the process to finally achieve the most optimal solution. The Four different types of solutions which were achieved, responds to the properties of the four different types of vehicles.

The drainage solution is thought as being processed as two different parts, and then mounted together with a clip solution – yes it will be fully sealed. This was the most adequate solution which helps to make the manufacturing process simpler.

An important delimitation is to not consider strength computations and such, since the drainage solution will not be exposed to any strong lasting forces or fatigue.

Finally, all conclusions have been drawn based on our own experience and knowledge, together with insightful discussions, and input from several colleagues at AFRY. The report is written in Swedish.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

BETECKNINGAR	1
1 INLEDNING.....	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Precisering av frågeställningen	3
2 METODER OCH VERKTYG.....	3
2.1 Planering.....	3
2.1.1 Gantt-schema samt milstolpar	3
2.1.2 Projektplanering	4
2.2 Förstudie.....	4
2.2.1 Intervjuer	4
2.2.2 Litteraturstudier	4
2.2.3 Observationer	4
2.3 Analys av produkt	5
2.3.1 Funktionsanalys.....	5
2.3.2 Kravspecifikation	5
2.3.3 Miljö- och hållbarhetsanalys	5
2.4 Idégenerering - hitta lösningar	6
2.4.1 Brainstorming.....	6
2.4.2 Katalogmetoden.....	6
2.4.3 Morfologisk matris	6
2.5 Eliminering och utvärdering av koncept	7
2.5.1 Elimineringsmatris	7

2.5.2 Pughs metod	7
2.5.3 Kesselrings metod	7
3 GENOMFÖRANDE	9
3.1 Planering.....	10
3.2 Förstudie.....	10
3.3 Analys av produkt	10
3.3.1 Funktionsanalys.....	11
3.3.2 Kravspecifikation	11
3.4 Idégenerering.....	12
3.4.1 Ledning av kondensvatten.....	13
3.4.2 Stöd - uppta kraft.....	14
3.4.3 Medge tätning.....	15
3.4.4 Infästning i chassit.....	16
3.5 Eliminering och utvärdering av koncept	16
3.6 Analys och val av koncept	18
3.6.1 Analys och sammanställning.....	18
3.6.2 Val av koncept 3.....	20
3.6.3 CAD-modeller	21
3.7 Anpassning/optimering för tillverkning.....	22
3.8 Materialval	23
4 RESULTAT OCH ANALYS	26
4.1 Resultat.....	26
4.2 Analys av resultat	29
5 DISKUSSION OCH SLUTSATS.....	33
REFERENSLISTA	35

BILAGOR.....	1
Bilaga 1. Gantt-schema	2
Bilaga 2. kravspecifikation.....	3

BETECKNINGAR

CAD – computer aided design

HEV – hybrid electric vehicle

BEV – battery electric vehicle

HVAC – heat, ventilation, air conditioning

1 INLEDNING

Nedan presenteras den inledande delen av projektet.

1.1 Bakgrund

Konsultbolaget AFRY har tidigare fått i uppdrag att ta fram en dräneringslösning för HVAC-systemet av en specifik fordonstillverkare. Under tiden som HVAC-systemet körs bildas kondens. Kondensvattnet behöver ledas ut ur chassit för att inte åsamka fuktskador i fordonet. Det finns för närvarande två fordonsvarianter, kallade BEV och HEV, som dräneringslösningen är aktuell för och skall anpassas till. För respektive fordonsvarianter finns ytterligare en ”hög” och en ”låg” variant. Totalt sett innebär det en eller flera lösningar som passar dessa fyra särskilda typer av fordon. Det som skiljer variant ”hög” mot variant ”låg” för HEV och BEV respektive, är skillnaden i höjddled som HVAC-modulen monteras. Det vill säga att avståndet mellan HVAC-modulen och chassit varierar inom respektive fordonsvariant (HEV och BEV).

1.2 Syfte

Dräneringslösningens syfte är att möjliggöra en tät dockning mot HVAC-modulen som möjliggör ledning av kondensvattnet som bildas, ut genom chassit. Uppdraget syftar därmed till att ta fram en sådan lösning som passar alla de fyra fordonstyperna. Resultatet skall redogöra för ett erforderligt CAD-underlag där material, montering och tillverkningsaspekter tas i anspråk. D.v.s. ett förslag som teoretiskt sett skall kunna tas i produktion.

1.3 Avgränsningar

Dräneringslösningen avses endast att kunna integreras med de fyra fordonsvarianterna, och kommer att monteras i fabrik av montörer med relevant kunskapsbas.

Särskilda utmattningsberäkningar och dimensioneringsberäkningar kommer ej att utföras i någon större omfattning då det inte finns några utmattningsaspekter eller större krafter att ta hänsyn till. Det tillkommer heller inga extrema temperaturer/temperaturskillnader som behöver tas hänsyn till. Vad som heller inte avses att studera är vattenflödet från HVAC:en.

Givet att optimering kommer ske mot låg kostnad och låg vikt, det faktum att inga väsentliga hållfasthetsegenskaper krävs, samt att komponenten ej är säkerhetskritisk - förefaller ett material i plast att vara särskilt lämpligt som konstruktionsmaterial. Övriga materialval studeras ej närmre i detalj då det ej faller inom tidsramen.

Generella toleranser enligt ISO-standard kommer att appliceras.

Aspekter för särskilda lag- eller säkerhetskrav tas ej i anspråk då funktionen hos dräneringslösningen ej är säkerhetskritisk och området ligger utanför projektets ramverk.

1.4 Precisering av frågeställningen

Nedanstående punkter avser att precisera och förtydliga frågeställningen kring uppdraget.

- Undersöka möjligheten till att ta fram en entydig dräneringslösning som passar alla fordonstyper.
- Om inte, undersök möjligheten att göra en typad dräneringslösning som sedan kan med små ingrepp anpassas till samtliga modeller.
- Konstruera en sådan dräneringslösning som bidrar till enkel tillverkning och enkel montering.

2 METODER OCH VERKTYG

Genom att systematiskt använda konstruktionsmetoder och tillämpa relevanta verktyg, skapas en grund för att fatta goda beslut för produktutvecklingsprocessen. Detta är av särskild vikt för att säkerställa att väsentliga aspekter tas hänsyn till vid konstruktionen och utvecklingen av ett slutgiltigt koncept.

2.1 Planering

Ett grundligt utfört planeringsarbete ligger till grund för ett väl genomarbetat projekt. Det finns en rad olika metoder för att planera och organisera arbetsgången i ett projekt. För detta projekt används metoder som Gantt-schema och planeringsrapport i syfte att skapa struktur kring arbetet. Dessa metoder beskrivs vidare i detta avsnitt enligt Johannesson, Persson, Pettersson (2013, s. 655, 659).

2.1.1 Gantt-schema samt milstolpar

Ett Gantt-schema är ett enkelt planeringsverktyg som består av ett schema som skapas med aktivitet/milstolpar på y-axeln och tiden på x-axeln. Aktiviteten ritas ut som en horisontell linje, där längden på linjen avgör hur lång tid aktiviteten beräknas ta. Metoden är effektiv då den ger en tydlig överblick över samtliga aktiviteter i relation till när de skall genomföras. Milstolpar kan till exempel vara särskilda leveranser eller enskilda moment som behöver vara avslutade vid en viss tidpunkt. Aktiviteter och milstolpar kan med fördel integreras i Gantt-schemat för att snabbt inhämta en övergripande totalöversikt över arbetets kvarvarande moment.

2.1.2 Projektplanering

En planeringsrapport är ett bra sätt för att skapa en helhetsbild över projektet. Här undersöks vilka metoder som kan tänkas användas, vilka resurser som krävs, men också vilka avgränsningar som bör sättas upp. I projektplaneringen preciseras även frågeställningen. Projektplaneringen underlättar det kommande arbetet med definierade ramar och förhållningssätt och innefattar även klagörande av frågor av mer administrativ karaktär som när, var och hur arbetet skall genomföras.

2.2 Förstudie

Under en förstudie inhämtas information om vad som kan tänkas utgöra ett relevant underlag inför den kommande produktutvecklingsprocessen. Förstudien syftar till att allsidigt kunna belysa problemet för att på så vis ha goda förutsättningar för att hitta en optimal lösning. Inhämningen av information kan göras med flera olika metoder. De metoder som vidare behandlas inom ramen för projektet är intervjuer, litteraturstudier samt observationer.

2.2.1 Intervjuer

Det finns flera olika format att använda vid en intervju. Syftet med att genomföra intervjuer är att skapa en specifik förståelse för problemet. Väsentligen handlar denna metod om att hitta specifik kunskap om ett visst område som är av nytta och värde för projektet. Formaten för intervjuer sträcker sig från mer formella och strukturerade till mer informella och ostrukturerade. Vilket format som används beror på situationen och vilken typ av information som skall inhämtas.

2.2.2 Litteraturstudier

Att utföra litteraturstudier syftar främst till att tillgodogöra information som kan vara svår att inhämta på annat sätt. Detta kan göras både digitalt samt analogt. Bland annat kan kataloger, uppslagsverk, böcker och artiklar användas i detta syfte.

2.2.3 Observationer

För att få bättre förståelse kring dimensioner samt hur olika krafter verkar, finns det skäl för att studera hur kringliggande komponenter ser ut. En fysisk observation innebär att omkringliggande komponenter observeras för att få en uppfattning kring hur dimensioner och krafter förhåller sig.

Digitala observationer kan åstadkommas genom att undersöka befintliga CAD-modeller i rummet kring där komponenten är tänkt att verka. Det ger även perspektiv på hur dräneringslösningen bör konstrueras för att tillåta tillräckligt hög styrka mot lägsta vikt. Utöver att få en geometrisk uppfattning om rummet där dräneringslösningen skall verka kan även diverse krav inhämtas på detta sätt.

2.3 Analys av produkt

Genom att analysera produktens funktionalitet och effekt kan en förståelse nås för hur den verkar. Det är centralt vidare inför produktutvecklingsprocessen att ha en god förståelse för produktens prestanda och funktioner för att kunna skapa en så optimal produkt som möjligt.

2.3.1 Funktionsanalys

När en produkt ska utformas är det viktigt att ta i beaktning vilka dess funktioner är. Därmed är en väl definierad funktionsanalys viktigt för att i grunden förstå problemet och att kunna ta fram en kvalificerad kravspecifikation. Ofta finns en huvudfunktion vars syfte är att lösa det problem som finns. Därutöver kan huvudfunktionen inneha en eller flera delfunktioner, ibland även stödfunktioner. Totalt sett bör detta skapa en god bild över vad komponenten ska kunna åstadkomma. En funktionsanalys kan genomföras på flera sätt. Till exempel genom att helt enkelt lista funktioner i en tabell och markera vilka som är huvudfunktioner (HF), delfunktioner (DF) samt stödfunktioner (SF). Om nödvändigt är det också möjligt att lista icke-önskvärda funktioner i de fall sådana bifunktioner existerar och det förefaller relevant.

2.3.2 Kravspecifikation

Efter att det klagjorts vilken funktionalitet komponenten skall ha är det viktigt att översätta dessa till tekniska krav och önskemål. Dessa specifikationer sammanställs sedan i en kravspecifikation, där det tydligt framgår vad som är krav respektive önskemål. I kravspecifikationen framgår även vem som är kravställare, målvärde och hur det skall kunna verifieras. Önskemål rangordnas från 1–5, där ett lägre tal innebär lägre värde och vice versa.

2.3.3 Miljö- och hållbarhetsanalys

Utifrån ett hållbarhetsperspektiv är det intressant att studera hur och i vilken utsträckning/om komponenten kommer påverka miljön. Detta kommer att redogöras för i resultatdelen när en samlad bedömning kan göras.

2.4 Idégenerering - hitta lösningar

Efter att relevant information inhämtats påbörjas idégenereringsfasen, eller lösningsökandet. Generellt sett gäller för att generera lösningar att det förekommer både systematiska och kreativa metoder. Det väsentliga under detta skede är att arbeta både med att generera kvantitativa och kvalitativa lösningar, för att sedan sortera och värdera dessa.

2.4.1 Brainstorming

Brainstorming är en kreativ metod för att generera idéer. Metoden är kvantitativ, vilket innebär att det väsentliga är generera många idéer oberoende av kvalitet.

Det finns fyra grundregler vad gäller metoden enligt Johannesson et. al. (2013):

- *Kritik är inte tillåten.* Här tas ingen hänsyn till kvaliteten på idéerna som framkommer. Därmed skall varken positiv eller negativ kritik framföras då det kan hindra kreativiteten, eller framställandet av nya idéer.
- *Kvantitet eftersträvas.* Det är viktigt att poängtera att det är kvantiteten som är det väsentliga, därför att det ökar chanserna till att ha någon idé som kan tyckas vara bra.
- *Gå utanför det vanliga.* Vad som är okonventionellt kan potentiellt sett leda till kvalificerad en god idé med vissa modifikationer och bör därför ej förkastas, utan snarare välkomnas.
- *Kombinera idéer.* Helt nya problemlösningar kan uppstå genom att kombinera befintliga idéer med varandra.

2.4.2 Katalogmetoden

Katalogmetoden är en enkel rationell metod för att stödja kreativt tänkande. Genom att undersöka hur likartade/besläktade problem tidigare lösts kan nya tankar och idéer genereras. Metoden kan användas både på ett systematiskt sätt men även på ett ostrukturerat sätt (inspirationssökande). Det finns naturligtvis flera informationsskällor som är möjliga att använda, bland annat produktkataloger, patentskrifter och företagsintern information.

2.4.3 Morfologisk matris

Första sällningen/filtreringen av möjliga lösningar görs genom att först sortera bort ett antal alternativ som direkt förefaller orimliga. Resterande lösningsalternativ tas med vidare. De resterande lösningar som återstår är alla möjliga teoretiska lösningar som nu finns tillgängliga. I samråd med extern handledare kan det fattas beslut om de totallösningar som vidare ej bör tas i beaktning. Utfallet från kravspecifikationen kommer även den påverka vilka totallösningar som ej tas med för vidare utveckling.

2.5 Eliminering och utvärdering av koncept

För att kunna välja den mest lämpliga lösningen krävs utvärdering och bedömning. Från idégenereringsfasen skapas ofta ett stort antal lösningar, både dellösningar och totallösningar, som kombinerat och särskilt bör analyseras i syfte att förstå värdet som skapas jämfört med de krav och önskemål som finns specificerade. Vilken lösning som sedan vidareutvecklas bör baseras på de värde samt kvalitet som denna tillför. För att kunna utvärdera och bedöma de olika lösningar finns en rad olika metoder. De som metoder som behandlas vidare i detta kapitel är Elimineringsmatris, Pughs metod samt Kesselrings metod enligt (Johannesson et. al. 2013).

2.5.1 Elimineringsmatris

En elimineringsmatris används för att på ett systematiskt sätt eliminera lösningar. Metoden bygger på att det finns ett antal, ofta en stor mängd, lösningar, samt ett antal kriterier som lösningen ska uppfylla. Dessa kriterier kan till exempel vara om lösningen uppfyller alla krav, eller om lösningen är realiserbar. Till detta finns ett antal elimineringskriterier, och beroende på om lösningen uppfyller kriteriet tilldelas ett "Ja" (+), "Nej" (-), "Mer info krävs" (?) eller "Kontroll kravspecifikation" (!) (Johannesson et. al. 2013). När varje lösning tilldelats nämnda elimineringskriterier tas ett slutligt beslut om lösningen. Den tilldelas då "Fullfölj lösning" (+), "Eliminera lösning" (-), "Sök mer information" (?) eller "Kontroll kravspecifikation" (!).

2.5.2 Pughs metod

Efter elimineringsmatrisen, där totallösningalternativ som endast uppfyller matrisens kriterier gått vidare, kan nu Pughs relativa beslutsmatris användas. Syftet med Pughs relativa beslutsmatris är att kunna reducera antalet alternativ ytterligare. Metoden innebär att ett antal kriterium radas upp, tex önskemål A-C. Därefter placeras totallösningalternativen från elimineringsmatrisen in, varpå en av totallösningarna väljs som referenslösning. Egentligen kan varje enskild totallösning agera referenslösning men bör var en totallösning där god kännedom om själva lösningen finns. Varje lösning ställs nu mot referenslösningen och de bedöms om lösningen uppfyller de aktuella kriteriet bättre (+), sämre (-) eller lika bra (0) som referenslösningen. När alla lösningar och kriterier behandlats summeras resultatet och jämförs. På dessa grunder tas beslut om vilka lösningalternativ som skall gå vidare, samt vilka som skall elimineras.

2.5.3 Kesselrings metod

Kesselrings metod (Johannesson et. al. 2013) är en viktningmatris som används för att på ett systematiskt sätt ta fram den bästa av flera möjliga lösningar. Metoden bygger på att jämföra alla framtagna totallösningar med en teoretisk ideallösning. Önskemål läggs in och ges en

särskild vikt, ju högre vikt desto viktigare önskemål och vice versa. Hur bra varje lösning uppfyller varje önskemål skrivs ner i en kolumn som kallas "v". v-kolumnen multipliceras med vikten av önskemålet och en "t"-kolumn skapas. Värdena i t-kolumnen summeras sedan till ett totalt meritvärde T. För den teoretiska ideallösningen erhålls det högsta teoretiska meritvärdet T_{\max} . Nu beräknas ett normaliserat totalt meritvärde utifrån T_{\max} för varje lösning genom att ta T/T_{\max} varpå lösningarna rangordnas.

3 GENOMFÖRANDE

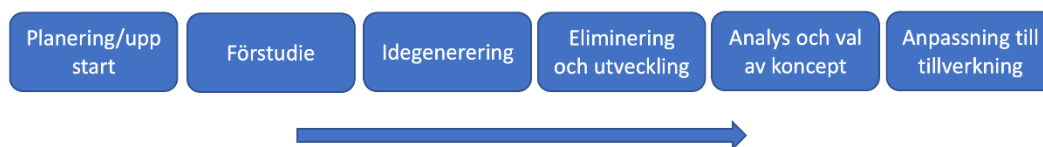
Projektet inleddes med projektplanering, vilket gjordes precis efter uppdraget presenterats på ARFY. Därefter följde en mer grundläggande planering samt en förstudie. Förstudien fortlöpte under en längre period och var inriktad på att ge kunskap om allt från tillverkning och miljöaspekter till konstruktionsmetodik.

När förstudien tagit form inleddes en analys av produkten. Denna analys innefattar funktionsanalys samt kravspecifikation. Dessa togs fram i syfte att analysera vilka funktioner, krav och önskemål som den slutgiltiga produkten skulle innefatta.

Idégenereringsfasen startades med en ytlig brainstorming följt av en mer systematisk sådan. Funktionerna delades upp i fyra delfunktioner som i en morfologisk matris genererade ett stort antal lösningar. Därefter skedde elimineringen där de olika dellösningarna jämfördes och ställdes emot varandra i en elimineringsmatris. Ur elimineringsmatrisen föll sex koncept bort, två av dessa slogs ihop och begränsade antalet slutgiltiga koncept till fyra stycken.

De fyra kvarstående koncepten byggdes i pappmodeller. Därefter följde diskussion och analys av samtliga. Tillsammans med extern handledare togs beslut om att gå vidare med koncept 3. Beslutet baserades till stor del på komponentens funktionella duglighet samt enkelhet att tillverka. En faktor som även vägde tungt var hur stor materialåtgång som skulle krävas, där låg materialåtgång värderades positivt. Ingen vidare eliminering genom ytterligare matriser (som Kesselrings matris och Pugh's matris) genomfördes. Detta på grund utav det redan nu fanns vissa utmaningar med dessa koncepten som i slutändan skulle gjort de till dyrare och mer komplicerade produkter. Därför sorterades de bort, kvar var då koncept 3. Koncept 3 konstruerades därefter i CAD, vilket inleddes med en lösning för variant, HEV-låg, följt av modeller för de tre resterande varianterna.

Anpassning och optimering för tillverkning inleddes med samtal med extern handledare D. Nemethy, och följdes upp av diskussion med tillverkare av plastdetaljer. Ur dessa samtal framkom tre möjliga åtgärder/sätt att tillverka. I samråd med extern handledare och övriga medarbetare togs beslut om att välja den tredje och sista tillverkningslösningen.



Figur 1. Illustration av genomförandet i kronologisk ordning.

3.1 Planering

En grundläggande planering inleddes, denna bestående av ett Gant-schema samt en projektbeskrivning. Projektbeskrivningen bestod av en presentation av uppdraget, vilka aspekter som skulle tas i hänsyn vid utförande av projektet, samt vilket resultat som kunde förväntas levereras. Projektbeskrivningen skickades in till handledare samt uppdragsgivare på AFRY för att stämma av att upplägget var rimligt. Gant-schemat bestod av viktiga hållpunkter, som till exempel idégenerering, CAD-modellering samt viktiga möten. Dessa sorterades utefter beräknad tidsåtgång och i kronologisk ordning.

3.2 Förstudie

Förstudien bestod till stor del av informationssökning på internet, i kombination med diskussion med extern handledare D. Nemethy på AFRY. Mycket vikt lades vid att sätta sig in i och förstå vad som skulle lösas. Här blev även befintliga modeller över CAD-miljön där HVAC-modulen placeras till stor nytta.

Förstudien inleddes med att undersöka och öka bekantskapen med befintliga CAD-filer och där försöka skapa en inblick i hur saker och ting hängde samman, samt inom vilka ramar och avgränsningar som arbetet skulle ske. Därefter fortlöpte arbetet med informationssökning digitalt på a2mac1.com (2020). A2MAC1 är förmedlare av information inom fordon, däribland digital katalog för fordonsdelar. Plattformen användes i detta fall för att undersöka konkurrenters lösningar på dränering av kondensvatten från HVAC-modulen. Vid undersökningen av konkurrenters lösningar kom det fram att det finns otaliga många sätt att lösa liknande problem på. Det var till viss del inspirerande men det gav ingen ledning till det aktuella problemet skulle lösas.

Det visade sig vara svårt att hitta internt material (hos fordonstillverkaren) gällande generella riktlinjer för konstruktion och design. Därmed utgick konstruktion från gängse konstruktionsmetodik samt diskussioner med medarbetare på arbetsplatsen.

3.3 Analys av produkt

Efter att ha klargjort vad produkten skall utföra genom förstudien, påbörjades en funktionsanalys, se tabell 1. Funktionsanalysen har omarbetats mer än en gång allt eftersom problemet blivit tydligare ju mer detaljerat det studerats.

Ur funktionsanalysen gjordes kravspecifikationen, som även den har modifierats flera gånger för att fånga rimliga och relevanta krav. Kravbilden var från början inte tydlig, och det var svårt att urskilja vilka krav som var relevanta och inte. Vissa enskilda krav är också svåra att verifiera.

3.3.1 Funktionsanalys

Innan kravspecifikationen sattes upp gjordes en funktionsanalys, denna gjordes i syfte att skapa en struktur som beskriver vad som skulle åstadkommas av produkten och dess ingående komponenter. Först tilldelades produkten en huvudfunktion, i detta fall “medge förflyttning av kondensvatten”. Därefter delades denna huvudfunktion in i tre olika delfunktioner, “uppta kraft (>50N) i x-led”, “medge tätning mellan HVAC och dräneringsobjektet” och slutligen “medge infästning i chassit”. Huvudfunktionen samt delfunktionerna placeras in i en enkel tabell där funktionen beskrivs i vänster kolumn, och typ av funktion beskrivs i höger kolumn. Denna tabell kan ses i tabell 1 nedan.

Tabell 1. Funktionsanalys

Funktion	Typ av funktion
Ledning av kondensvatten (dräneringsobjektet)	HF (huvudfunktion)
Stöd - Uppta kraft (>50N) i x-led* (HEVx2 och BEVx2)	DF (delfunktion)
Medge tätning mellan HVAC och dräneringsobjekt	DF
Infästning chassi	DF

3.3.2 Kravspecifikation

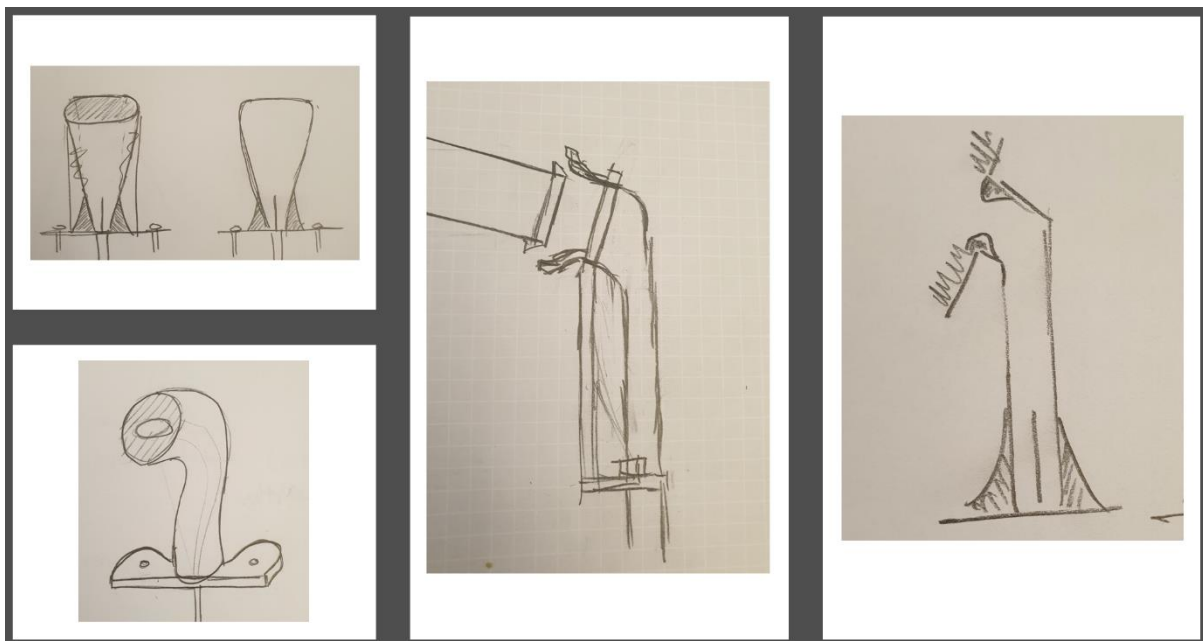
I projektets inledande fas sattes en kravspecifikation upp, denna kravspecifikation var till största del baserad på problemformuleringen. Till denna följde en mer specifik välarbetad kravspecifikation där funktionsanalysen samt diskussion med kravställare på AFRY låg till grund. Tekniska krav och önskemål sattes upp varpå önskemålen viktades från 1–5, där 1 representerar lägsta vikt och 5 högsta vikt. Krav och önskemål strukturerades upp i ett Excel-arbetsblad, ett utdrag ur kravspecifikationen visas nedan i tabell 2.

Tabell 2. Utdrag ur kravspecifikationen.

Chalmers	Dokumenttyp	Kravspecifikation				
	Projekt	Konsol samt dränering för HVAC				
Utfördare: Carl Berger, Edvin Carlsson		Skapad: 2020-02-14		(1-5)		
		Modifierad: 2020-04-18				
Kriterier	Målvärde	K/O	Vikt	Verifieringsmetod	Referens (kravställare)	
Funktioner						
	Möjliggöra dränering av vatten från HVAC	K		Test i CAD	AFRY	
	Möjliggöra dockning av HVAC mot dräneringskons: +5 mm tolerans i yz-led gentemot HVAC	K		Test i CAD	AFRY	
1 Prestanda						
1.1	Kunna motstå kraft i x-led Konsolen ska kunna motstå en kraft på minst 50N vid montering av HVAC	<50N	K	Eventuellet hållfasthetsberäkningar (eventuellt FEM)	AFRY	
2 Miljö						
2.1	Lågt värde på tillförd energi		Ö	5	CES / Leverantör	Projektgruppen
2.2	Möjligt att återvinna		Ö	4	Materialanalys	Projektgruppen
3 Underhåll						
3.1	Underhållsfri	17 år (genomsnittlig livslängd bil) - kolla på medianlivslängd istället om data finns	Ö	2	Materialanalys	Projektgruppen
4 Tillverkningskostnad						

3.4 Idégenerering

Idégenereringsfasen inleddes med en “ytlig” brainstorming där alla möjliga lösningsförslag diskuterades och skissades fram med penna och papper. Här användes även Catia V5 som ett verktyg där enkla skisser och digitala konstruktioner gjordes för att förklara olika koncept och lösningsförslag, samt öppna upp för fler kreativa idéer. Därefter följde katalogmetoden och befintliga CAD-filer över området studerades mer noggrant. Även webbplattformen A2Mac1 användes, här för att finna olika lösningar samt dellösningar som skulle kunna användas eller kombineras och på så sätt skapa en ny lösning. I figur 2 visas skisser över hela dräneringslösningen som framkom ur den ytliga brainstormingen.



Figur 2. Tidiga övergripande skisser över dräneringslösningen.

Utifrån funktionsanalysens delfunktioner, d.v.s. ledning av kondensvatten, stöd, tätning samt infästning i chassi användes nu en mer systematisk brainstorming, där det skissades fram ett antal lösningar. På detta sätt framkom en bred lösningsmängd till vardera av delfunktionerna på ett kreativt sätt. Nedan presenteras och beskrivs de dellösningar till delfunktionerna som framkom ur idégenereringen.

3.4.1 Ledning av kondensvatten

För att effektivt och tätt kunna leda bort kondensvattnet som bildats i HVAC-modulen genererades flera olika typer av lösningar där vattnet kan ledas. De som återstod sedan var rör/kanal och slang. I figur 3 visas bilder av skisser över koncept som löser ovan beskriven delfunktion.



Figur 3. Skisser över olika lösningar för ledning av kondensvatten.

Rör eller kanal:

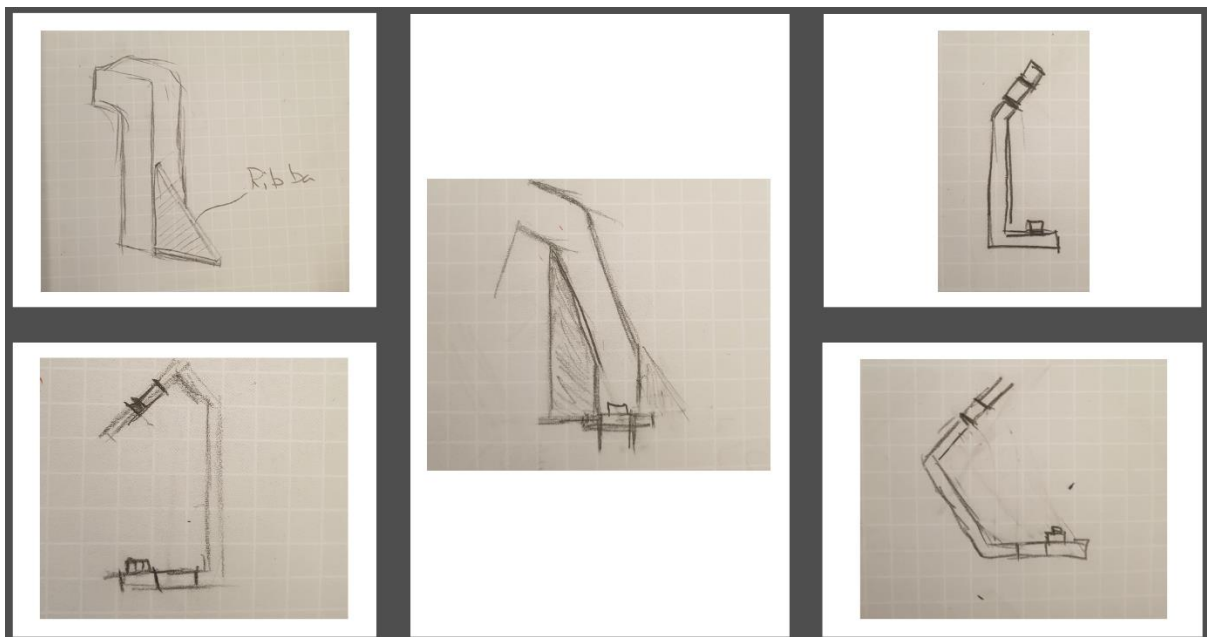
Dellösningarna kombinerades här för att de överlappande varandra rent funktionellt. En kanal innebär ett hål-utrymme längs med konsolen som leder vattnet från HVAC-modulen ut genom chassit. Med denna lösning så menas att röret eller kanalen är en integrerad del av konsolen eller ett rör som appliceras enskilt med eller utan stöd.

Slang:

En slang avsågs användas för att leda vattnet tätt genomgående. Med en slang skulle ytterligare tätningar ej behövas då slangen också hade fungerat som en tätning.

3.4.2 Stöd - uppta kraft

För att hitta olika typer av potentiella stöd användes brainstorming-metoden och skisser som illustration, dessa kan ses i figur 4. När flera liknande typer av stöd genererats ansågs det väsentligt att låta flertalet tillhöra typade grupper av stöd, då funktionaliteten inom gruppen verkar likartad. Följande typer av dellösningar togs med vidare.



Figur 4. Skisser över olika lösningar för stöd.

Inget externt stöd:

Det blev uppenbart att det fanns lösningar där stöd möjligtvis inte skulle behövas. Till exempel kan ett enskilt rör eventuellt konstrueras på så sätt att det tar upp nödvändig kraft och kan då verka utan stöd.

Ribba:

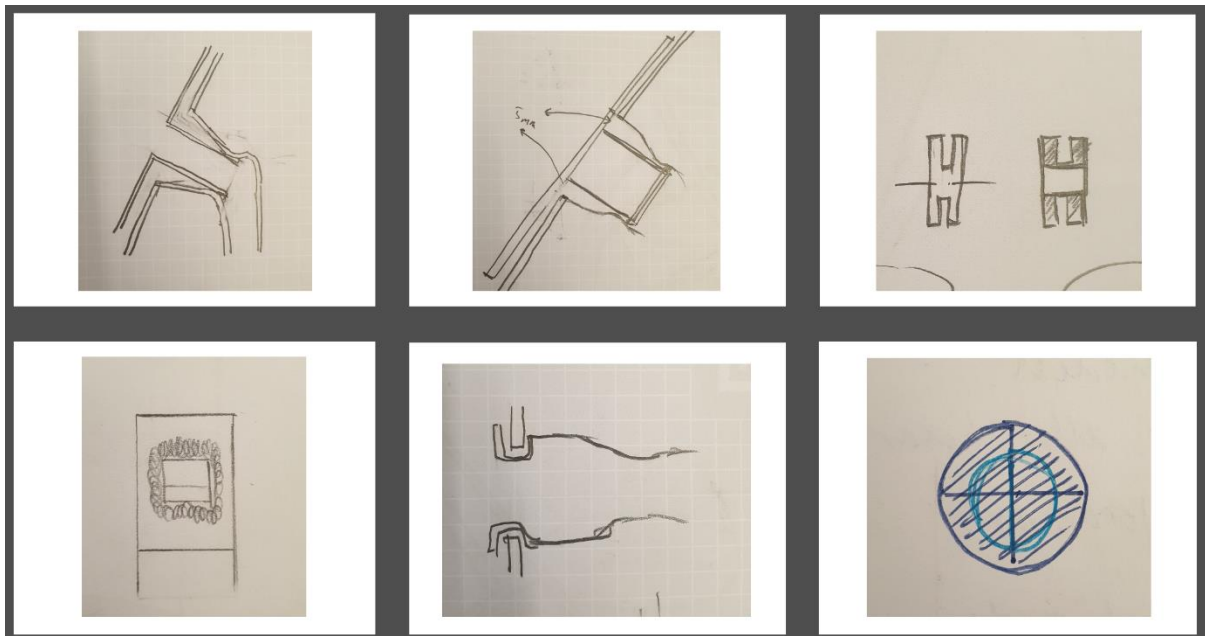
Dellösningen en ribba, eller flera ribbor, syftar till att stabilisera upp själva dräneringsanordningen genom att vara placerade vinkelrätt mot verkande kraften. På så sätt fås enkelt en styvare konstruktion.

Konsol:

Flera konsol-liknande stöd genererades och sorterades samman för att den egentliga funktionaliteten var densamma, om än med olika geometrier. Detaljkonstruktionerna av konsolerna behålls tills vidare, och endast lösningen som sådan tas i beaktning här. Konsolen ett sorts stöd för konstruktionen som ej är geometriskt specificerat på samma sätt som stödet ”ribba”.

3.4.3 Medge tätning

För att hitta olika lösningar för tätningfunktionen användes främst katalogmetoden för att undersöka vilka typer av tätningar som applicerats på liknande problem. Även dessa idéer skissades upp och visas övergripligt i figur 5 nedan. Många olika lösningar togs fram, varav de slutligen sorterades till alternativen ”invändig tätning” eller ”utvändig tätning”. Vilka ses som två generella tätninglösningar, delvis beroende av resterande delars geometri.



Figur 5. Skisser över olika tätninglösningar.

Invändig tätning:

Syftar till att tätningen sitter inuti själva dräneringsanordningen och sluter tätt genom trycket som uppstår i HVAC-modulen utlopp och insidan i dräneringsanordningen (röret/kanalen). Observera då att tätningen behöver sluta tätt trots en differens i montering på ± 5 mm.

Utvändig tätning:

Genom att utnyttja den tryckavlastande ytan runt omkring utloppet för kondensvattnet för HVAC-modulen finns möjlighet att genom en tätningfilm använda denna yta som tätning, gentemot dräneringsanordningen. Trycket mellan dräneringsanordningen och HVAC-modulen utgör ett erforderligt tryck och där skum- eller solid tätningring kan appliceras för att sluta tätt delarna emellan. Tätningen kan exempelvis då förmonteras på HVAC-modulen innan den appliceras på dräneringsanordningen.

3.4.4 Infästning i chassit

Lösningen som ansågs rimlig att kunna genomföra för infästningen av dräneringsanordningen var lösningen med skruvförband. Vidare specificerades inte typen av skruvförband eftersom den slutgiltiga specifika lösningen kan variera beroende på hur dräneringsanordningens geometri är konstruerad. Storleken på skruv var given, men för att undvika hålkantstryck kan brickor komma att behövas för att breda ut lasten och fördela dragspänningen kring hålkanten.

3.5 Eliminering och utvärdering av koncept

Morfologisk matris:

Ur den morfologiska matrisen var vissa lösningar orimliga att genomföra och därför uteslöts dessa direkt. Utöver detta konsoliderades de olika geometrierna för fästningsplattan då det inte ansågs väsentligt att på detaljerad nivå skapa en sådan lösning i detta skede. Det samma gällde för geometrierna för de olika stöd-lösningarna. Här avsågs framförallt att ta fram schematiska lösningar för konsol respektive ribba för att kunna skapa en tillräckligt klar lösningsbild. Vidare verkade dellösningarna för rör och kanal vara redundanta och därmed valdes att kombinera dessa till en dellösning. Det väsentliga var att sära på dellösningarna till de funktioner som komponenten skall kunna uträtta och inte specificera en exakt lösning rent geometriskt.

Efter denna bortsällning och kombination av olika dellösningar återstod en slutgiltig morfologisk matris, vilket kan studeras i tabell 3, som ligger till grund för fortsatt arbete. Detta är de lösningar som elimineringsmatrisen kom att grundas på.

När de olika lösningarna skulle sammanställas så upptäcktes utmaningarna med att skapa en entydig dräneringslösning passande för alla varianter. Utmaningen ligger i att skapa en enkel konstruktion, med både erforderlig styvhet och flexibilitet.

Tabell 3. Morfologisk matris över kvarvarande realistiska dellösningar

Delfunktioner	Dellösningalternativ		
Ledning av kondensvatten (dräneringsobjektet)	Rör/kanal	Slang	
Stöd - Uppta kraft (>50N) i x-led* (HEVx2 och BEVx2)	Inget externt stöd	Ribba	Konsol
Medge tätning mellan HVAC och dräneringsobjekt	Utvändig tätning	Invändig tätning	
Infästning chassi	Skruvförband		

Elimineringsmatrisen:

Eliminering efter Pahl och Beitz (Johanneson et al., 2013) ger ett systematiskt sätt att fatta beslut huruvida vilka dellösningar eller totallösningar som inte är tillräckligt kvalitativa.

Nedan beskrivs skäl till att vissa totallösningar exkluderas för vidare utveckling.

1. Först utesluts alla totallösningar som innehåller slang kombinerat med inget externt stöd eller ribba. Detta skulle ha gett en instabil lösning där styvheten vore bristfällig.
2. Sedan alla totallösningar som kombinerar slang med konsol vilket innebär förberedande montering av komponenten och fler monteringsdelar, vilket önskas att undvikas.
3. Totallösningar som innefattar rör/kanal med inget stöd kan ha bristfällig förmåga i att uppta den specificerade kraften och därav faller de bort.
4. Resterande fyra lösningar togs med för vidare behandling.

Modeller byggdes sedan i kartong i olika skalor för att få en vidare förståelse för hur geometrierna påverkar de olika dellösningarna. Därefter gjordes schematiska skisser för respektive totallösning för att tydligt kunna särskilja dess olika lösningar.

Utförandet av själva tätningen kommer specificeras sedan när den slutgiltiga geometrin är färdigställd. Det finns i nuläget ingen mening med att specificera tätningssorten då det riskerar att begränsa urvalet sedan. Det vidhålls därmed att det är väsentligt att endast generellt beskriva de olika lösningarna, för att sedan vid behov specificera ytterligare.

Likt ovan angivet kvarstår det nu fyra schematiska koncept av totallösningar för komponenten. Varje enskilt koncept skall kunna förlängas för att återspegla behoven för de olika chassi-typerna. Efter de fyra koncepten var framtagna skapades modeller i kartong för att enkelt kunna presentera dem visuellt.

3.6 Analys och val av koncept

De fyra kvarvarande koncepten särskiljer sig gällande dellösningen för tätning samt dellösningen för det stöd som användes. Vidare gjordes en analys av de olika koncepten för att undersöka vilket som är det mest adekvata konceptet.

3.6.1 Analys och sammanställning

Nedan följer en analys samt kort genomgång av de fyra kvarstående koncepten. Till varje koncept följer en bild på tillverkad pappmodell, på bilderna används orange färg för att illustrera de olika tätningslösningarna.

Koncept 1 – konsol med utvändig tätning:

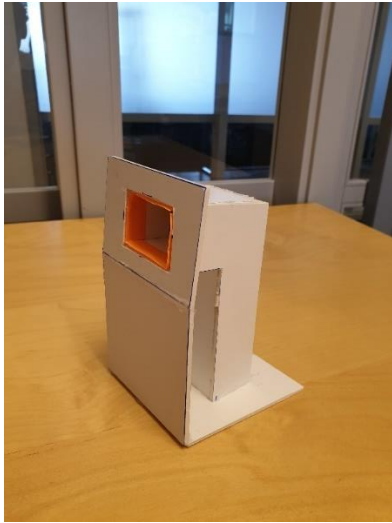
Detta koncept ger en konstruktion där konsolen är tänkt att fungera som stöd för röret. Geometrin för den utvändiga tätningen illustreras i orange och täcker stora delar av ytan som träffar HVAC:en vid montering. Konceptet kan ses illustrerad med hjälp av en pappmodell i figur 6 nedan.



Figur 6. Pappmodell över koncept 1 - konsol med utvändig tätning.

Koncept 2 – konsol med invändig tätning:

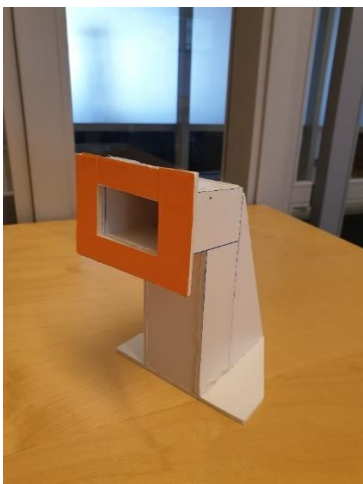
Koncept två innebär en modifikation av koncept 1. Även här agerar konsolen stöd för röret. Den stora skillnaden är att den utvändiga tätningen nu ersatts och tätningen appliceras istället invändigt (i dräneringsanordningen). Detta kan ses tydligt illustrerat i figur 7 där den orangea färgen är applicerad.



Figur 7. Pappmodell över koncept 2 - konsol med invändig tätning.

Koncept 3 – ribbor med utvändig tätning:

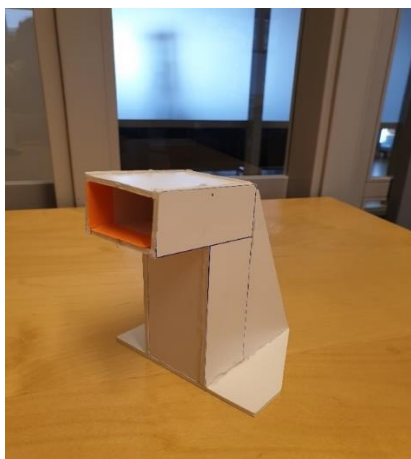
Ribbor fästs på dräneringsanordningen i syfte att ge stöd. Den utvändiga tätningen fungerar på liknande sätt som för konsolen. Det som skiljer dem åt är att den utvändiga tätningen i detta fall inte följs efter med någon konsol, utan att den är en ”förlängning” av dräneringsanordningens ”munstycke.” Konceptet kan ses illustrerad med hjälp av en pappmodell i figur 8 nedan.



Figur 8. Pappmodell över koncept 3 – ribbor med utvändig tätning.

Koncept 4 – ribbor med invändig tätning:

Likt för koncept ett och två är även här den avgörande skillnaden mellan koncept tre och fyra, tätningslösningen. Ribbor används som stöd, men här appliceras tätningen inuti dräneringsanordningen på samma sätt som i koncept två. Konceptet kan ses illustrerad med hjälp av en pappmodell i figur 9 nedan.



Figur 9. Pappmodell över koncept 4 – ribbor med invändig tätning.

3.6.2 Val av koncept 3

Valet av koncept baseras på en rad faktorer som anses vara väsentliga för komponentens funktionella duglighet samt enkelhet att tillverka. Urvalet baseras ursprungligen på kravspecifikationen, däremot finns det skillnader mellan koncepten av praktisk karaktär som är svåra att kvantifiera i en kravspecifikation. Till exempel, hur är det möjligt att på bästa sätt konstruera (bibehålla hög kvalitet till en låg kostnad) och skapa en enkel och kostnadseffektiv komponent?

Eftersom det var möjligt att direkt urskilja svagheter i vissa koncept fanns det inget syfte att här använda Kesselrings matris eller Pugh's matris. Att identifiera svagheter i övriga koncept väntades ge ett mer tillförlitligt utfall än att införa bedömningar i dessa matriser med hög risk för subjektivitet. Detta gjordes då i samråd med den externa handledaren.

För vidare utveckling väljs koncept 3. Utifrån tidigare erfarenheter och kunskap kring konstruktion, och genom diskussioner med den externa handledaren D. Nemethy (personlig kommunikation, 26 mars 2020) var det möjligt att nu utesluta koncept 1–2 och 4. Dessa val baserades dels på den större mängd materialåtgång som skulle krävas för dessa koncept men också på den högre kostnaden som den invändiga tätningen skulle innebära.

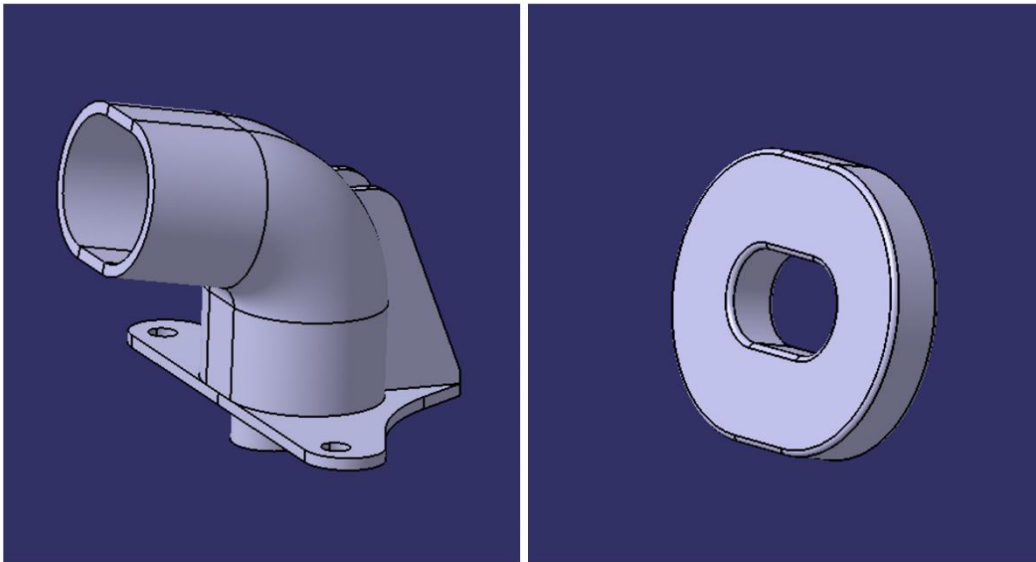
Att använda ribbor som stöd för kraftupptagningsförmåga är effektivt och materialsnålt jämfört att skapa en konsol – där större materialåtgång kan tänkas behövas för att uppnå

likvärdig styrka. Konzepten innehållande konsol som stöd, gör att mer material ger mindre nytta. En ytterligare aspekt som beaktades var hur komplicerade de skulle vara att tillverka. Ribbor skulle innebära en lättare anpassning till tillverkning, jämfört med en konsols mer avancerade geometri.

Gällande olika tätningssprofiler var en utvändigt tätning att föredra, som appliceras/monteras på HVAC-modulen. Detta medför att en relativt enkel tätningssprofil skulle kunna väljas, exempelvis en ring i skumgummi, x-ring eller en stödring. Genom att täta kring HVAC-modulens utlopp utvändigt krävs inte en lika komplicerad tätninglösning. Detta resulterade i att den utvändiga tätningen ansågs vara mest lämplig.

3.6.3 CAD-modeller

När koncept 3 valts påbörjades nu arbetet med att bygga upp ett CAD-underlag för dräneringslösningen med tillhörande packning. När CAD-underlag skapades ur koncept 3, användes HEV-låg som utgångspunkt. Det gjordes inget CAD-underlag av de tre övriga varianterna till en början. Tanken med detta var att kunna använda underlaget för HEV-låg och utifrån de göra mindre modifikationer och på så sätt kunna skapa CAD-modeller över de fyra varianterna som liknade varandra. Detta innebär mindre arbete i CAD, men också en fördel då egenskaperna hos de fyra varianterna skiljer lite emellan, vilket underlättar vid tillverkningsprocessen. I figur 10 nedan visas en CAD-modell över koncept 3 med variant HEV-låg med tillhörande packning. Som framgår av bilderna, består dräneringslösningen av ett krökt rör med ribbor på, samt en bottenplatta.



Figur 10. CAD-modell över koncept 3 HEV-låg, samt packning.

Då CAD-modellen över utgångsvarianten HEV-låg samt packningen konstruerats i CAD påbörjades arbetet att genom denna utveckla de sista tre CAD-modellerna till de resterande

tre varianterna. D.v.s. HEV-hög, BEV-låg samt BEV-hög. I figur 11 nedan kan dessa CAD-modeller beskådas.



Figur 11. CAD-modell över koncept 3 i variant HEV-hög, BEV-låg, BEV-hög.

3.7 Anpassning/optimering för tillverkning

Efter att ett erforderligt CAD underlag skapats för hur dräneringslösningen skall se ut och verka, återstod det att anpassa och optimera denna för enkel och kostnadseffektiv tillverkning.

Feedback från handledare och leverantör:

För att analysera och anpassa den erforderliga CAD-modellen för tillverkning, togs först kontakt med extern handledare D. Nemethy (personlig kommunikation, 10 april 2020) på AFRY. Där uppkom diskussion kring olika tillverkningsmetoder, samt hur vissa delar av geometrin skulle kunna förändras för att underlätta vid tillverkning.

De tillverkningsmetoder som kom upp till diskussion var formsprutning och formblåsning. Vid närmre analys och diskussion kring geometrin framkom att antalet ribbor som användes nu potentiellt var överflödiga, och det förmodligen skulle räcka med en ribba istället för två. Detta skulle underlätta vid tillverkningen då backar som används som stöd vid gjutning då inte skulle behövas. På detta sätt blir konstruktionen mer kostnadseffektiv. En ytterligare detalj som betraktades var huruvida de två skruvhålen skulle kunna ersättas med två spår istället. Detta skulle ej påverka hållfastheten i större grad, men istället gör det tillverkningsprocessen mindre komplex då backar (eng. sliders) ej skulle behövas för hålen under gjutningen. Även en liten reduktion av mängden material skulle ske vid denna ändring.

För vidare analys kontaktades en leverantör för gjutna plastdetaljer. Ett möte hölls och olika möjligheter diskuterades, från vilket det framkom tre möjliga åtgärder/sätt att tillverka.

1. Använda en så kallad ”bananback”. Denna metod innebär användning av en speciell typ av gjutback, vars form är konisk och formad likt en banan. Metoden skulle innebära att hela produkten skulle kunna gjutas i en del, tack vare att bananbacken

skulle kunna dras ur hålet där HVAC-modulen dockas. För att kunna genomföra detta måste i så fall dräneringslösningen modifieras invändigt där bananbacken sitter, så att den har rätt dimensioner enligt backen, detta för att själva backen ska kunna släppa från gjutningen.

2. Alternativ två som diskuterades innebar att rör och bottenplatta formsprutas som två separata delar och sammanfogas sedan med en typ av svets. Alternativt skulle röret kunna formblåsas och bottenplattan formsprutas och de båda delarna sedan sammanfogas med svets.
3. Sista alternativet innefattar en clips-lösning. Likt för alternativ två tillverkas de båda delarna separat genom antingen formsprutning eller formblåsning, men för att sammanfoga de båda delarna används nu clips. Fördelen med detta är att en den sista svets-operationen uteblir.

Efter diskussion med extern handledare och andra medarbetare på avdelningen D. Nemethy (personlig kommunikation, 7 maj 2020) AFRY togs beslut att gå vidare med alternativ tre och använda en typ av clips-lösning för att sammanfoga rör och bottenplatta. Denna metod applicerades nu tillsammans med tidigare nämnda åtgärder för ribbor och skruvhål på grundkoncept 3. Uppdateringar skedde nu i de befintliga CAD-modellerna för de olika varianterna och dessa lösningar implementerades. Detta resulterade i fyra CAD-modeller vilket presenteras i resultatavsnittet 2 nedan.

3.8 Materialval

En del av de egenskaper som kravspecifikationen (se bilaga 2) medgav är direkt materialberoende, därmed gjordes en enkel studie/undersökning med databasverktyget CES EduPack (Granta Design Limited, 2020) för att inhämta kunskap och förståelse om vilka materialval som är lämpliga att applicera för konstruktionen.

Efter att ha applicerat givna krav och kriterier i dataverktyget CES EduPack gjordes en första sortering bland polymerer, vilket framgår i diagram 1 nedan. Utöver ställda krav behövde även materialvalet vara kompatibelt med processvalet. Avgränsningen gjordes i syfte att minska densiteten (och således vikt) samtidigt som erforderlig styvhet behövdes för konstruktionen. Bedömningen som gjordes var att det skulle vara möjligt att uppnå tillräckligt hög styvhet till lägsta densitet, genom att välja plasten PP (Polypropylene).

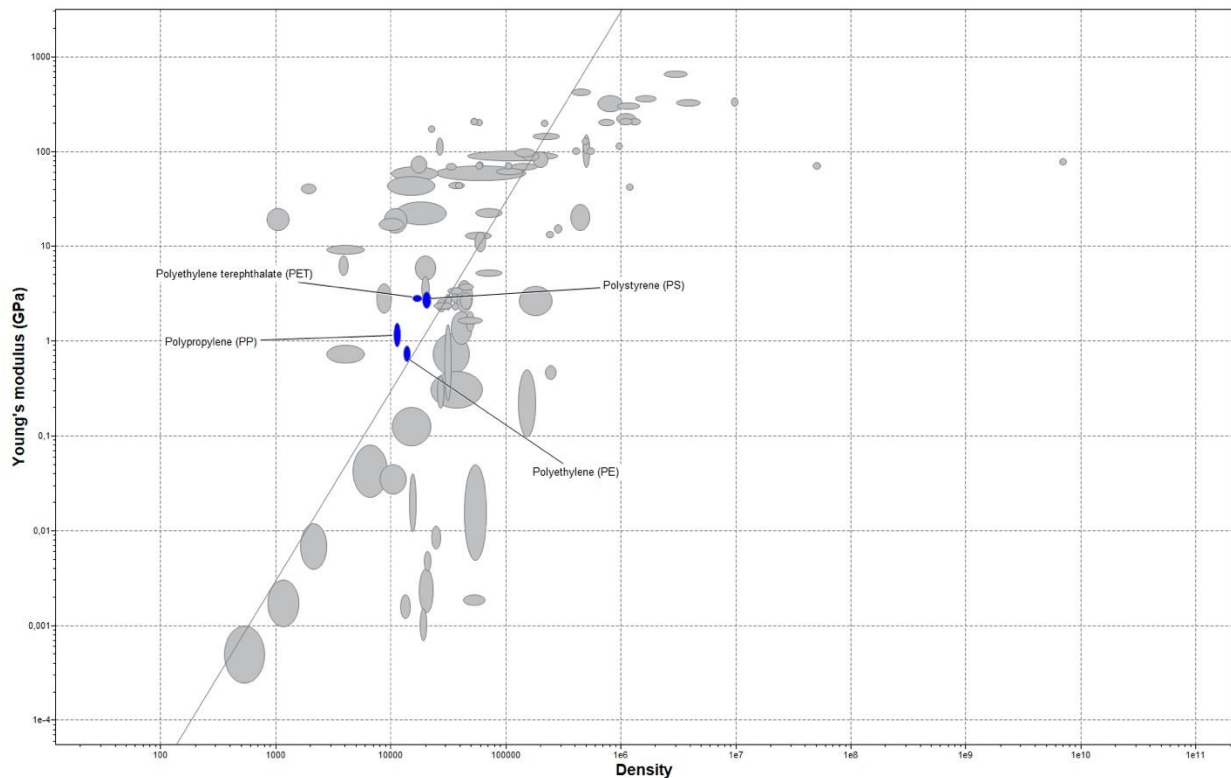


Diagram 1: En första sortering i CES Edupack Nivå 2 (Granta Design Limited, 2020) av lämpliga material att välja. Vertikala axeln visar E-modul [GPa], horisontella axeln visar densitet [kg/m³].

Vidare gjordes ytterligare avgränsningar i syfte att minimera priset (per kg) och minimera det tillförda energibehovet i primära produktionen, vilket kan ses i diagram 2 nedan. Båda varianterna av plasten PP ("eng. random copolymer, high flow" och eng. "homopolymer, low flow") kan vara lämpliga att applicera på bägge komponenterna i dräneringslösningen. Vid fortsatta studier av de bägge materialen framgick det även att vanliga användningsområden för dessa bl.a. återfinns inom fordonsindustrin. Givet att ingen signifikant skillnad materialen emellan fanns, gjordes bedömningen att bägge kan vara relevanta för konstruktionen.

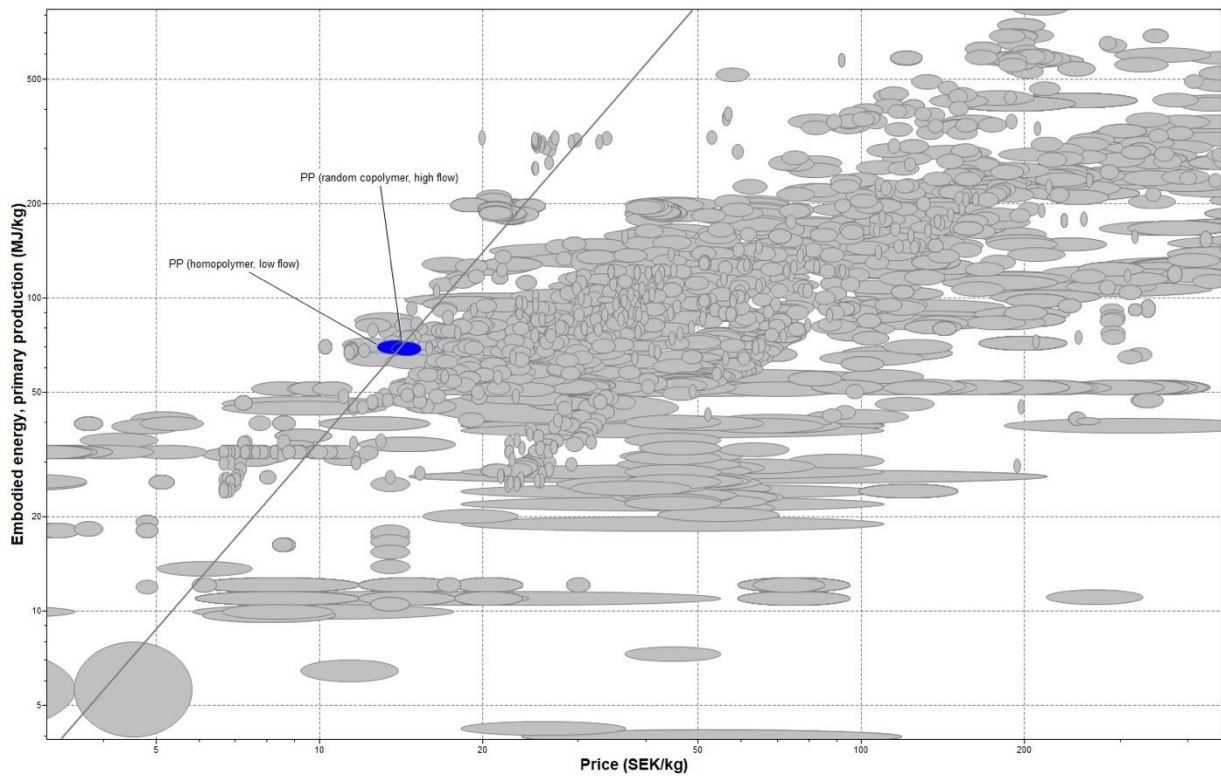


Diagram 2: En andra sortering i CES Edupack Nivå 3 (Granta Design Limited, 2020) där lågt pris och låg tillförd energi eftersträvas. Vertikala axeln visar tillförd energi [MJ/kg], horisontella axeln visar pris i [SEK/kg].

För packningen väljs en redan existerande produkt, skumplast i materialet PU enligt en leverantör. Materialet väntas ge en tillräcklig god tätande förmåga för att motverka läckage mellan HVAC och det krökta röret. Denna produkt används redan till stor del inom fordonsindustrin, applicerad inom liknande områden, som motsvarar behovet även för denna konstruktion.

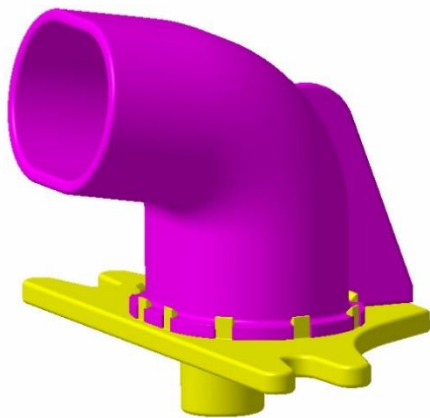
4 RESULTAT OCH ANALYS

I detta avsnitt presenteras resultat och analys av resultatet som framkommit under arbetets gång.

4.1 Resultat

Nedan redogörs för de resultat som tagits fram genom tidigare arbetsmetodik. Fyra olika dräneringslösningar och en packningslösning presenteras, vilka avser att passa de fyra olika fordonsvarianterna (HEV-låg, HEV-hög, BEV-låg och BEV-hög). Parterna som avses tillverkas separat är visualiserade med separata färger, lila och gul vardera. I figur 12–15 illustreras ”rör” med lila färg och ”bottenplatta” i gul färg. Packningen illustreras i grå färg i figur 16.

I figur 12 visas den slutgiltiga dräneringslösningen designad för varianten HEV-låg. Denna dräneringslösning är 95mm hög och 120 mm bred.



Figur 12. Dräneringslösning för variant HEV-låg.

Slutgiltig dräneringslösning designad för HEV-hög, visas nedan i figur 13. Denna dräneringslösning är 140mm hög och 120 mm bred.



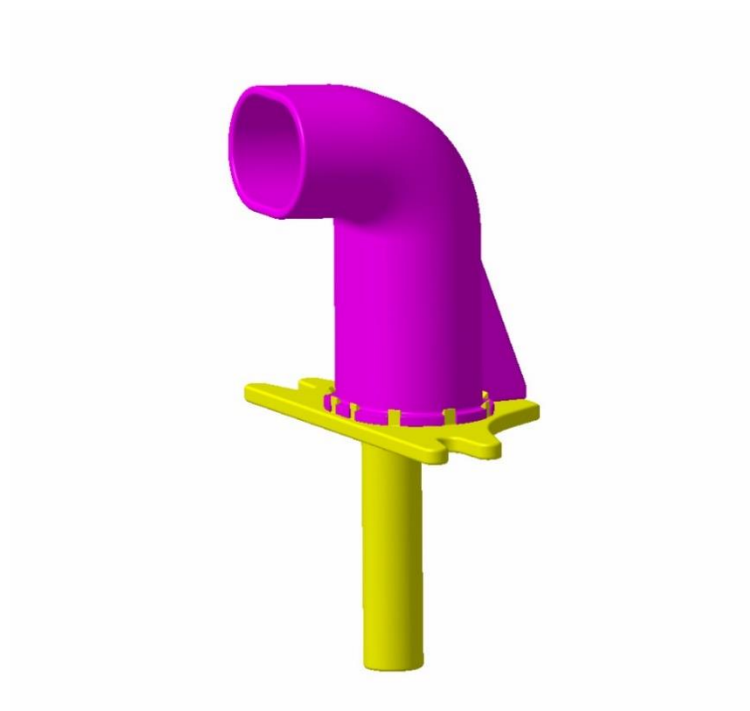
Figur 13. Dräneringslösning för variant HEV-hög.

För variant BEV-låg ser den slutgiltiga dräneringslösningen ut enligt figur 14. Denna dräneringslösning är 137mm hög och 120 mm bred.



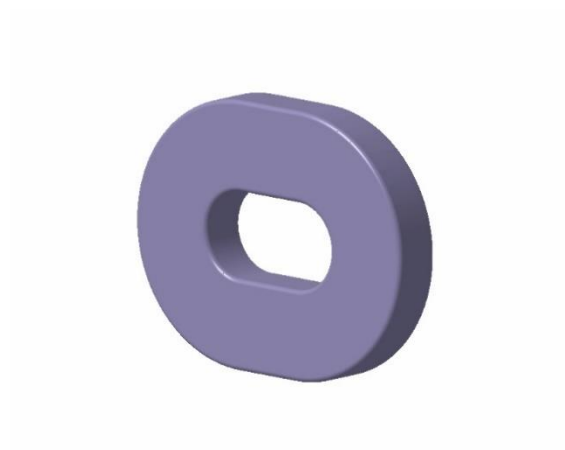
Figur 14. Dräneringslösning för variant BEV-låg.

Slutligen visas dräneringslösningen för variant BEV-hög i figur 15. Denna dräneringslösning är 183mm hög och 120 mm bred.



Figur 15. Dräneringslösning för variant BEV-hög.

Här visas den packningslösning som tagits fram i figur 16. Packningen är 52mm hög och 66mm bred.



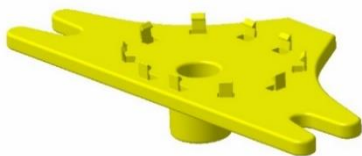
Figur 16. Packningen som monteras på HVAC-modulen.

4.2 Analys av resultat

Genom att applicera små modifikationer var det möjligt att sedan skapa de övriga varianterna av dräneringslösningen, som även tidigare påvisats. Funktionellt sett blir resultatet likadant för samtliga varianter, även om de skiljer sig åt rent geometriskt. Genom att studera figur 17 och 18 nedan framgår det att det utloppsroret för det krökta röret (lila) är koncentriskt och överlappar med bottenplattans (gul) utloppsrör. Gravitationen möjliggör att kondensvattnet rinner i den önskade riktningen.

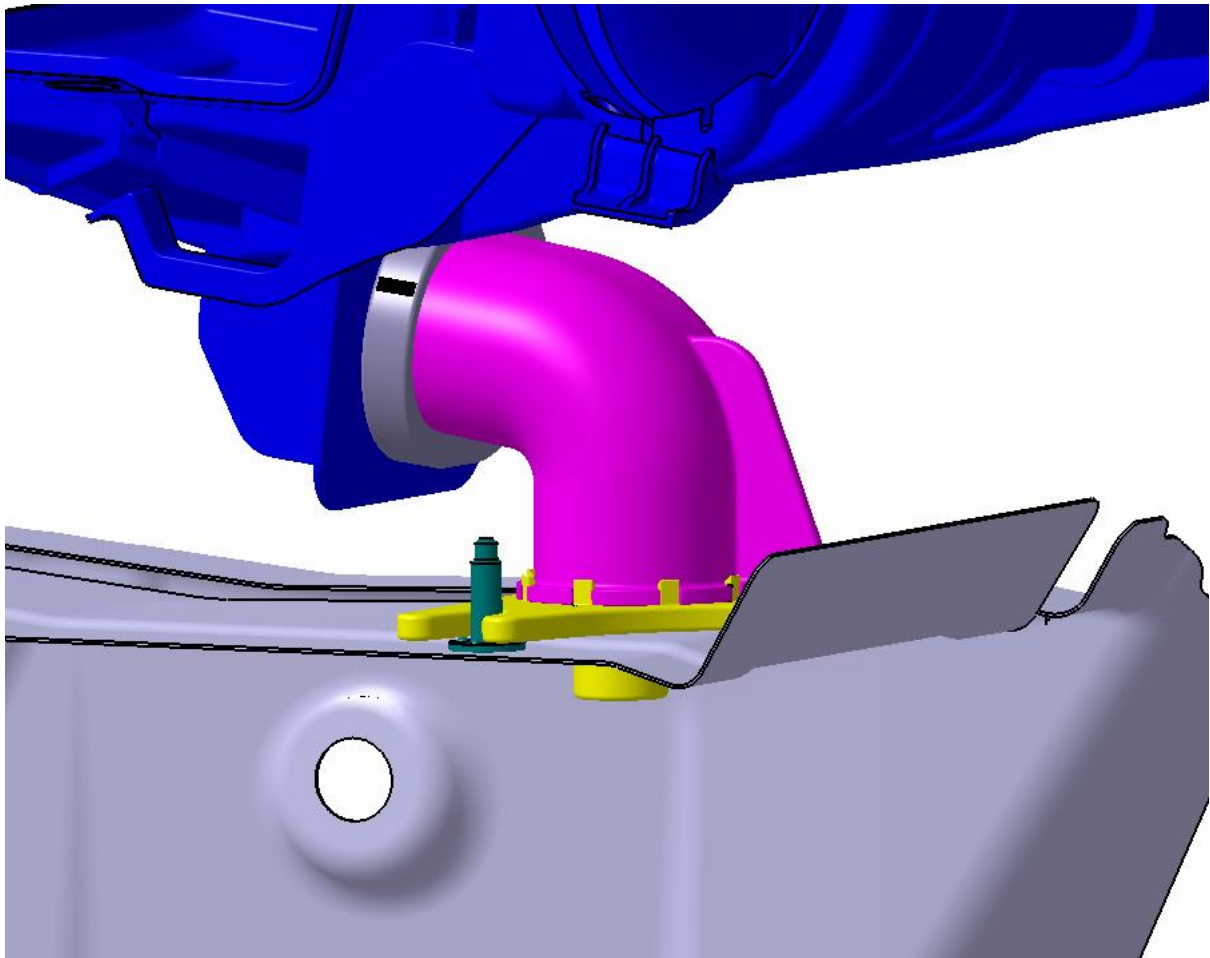


Figur 17. Visar komponenten det krökta röret.



Figur 18. Visar komponenten bottenplattan.

Nedan i figur 19 visas varianten för HEV-låg applicerad i den verkande miljön, mellan HVAC-modulen och chassit.



Figur 19. Visar dräneringslösningen verkande mellan HVAC-modulen och chassit.

Funktionaliteten beskrivs följande:

1. Vatten rinner/droppar ur HVAC
2. Vattnet leds vidare genom det kröka röret (lila)
3. Vidare leds vattnet ut genom röret i bottenplattan (gul)
4. En slang kopplas på underifrån och leder vattnet vidare

Monteringsanvisning:

1. Trä på packningen över HVAC-munstycket (detta görs under tillverkningen av HVAC/instrumentpanel)
2. Montera ihop röret (lila) med bottenplattan (gul) - de koncentriska axlarna och snäppfästena fungerar som en styrning (eng. guide) för monteringen.
3. Fäst bottenplattan med skruvförband i karossen, en bricka kan användas mellan
4. HVAC (med instrumentpanelen) trycks på plats mot dräneringslösningen, med en relativt liten kraft.

Toleranser:

För bägge komponenter gäller att toleranser enligt standarden ISO 2768-m kan appliceras.

Tillverkningsmetoder av de två delarna:

De olika delarna för respektive komponent tillverkas separat. Tillverkningsmetod för den lila detaljen kommer att vara formblåsning (eng. injection blow molding). Denna metod gör det möjligt att tillverka hela röret i ett stycke, vilket förenklar tillverkningen och reducerar kostnader. För den gula detaljen väljs istället formsprutning (eng. injection molding). Delningslinjen för verktygen läggs på bottenplattans ovansida, sedan gjuts bottenplattan till sin önskade form. Bägge tillverkningsmetoder skall anses vara kompatibla med den konstruktion som respektive komponent har.

Tillverkningskostnader:

För att uppskatta totala tillverkningskostnaderna gjordes nödvändiga antaganden, som baseras på att den totala försäljningsvolymen för fordonstillverkaren året 2019, var ungefär 700 000 st enligt fordonstillverkaren själv (Volvo Cars, 2020). Varje fordonsvariant antas ha en försäljningsvolym å minst 100 000. Dessa antaganden ger en konservativ uppskattning, i underkant av den totala försäljningsvolymen. Däremot skulle inte en större tillverkningsserie signifikant påverka kostnaden per enhet. Observera att endast kostnaden för själva tillverkningen redovisas nedan, kostnader för exempelvis montering och logistik är inte inkluderade till priset per enhet i tabell 4. Kostnader för material, verktyg och energiåtgång är inkluderade till de nedan redovisade kostnaderna.

Den uppskattade kostnaden för bägge detaljerna sträcker sig över ett stort intervall och avgörs till stor del av geometrins komplexitet. Då det är svårt att precisera kostnaden utan detaljkunskap om tillverkningen, avstås det från att göra en sådan prognos. Observera att kostnadsförslag för den specifika packningen som valts ej finns att tillgå.

Tabell 4. Servettkalkyl över tillverkningskostnader (inkluderar kostnader för material, verktyg och energiåtgång).

Krökta röret (lila)	9,57–138 / 3,64–16,6 SEK
”Extrusion blow molding” / ”Injection blow molding”	
Bottenplattan (gul)	11,7–51,4 SEK
”Injection molding”	
Packningen	- SEK

Total uppskattning av kostnad per enhet	21,27–189,4 / 15,34–68 SEK
---	----------------------------

Hållbarhetsanalys:

Att låta projektet och leveransen innefatta hållbarhetsaspekter har naturligtvis varit viktigt och satt prägel på konstruktionen. I stort sett finns det tre faktorer som särskilt är möjliga att påverka ur ett konstruktionsperspektiv, med hänsyn till hållbarhetsaspekter vilka är

- Materialval
- Mängd material
- Processval

Specifikt har termoplaster valts till fördel framför härdplaster, då termoplaster har egenskapen att kunna smältas ned och återvinnas, till skillnad från härdplaster. Inga andra ytterligare tillsatser avses att användas i materialet. Mängden material har minimerats i konstruktionen, vilket i sin tur ger både miljömässiga och kostnadmässiga besparingar. Därutöver kan energi från förnyelsebara energikällor användas för att minimera utsläpp vid tillverkning och framställning av både material och produkt.

Livslängden för dräneringslösningen väntas minst vara bilens livslängd ut, vilket ger en genomsnittlig förväntad livslängd för dräneringslösningen på 17 år (Trafikanalys, 2018). Detta är ett rimligt antagande att göra med tanke på att produkten ej väntas utsättas för någon UV-strålning eller, relativt sett, stora temperaturskillnader, vilket skulle ha ökat åldringstakten.

5 DISKUSSION OCH SLUTSATS

Styvhet i dräneringslösningen:

Givet att den monterande kraften som trycker mot dräneringslösningen är relativt låg, borde samtliga varianter av dräneringslösningen kunna hantera den kraft som uppstår och fördela kraftflödet ned genom skruvförbanden och till karossen. Skulle det däremot behövas ökad styrka, finns det en rad åtgärder att genomföra. Bland annat, är det möjligt att skapa en fackverksliknande struktur i ribban eller öka antalet ribbor för att öka styvheten i konstruktionen. För BEV-varianterna skulle det vara möjligt att addera ett antal mindre ribbor under bottenplattan för att öka styvheten för det långa underröret. Utöver detta, är det även möjligt med hjälp av brickor att breda ut lasten kring den halva hål-kanten för att skapa en jämnare tryckfördelning.

För att verifiera/säkerställa att styvheten är tillräcklig hade det varit möjligt att göra en enkel FEM-modellering på dräneringslösningen, och därefter eventuellt vidta åtgärder som skulle behövas.

Materialvalet har gjorts konservativt, vilket även gäller för godstjockleken. Detta medför dräneringslösningen kan ha en marginellt högre kvalitet än vad som erfordras, vilket i sin tur innebär att kostnaderna för framtagning av produkten skulle bli högre än vad som är nödvändigt.

Om tillverkningskostnader och inför tillverkning:

Skulle det visa sig att tillverkningskostnaderna för komponenterna till dräneringslösningen är oskäligt höga, ger det givetvis anledning till att ytterligare undersöka komponentens geometriska struktur och andra tillverkningsmetoder. Generellt sett finns det andra tillverkningsmetoder avsedda för mindre volymer som förslagsvis additiv tillverkning som skulle kunna användas för dräneringslösningen, dock givet de stora tillverkningsvolymerna vore det osannolikt en bättre metod.

Även om kostnaderna ej är av någon astronomisk karaktär är det svårt att bedöma rimligheten i och sannolikheten för, vad kostnaden i slutändan blir.

En annan möjlighet hade varit att konstruera varje komponent på så sätt att grövre toleranser hade kunnat tillämpas.

Under rådande omständigheter (pandemin Covid-19) har det varit svårt att upprätta kontakt med efterfrågade företag. Detta väntades ge en trovärdig feedback och fungera som en verifiering av den konstruktion vi valt att gå vidare med. Detta har påverkat noggrannheten i kostnadsanalyser, tillverkningsmetoder och materialval.

Avslutningsvis:

Ett riktigt ritningsunderlag borde också tagits fram inom ramen för arbetet. Vilket även skulle fungera som det juridiska avtalet mellan beställare och leverantör. Det har heller inte varit möjligt att på ett enkelt sätt kunna konstruera en dräneringslösning som passar samtliga fordonsvarianter på grund utav de geometriska variationer som föreligger.

Som tidigare beskrivet (i 4.7) finns det flera olika tillvägagångssätt för att optimera själva konstruktionen för tillverkning. Naturligtvis finns ingen entydig lösning för detta, och utöver de som beskrivs finns även ytterligare lösningar. Vidare så vore det intressant att verifiera att den valda metoden ger erforderlig kvalitet till en låg kostnad. Annars vore formgjutningen med banan-backen intressant att vidare undersöka.

REFERENSLISTA

A2Mac1. 2020. *Automotive benchmarking*. Hämtad från <https://portal.a2mac1.com> 2020-02-28.

CES EduPack (version 2019). [Datormjukvara]. Cambridge: Granta Design Limited.

Johannesson, Hans. Persson, Jan-Gunnar. Petterson, Dennis. (2013) *Produktutveckling - Effektiva metoder för konstruktion och design*. Solna. Liber.

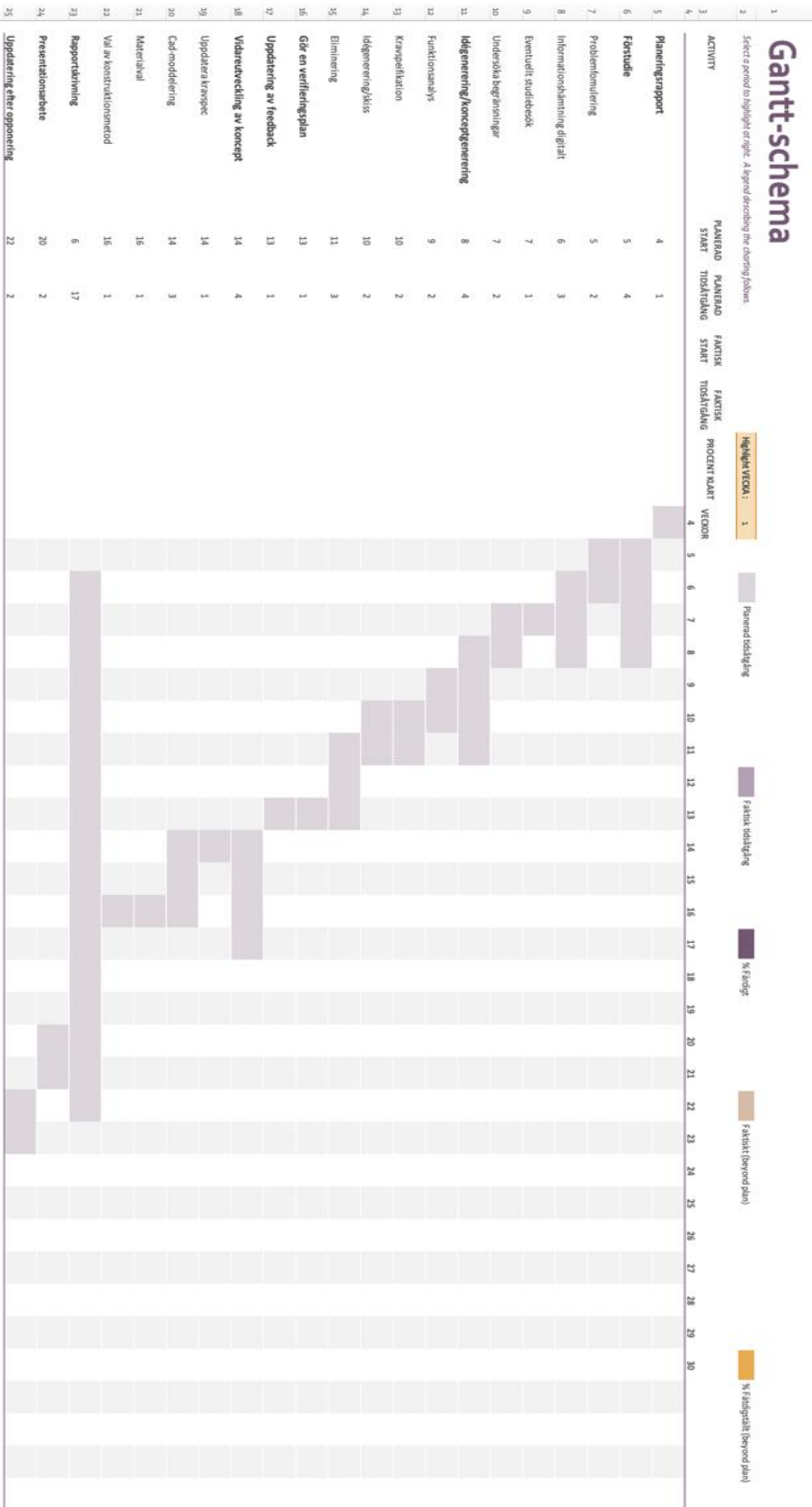
Trafikanalys. (2018). *Fordon på väg 2017. Rapport 2018:13*. Hämtad 2020-05-18 från https://www.trafa.se/globalassets/rapporter/2018/rapport-2018_13-fordon-pa-vag-2017.pdf

Volvo Cars. (2020). *SUV success drives Volvo Cars to sixth straight sales record and beyond 700,000 cars*. Hämtad 2020-05-14 från <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/261377/suv-success-drives-volvo-cars-to-sixth-straight-sales-record-and-beyond-700000-cars>

BILAGOR

Bilagor som finns att tillgå presenteras nedan.

Bilaga 1. Gantt-schema



Bilaga 2. kravspecifikation

Chalmers	Dokumenttyp	Kravspecifikation				
	Projekt	Konsol samt dränering för HVAC				
Utfärdare: Carl Berger, Edvin Carlsson		Skapad: 2020-02-14		(1-5)		
		Modifierad: 2020-04-18				
Kriterier	Målvärde	K/O	Vikt	Verifieringsmetod	Referens (kravställare)	
Funktioner						
	Möjliggöra dränering av vatten från HVAC	K		Test i CAD	AFRY	
	Möjliggöra dockning av HVAC mot dräneringskonsol +5 mm tolerans i yz-led gentemot HVAC	K		Test i CAD	AFRY	
1 Prestanda						
1.1	Kunna motstå kraft i x-led Konsolen ska kunna motstå en kraft på minst 50N vid montering av HVAC	<50N	K	Eventuellet hållfasthetsberäkningar (eventuellt FEM)	AFRY	
2 Miljö						
2.1	Lågt värde på tillförd energi		Ö	5	CES / Leverantör	Projektgruppen
2.2	Möjligt att återvinna		Ö	4	Materialanalys	Projektgruppen
3 Underhåll						
3.1	Underhållsfri	17 år (genomsnittlig livslängd bil) - kolla på medianlivslängd istället om data finns	Ö	2	Materialanalys	Projektgruppen
4 Tillverkningskostnad						
4.1	Låg tillverkningskostnad	Minimera	Ö	5	Tillverkningskalkyl	AFRY
5 Kvantitet						
5.1	Tillverkningskvantitet	100-100000	K			AFRY
6 Storlek						
6.1	BEV hög	Bredd<124mm, höjd<124mm	K		Mätningar	AFRY
6.2	BEV låg	Bredd<124mm, höjd<74mm	K		Mätningar	AFRY
6.3	HEV hög	Bredd<135mm, höjd<138mm	K		Mätningar	AFRY
6.4	HEV låg	Bredd<135mm, höjd<89mm	K		Mätningar	AFRY
7 Massa						
7.1	Låg vikt	<500g	Ö	5	Beräkning mha CAD	AFRY
8 Estetik och ytfinish						
8.1	Skrovlighet/ytfinish i röret	ISO-standard	K		Applicera ISO	Projektgruppen
9 Material						
9.1	Temperaturbeständigt	-30<T<50	K		Materialval	Projektgruppen
9.2	Korrosionsbeständighet	Tåla temp mellan -30 och 50 grader celcius	K		Materialval	Projektgruppen
9.3	Tåla H2O	Ska ej korrodera	K		Materialval	Projektgruppen
9.3	Material ska inte absorbera vätska		K		Materialval	Projektgruppen
10 Produktlivscykel						
10.1	Förenkla återvinning / deponering	Minimera antalet material	Ö	4	Materialval	Projektgruppen
11 Standarder och lagkrav						
11.1	Uppfylla gällande riktlinjer för konstruktion	Ja/nej	K		Volvo materialhandbok	Projektgruppen
12 Ergonomi						
12.1	Möjliggöra enkel montering		Ö	4	Analys av konstruktion	AFRY
13 Kundkrav						
13.1	Möjliggöra universell lösning för hög/låg samt bev/hev		Ö	3	Kontrollera lösningsmängd	AFRY
13.2	Slutkoncept ska innehålla få lösa delar		Ö	5		
14 Kvalitet och tillförlitlighet						
14.1	Möjliggöra tillräckligt låg tillverkningsvarians	Ja/nej	K		Teoretiskt underlag Konrollera lösningsmängd	AFRY
15 Tidsschema						
15.1	Projekt färdigt	29/5	Ö	5		Projektgruppen

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2020



CHALMERS