



CHALMERS



Konceptframtagning av förhöjt tak på Volvo XC90

Conceptual elevated roof for Volvo XC90

Examensarbete på högskoleingenjörsprogrammet i maskinteknik

Christoffer Barck

Anders Wallmark

Institutionen för industri- och materialvetenskap

Chalmers tekniska högskola

Konceptframtagning av förhöjt tak på Volvo XC90

Conceptual elevated roof for Volvo XC90

Christoffer Barck

Anders Wallmark



CHALMERS

Institutionen för industri- och materialvetenskap

Avdelningen för produktutveckling

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 201

Konceptframtagning av förhöjt tak på Volvo XC90

ANDERS WALLMARK

CHRISTOFFER BARCK

© Christoffer Barck & Anders Wallmark, 2019

Handledare: Thomas Almen, Claes Annerstedt, Christer Bergström, Volvo Personvagnar

Examinator: Göran Gustafsson

Institutionen för industri- och materialvetenskap

Avdelningen för produktutveckling

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Omslag: Koncept för höjt tak

Göteborg, 2019

FÖRORD

Det här är en rapport över vårt examensarbete på högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik på Chalmers tekniska högskola. Arbetet har genomförts på Volvo Cars i Torslanda under våren 2019.

Vi skulle vilja tacka våra handledare på Volvo Personvagnar, Claes Annerstedt, Thomas Almen, Christer Bergström och vår examinator Göran Gustafsson på Institutionen för industri- och materialvetenskap på Chalmers.

SAMMANDRAG

Detta projekt har utförts på Volvo Personvagnar, Strategy & Innovations, Vehicle hardware i Torslanda, Göteborg, med målet att ta fram ett underlag för hur en konstruktion av ett biltak för Volvo Personvagnar med ökad takhöjd skulle kunna utföras. Syftet med den ökade takhöjden är att skapa rymlighet i bilkupén genom att öka kupéutrymmet. Syftet är också att öka rörligheten för passagerarna inne i kupén. Volvo Personvagnar önskar att detta förhöjda biltak ska kunna eftermonteras utanför deras befintliga fabrik då höjdrestriktioner omöjliggör sedvanlig montering.

De två resulterande koncepten som togs fram under arbetets gång är båda konstruerade i ett kompositmaterial där olika material samarbetar för att ge särskilda egenskaper. I detta fall en linfiberväv för styrka, inbäddat i plast för att hålla fiberväven på plats. Plastens låga densitet ger en låg totalvikt på produkten vilket är viktigt med tanke på produktens placering högt uppe på bilen. En mjuk, välvd form valdes utan skarpa kanter vilket säkerställer god aerodynamik och ger stadga åt konstruktionen. Det visade sig även vara den mest estetiskt tilltalande formen för det förhöjda taket. Det valda materialet är även ljusgenomsläppligt vilket gör att ljus tillförs kupén och ger en ökad känsla av rymlighet. Det som särskiljer de två koncepten är att det ena även innehåller ett panoramatak, alltså ett glastak vilket gör kupén ännu ljusare.

Det förhöjda taket fästs och tätas mot karossen med limning och förenig av de två utrymmena utförs genom att det klipps ett stort hål i det befintliga plåttaket. I fram- och bakkant av det förhöjda taket finns utrymme för sensorer vilket var ett önskemål från Volvo Personvagnar sida.

Viktiga avgränsningar för rapporten är att inte titta på hur det förhöjda taket beter sig i en krock då detta kräver avancerade simuleringar vilket kostar tid och pengar och inte var önskvärt från Volvo Personvagnars sida.

ABSTRACT

This project has been carried out at Volvo Cars, Strategy & Innovations, Vehicle hardware in Torslanda, Gothenburg with the aim to produce a basis for how a design of a car roof for Volvo Cars with increased ceiling height could be performed. The purpose of the increased ceiling height is to create spaciousness in the car interior by increasing the cabin space. The purpose is also to increase the mobility of the passengers inside the cabin. Volvo Cars wants this elevated car roof to be retrofitted outside their existing factory as height restrictions make it impossible for customary fitting.

The two final concepts that were developed during the course of the work are both constructed in a composite material where different materials work together to give special properties. In this case, a flax fibre fabric for strength, embedded in plastic to keep the fiber web in place and keep the weight down, which is important in view of the products position high up on the car. A soft, arched shape was chosen without sharp edges, which ensures good aerodynamics and provides rigidity to the design. It also turned out to be the most aesthetically pleasing shape of the elevated roof. The chosen material is also light-transmissive, which means that light is supplied to the passenger compartment and gives an increased sense of spaciousness. What distinguishes the two concepts is that one of them also contains a panoramic roof, that is, a glass window which makes the cabin seem even lighter.

The elevated roof is secured and sealed to the body by gluing, and the joining of the two spaces is done by cutting a large hole in the existing sheet roof. At the front and rear of the raised roof there is room for sensors, which was a wish from Volvo Cars' side.

Important delimitations for the report are not to look at how the elevated ceiling behaves in a collision as this requires advanced simulations which cost time and money and were not desirable from Volvo Cars' side.

Innehållsförteckning

ORDLISTA.....	1
1. INLEDNING.....	2
1.1 Bakgrund.....	2
1.2 Syfte	2
1.3 Mål	2
1.4 Avgränsningar.....	3
2. TEORETISK REFERENSRAM.....	4
2.1 Material	4
2.1.1 Brottmekanik hos glas.....	6
2.1.2 Brottmekanik hos kompositmaterial	7
3. METOD	9
4. KRAVSPECIFIKATION	11
4.1 Intervju med kund	11
4.2 Slutgiltig kravspecifikation.....	11
5. GENOMFÖRANDE OCH RESULTAT	14
5.1 Omvärldsanalys.....	14
5.2 Konceptgenerering.....	16
5.2.1 Morfologisk matris.....	16
5.2.2 Delsystem form.....	17
5.2.3 Delsystem material.....	19
5.2.4 Delsystem infästning.....	21
5.2.5 Delsystem tätning.....	22
5.2.6 Delsystem ljusinsläpp	22
5.3 Förening av kupéutrymmet med nya utrymmet i det förhöjda taket	24
5.4 Konceptens egenskaper.....	25
5.4.1 Massa	25

5.4.2 Form för glaskoncept	26
5.4.3 Materialens miljöpåverkan.....	27
5.4.4 Integrering av infoskärm.....	29
5.4.5 Integrering av sensorer.....	29
5.5 Koncepteliminering.....	29
5.5.1 Elimineringsmatris	29
5.5.2 Kesselrings metod	31
5.6 Slutgiltiga koncept	32
5.6.1 Bilder av slutgiltiga koncept	33
5.6.2 Infästning mot övrig kaross	34
5.6.3 Glastakets infästning mot kompositen	35
5.6.4 Integrering av sensorer och sidoinfoskärm	36
5.6.5 Bilder av koncept på Volvo XC90 kaross.....	37
5.6.6 Bilder på utskriven 3D – modell.....	38
6. FÖRSLAG PÅ VIDARE ARBETE	39
6.1 Tillverkning.....	39
6.2 Montering och ergonomi vid montering.....	39
6.3 Aerodynamik.....	40
6.4 Innertak	40
7. DISKUSSION OCH SLUTSATS.....	41
8. REFERENSER	43
BILAGOR.....	44
Bilaga A - Formkoncept i modellera	44
Bilaga B - Telefonintervju med projektledare på New model introduction på Pilkington Automotive Sverige AB.....	46
Bilaga C - Intervju med teknisk specialist på polymera material	47
Bilaga D - Intervju med teknisk expert strukturella kompositer på Volvo Strategy, Concept & Advanced Engineering om kompositmaterial.....	48

Bilaga E - Telefonintervju med Per Mårtensson på Bcomp om linfiberkomposit	50
Bilaga F - Studiebesök på Faiber komposit och intervju med teknik- och utvecklingsansvarig Lars Perbo	53
Bilaga G - Intervju med NVH CAE ingenjör	54
Bilaga H - Materialdata på ampliTex.....	55
Bilaga I - Flödesberäkningar i Autodesk Flow Design.....	56

ORDLISTA

ampliTex	namnet på den fiber av lin som företaget Bcomp använder i sin linfiberkomposit
CFRP	carbon-fiber reinforced plastic (kolfiberarmerad plast)
GFRP	glass-fiber reinforced plastic (glasfiberarmerad plast)
NVH	noise, vibration and harshness (ljud, vibration och känsla)
Powerribs	ett nät gjort på linfiber som fästs på komposit, förbättrar bland annat styvheten
pålkrock	krock med en påle i form av lyktstolpe, skylt eller liknande
rullning	bilen rullar runt över på taket vid krock

1. INLEDNING

Detta är en förundersökning av en förhöjning av taket till en Volvo XC90 personbil för Volvo Personvagnar. Inledningen beskriver bakgrunden, syftet, mål samt avgränsningar.

1.1 Bakgrund

Dagens montering av Volvo Personvagnars biltak sker idag i målerifabriken (B-fabriken). Denna fabrik har dock begränsningar när det kommer till höjdmåttet på de fordon som kan monteras i denna fabrik. Då höjdmåttet på det nya taket som skall konstrueras kommer att överstiga de måttbegränsningar som B-fabriken sätter, så är Volvos önskan att den nya takkonstruktionen istället skall kunna monteras i eftermonteringen (C-fabriken) eller externt. För att detta skall vara möjligt önskas en konstruktion av taket som är kompatibel att monteras med övrig färdig kaross på Volvo XC90.

1.2 Syfte

Syftet är att konstruera ett biltak med ökad takhöjd för att skapa rymlighet i bilkupén genom att öka kupéutrymmet. Syftet är också att öka rörligheten för passagerarna inne i kupén.

1.3 Mål

Göra en nykonstruktion av ett personbilstak med fokus på takets utformning och att denna är strömlinjeformad, infästning mot övriga karossen, material samt vind- och vattentäthet i skarvarna mellan infästningspunkterna. Hur man kan förena kupéutrymmet med det nyvunna utrymmet som det förhöjda taket ger undersöks också. Slutprodukten som skall levereras till Volvo Personvagnar är en 3D-datamodell framtagen i Catia V5 av slutgiltigt koncept. Det fanns även en önskan från Volvo Personvagnars sida om en utskriven 3D-modell i plast vid projektets slut.

1.4 Avgränsningar

Projektet är en förstudie där bästa lösning för takutformning, material, infästningsmetod mellan tak och kaross samt eventuellt panoramatak tas fram. Ingen färdig produkt skall alltså tas fram. Konstruktionens hållfasthet mot krock har inte beaktats i någon större utsträckning, då detta inte tros ligga inom tids- och kostnadsramen för projektet.

2. TEORETISK REFERENS RAM

I detta kapitel redovisas en kort beskrivning av det teoretiska ramverket för det aktuella projektet. Olika material undersöks och ett test genomförs för att se hur dessa beter sig då de belastas till brott.

2.1 Material

Alla produkter behöver tillverkas av ett eller flera material. En bra produkt använder det mest lämpade materialet, alltså det material som klarar av att tillfredsställa alla krav som ställs på produkten och säkerställer att önskemål som ställs på en produkt uppfylls i största möjliga grad. Vilket material som slutligen väljs dikterar sedan en mängd olika saker såsom mekanisk prestanda, kemiska, elektriska, optiska och värmerelaterade egenskaper. Ett materials egenskaper fås till ett pris, nämligen själva materialkostnaden. En annan typ av kostnad som uppkommer efter att produkten förbrukats är hur väl den kan återvinnas och lämna minsta möjliga avtryck på vår planet. Valet av material bestämmer också vilka processer som används för att forma, sammanfoga och ytbehandla ett material. Ashby m.fl. (2013) delar in material i sex olika grupper - metaller, polymerer, elastomerer, keramer, glaser och hybrider. Nedan följer en kort beskrivning av de olika materialgrupperna sammanfattat ur samma källa.

Metaller har relativt hög styvhet mätt i E-modul men i sina rena former är de mjuka och deformeras lätt, d.v.s. de har låg sträckgräns. De kan göras starkare genom legering, mekanisk behandling eller värmebehandling vilket höjer sträckgränsen men låter dem förbli duktila så de kan deformeras i en formningsprocess. Metaller har god brottseghet, de är bra ledare av värme och elektricitet men reaktiva och korroderar snabbt om inte ytbehandlade. Metall i form av stål är det huvudsakliga materialet i konstruktionen av bilar idag där stål utgör ungefär 80 % av den totala vikten. Stålet kommer som ark till bilindustrin där de formas i stora pressmaskiner.

Keramer är icke-organiska, icke-metalliska ämnen som är styva, hårda och nötningsbeständiga. De behåller sina mekaniska egenskaper i hög temperatur och är korrosionsbeständiga samt goda elektriska isolatorer. Till skillnad från metaller är de sköra med låg brottseghet. Detta resulterar i lågt motstånd mot spänningskoncentrationer som kan ges av hål och sprickor samt höga kontakttryck vilket kan uppkomma vid kläminfästning. Detta gör dem svåra att konstruera

med. Keramer har inget framträdande användningsområde när det kommer till konstruktion av bilar utan används till vissa detaljer som bromsok och tändstift.

Glaser är på nästan alla områden, inklusive nötningsbeständighet, likvärdigt keramer men dess inre amorfa struktur ger dem varierande grader av transparens vilket gör att de kan användas till glastrutor i bilar. Detta gör självklart glaser intressanta då man som passagerare i en bil vill kunna se ut. Glas till bilindustrin tillverkas av "flytglas", som tillverkas genom att smält glasmassa tillåts flyta på en bädd av smält tenn. Glasmassan har lägre densitet än tennet och flyter därmed ovanpå tennet där det så småningom stelnar och kan skäras till bestämda dimensioner.

Polymerer är organiska solider uppbyggda med långa kedjor av kolatomer. Polymerer, eller plaster som det kallas i dagligt tal, är lätta. Deras densitet är lägre än de lättaste metaller. I gengäld är de "fladdriga" med E-moduler som är ca 2% av metallernas. De kan vara hållfasta och tack vare deras låga densitet så kan deras specifika hållfasthet vara jämförbar med den hos metall. Polymerer är temperaturberoende och kan visa upp vidt skilda beteende mellan rumstemperatur där en polymer kan vara stark och smidig för att vid en temperatur av -4°C i en hushållsfrys uppvisa ett skört beteende och vid 100°C bli gummiaktiga. Få är användbara över 150°C . Om hänseende tas till dessa aspekter vid konstruktion så kan de många fördelarna med polymerer utnyttjas. Komplicerade former vilka kan utföra flera funktioner kan framställas i ett steg. Polymerers egenskaper lämpar sig väl för komponenter som "klickar" ihop vilket ger snabb och billig montering. En väl måttsett form och förfärgning av polymeren eliminerar behovet av ytbehandling. Polymerer kan delas in i amorfa och delkristallina plaster där den amorfa sorten liksom glas är transparent vilket gör att den skulle kunna ersätta glas. Plast är det näst mest förekommande materialet i en bil.

Elastomerer eller gummi som det kallas i dagligt tal är ett material med extremt låg E-modul. Begränsat användningsområde, används främst till däck och lister.

Hybrider, eller kompositer som de ofta benämns som, är kombinationer av två (eller fler) material med avsikt att få ut det bästa av de båda. Glas- och kolfiberarmerad plast (GFRP och CFRP) är två vanliga hybrider, likaså laminat med mellanliggande skumstruktur. Naturliga material som läder till exempel är också en hybrid. Hybrider är dyra och relativt svåra att forma och sammanfoga. Används där hög prestanda är viktigt och goda mekaniska egenskaper per viktenhet önskas.

Metaller är som sagt det vanligaste konstruktionsmaterialet för personbilar och keramer har inga önskvärda egenskaper för karosdelar. De materialgrupper som ses som intressanta och med utvecklingspotential är glas, plast och kompositer. Dessa undersöks vidare genom intervjuer av sakkunniga inom och utanför Volvo Personvagnar.

2.1.1 Brottmekanik hos glas

I en vanlig personbil används två typer av glas; lamellglas till framrutan och härdat glas till resterande rutor. Lamellglaset, som är ett laminerat glas, i framrutan består av två vanliga flytglas med en mellanliggande transparent plastfilm. Ett laminerat glas är mycket starkt och håller ihop även om rutan går sönder, vilket minimerar risken för skärskador. I sidorutor används härdat glas vilket splittras till små trubbiga bitar vilka i sig är lätta och därmed inte skadar bilens passagerare. Härdat glas är flytglas som värmebehandlats, vilket skapar tryckspänningar i ytskiktet och dragspänningar i mitten (Glasbransch-föreningen, 2019). Detta gör att härdat glas är ungefär sex gånger starkare än vanligt glas. Samma spänningar gör att en härdat glasruta utan en plastfilm "exploderar" när en spricka börjar bildas någonstans i rutan. Ett stenskott skulle alltså kunna krossa hela rutan (Vi bilägare, 2015).

Ett praktiskt prov av hur de olika glas splittras genomfördes på företaget Ferm & Persson AB. Tre olika typer av glas slogs med en hammare i glasets normalriktning. Hur de olika glasen splittrades kan ses i figur 1 nedan.



Figur 1. Skillnad i brott mellan vanligt glas, lamellglas och härdat glas.

Det första glaset är ett vanligt fönsterglas (flytglas), det andra ett lamellglas och det tredje ett härdat glas. Det härdade glaset klarar större våld i normalriktningen än de andra på grund av tidigare nämnda spänningar. Ett lätt slag i sidan på rutan med det härdade glaset gör att den spricker lätt. Det härdade glaset bryts upp i otaliga små bitar men även en del större sjok där de små bitarna hänger ihop.

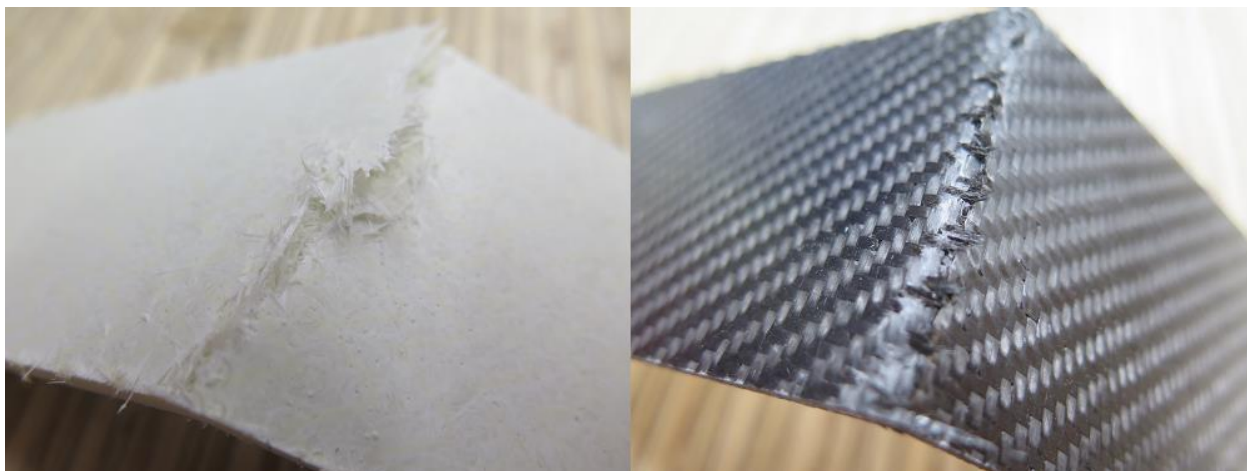
2.1.2 Brottmekanik hos kompositmaterial

Ett praktiskt prov genomfördes för att illustrera hur brott i olika kompositmaterial sker. En remsa GFRP och en remsa CFRP undersöktes i böjning tills brott uppstod. GFRP-remsan hade en tjocklek på 4 mm och CFRP-remsan en tjocklek på 2 mm.



Figur 2. Långsmala skivor av GFRP och CFRP.

Båda materialen uppvisade segspröda brott i böjning där de yttre lagren längst från neutrallagret brast och de inre lagren av väv och plast tack vare sin förmåga att böjas fungerar som gångjärn (Ashby m.fl. (2013), sida 121) för aktuellt lastfall. Brotten kan ses i figur 3 nedan. Provning i böjning valdes då det ansågs vara ett realistiskt lastfall för en krocksituation av det förhöjda taket. Provning i dragning hade med all säkerhet visat på ett sprödbrott då glasfibern i GFRP och kolfibern i CFRP är spröda och är de dimensionerande komponenterna i respektive komposit. Liknande resultat förväntas hos andra kompositer då de är uppbyggda på liknande sätt.



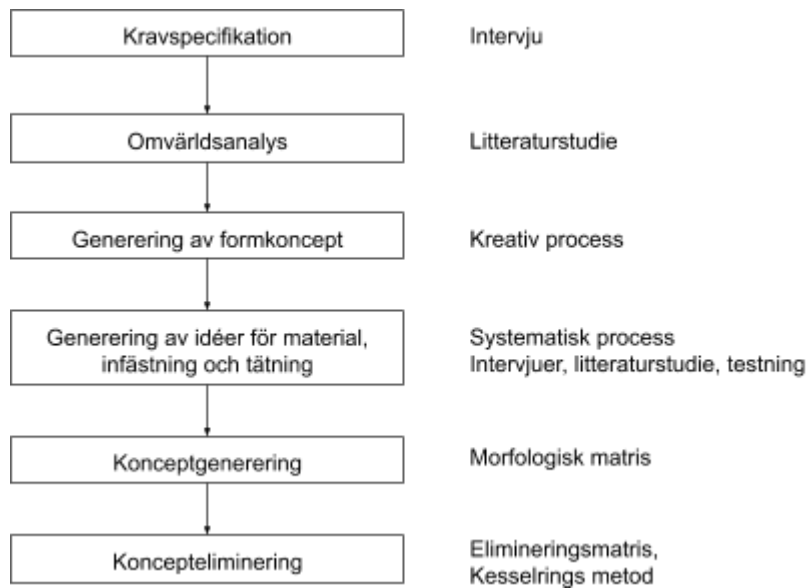
Figur 3. Segsprött brott av GFRP och CFRP.

3. METOD

Begreppet koncept kan definieras på flera olika sätt. Johannesson et al. (2004) säger att i industriella sammanhang, till exempel inom bilindustrin, används ofta begreppet koncept för att beskriva en första fungerande och tillverkad prototyplösning. I konstruktionsvetenskapliga sammanhang däremot är ett koncept en första ansats till lösning till ett konstruktionsproblem, det man i industriella sammanhang kallar *förstudie*. Skillnaden i begreppsanvändning bör beaktas när man läser konstruktionslitteratur och diskuterar produktutveckling i industriella sammanhang.

En komplex produkt brukar oftast brytas ner i huvud- och delfunktioner samt stödjande funktioner i en funktionsanalys för att kartlägga alla funktioner som ska åstadkommas av produkten och dess ingående delar. Då produkten som projektet avhandlar är relativt enkel i sin natur med få funktioner så kommer en funktionsanalys inte att genomföras.

Metodik från Johannesson (2004) har använts för konceptframtagning av det förhöjda taket. De tre handledarna på Volvo Personvagnar är kund till projektet och utifrån kundens krav togs en kravspecifikation fram, som tillsammans med en omvärldsanalys användes för konceptgenerering i flera steg. De dellösningar som tagits fram sammanställdes i en morfologisk matris, som i sig också är en systematisk process för att generera hela koncept utifrån dellösningar. Figur 4 beskriver den övergripande arbetsprocessen som använts.



Figur 4. Arbetsgång för konceptframtagningen, samt de metoder som använts för att generera information till varje delsteg.

Intervjuer med experter inom olika områden, både inom Volvo Personvagnar och ute på externa företag, genomfördes löpande under projektets gång. Informationen som gavs genom dessa intervjuer användes sedan till konceptgenereringen och konceptelimineringen och lade grunden för de argument som används i dessa. Intervjuerna lades upp som semistrukturella, där först förberedda frågor ställdes. Spontana följdfrågor ställdes sedan på de svar som gavs på de förberedda frågorna.

4. KRAVSPECIFIKATION

En kravspecifikation är, enligt Johannesson et al. (2004), ett styrdokument som fastställer vilka krav en produkt måste uppfylla och vilka önskemål som den bör möta. Både krav och önskemål skall vara mätbara. Dessa krav och önskemål fastställs genom grupp- och personintervjuer samt genom undersökning och testning. Första intervjun genomfördes med kunden. Då projektet utförs under en relativt liten tidsrymd i jämförelse mot ett likvärdigt skarpt projekt på Volvo Personvagnar kommer inte en lika grundlig arbetsgång genomföras som om det vore just ett skarpt projekt.

4.1 Intervju med kund

Intervjun med kunden genomfördes tidigt för att så snart som möjligt skapa en bild av vad som förväntades av projektet. Kunderna intervjuades i grupp där de verbalt fick ge uttryck för vad de hade för tankar om hur produkten skulle se ut och bete sig. Den viktigaste aspekten av produkten, och naturligtvis ett krav, var att skapa en känsla av rymd inuti kupéutrymmet. Detta genom att höja upp taket och låta naturligt ljus på något sätt tränga in i kupén. Ett annat krav ställdes på en vattentät infästning av det nya taket då vatten absolut inte får komma in i kupén. Önskemål uttrycktes om utrymme för sensorer samt god återvinningsbarhet. Säkerheten fick inte påverkas negativt men ingen analys av krock skulle genomföras. Fria tyglar gavs i princip för utseende och material men gärna en resulterande låg vikt.

4.2 Slutgiltig kravspecifikation

Under arbetets gång har kravspecifikationen reviderats då kunden ändrat sin uppfattning i vissa frågor. Den slutgiltiga kravspecifikationen kan ses i tabell 1 nedan. Varje önskemål värderades på en femgradig skala där 1 är lägst prioriterat och 5 är högst prioriterat.

Tabell 1. *Kravspecifikation.*

	Kravställare: Kund på Volvo Personvagnar		
	Dokumenttyp: Kravspecifikation		
	Projekt: Höjning av taket på en Volvo XC90		
		Krav eller önskemål (1-5)	Verifieringsmetod:
1.	16 cm högre tak än ursprungligt tak	K	Mätning i CAD-modell
2.	Montering i C-fabrik eller externt	K	Expertutlåtande
3.	Ljusinsläpp för att öka känslan av rymlighet	K	Materialegenskaper
4.	Vattentät infästning av produkten	K	Expertutlåtande
5.	Estetiskt tilltalande	Ö (3)	Kundbedömning
6.	Integrera infoskärmar på takets sidor	Ö (2)	Mätning i CAD-modell
7.	Integrera utrymme för sensorer	Ö (3)	Mätning i CAD-modell
8.	Uppfällbara sensorer	Ö (2)	Mätning i CAD-modell
9.	Kunna uppta laster vid rollover, sidokrock och pålkrock	Ö (3)	Expertutlåtande
10.	Kunna motstå genomträngning av objekt vid rollover	Ö (3)	Expertutlåtande
11.	Återvinningsbart och miljövänligt	Ö (4)	Beräkning i CES Edupack
12.	Låg vikt	Ö (3)	Beräkning
13.	Materialet uppnår kriterier för Volvos 2025 mål	Ö (5)	Expertutlåtande
14.	Strömlinjeformad takprofil	Ö (4)	Expertutlåtande

15.	Inga nya plåtformningsverktyg	Ö (5)	Expertutlåtande
-----	-------------------------------	-------	-----------------

5. GENOMFÖRANDE OCH RESULTAT

I detta kapitel beskrivs syntesmetoder och genomförande av dessa för att generera koncept eller lösningar på det problem som kravspecifikationen preciserar. I kapitel 5.1 genereras dellösningar och koncept genom en kreativ samt en systematisk process. I kapitel 5.2 undersöks hur en förenig av kupéutrymmet med nya utrymmet i det förhöjda taket skulle kunna utföras. I kapitel 5.3 undersöks till exempel hur de olika koncepten skulle fungera, hur mycket de skulle väga eller hur de skulle kunna tillverkas för att slutligen i kapitel 5.4 genomgå en eliminering och viktning efter krav och önskemål från kravspecifikationen.

5.1 Omvärldsanalys

En omvärldsanalys utfördes tidigt i projektet för att undersöka vad för koncept som idag finns på marknaden, så att konceptgenereringen inte genererade helhetskoncept som idag redan finns. Analysen rörde områdena förhöjt tak, material som används idag vid dessa förhöjda takkonstruktioner, infästningsmetoder mellan tak och kaross, varianter av panoramatak som existerar idag, samt olika koncept för integrering av sensorer i biltaket då detta är de dellösningar som helhetskonceptet är uppbyggt av.

En förhöjning av taket har gjorts flera gånger tidigare. Bland annat i Volkswagens T1 buss som blev väldigt populär på 1960-talet. Även amatörmässiga förhöjningar av taket, utförda av lekmän, har ofta gjorts på skåpbilen Volkswagen T4. Syftet har då främst varit att bygga om denna till en husbil där det förhöjda utrymmet under taket används för att inhysa fler sovplatser. Problemet med dessa koncept är dock att veta om säkerheten vid krock har beaktats vid konstruktionen av de nya taken. Därav började projektets benchmarking styra in mot Volvos egna liknande projekt genom historien istället, då Volvo alltid haft säkerheten i fokus i sina projekt.

Ett sådant projekt som genomförts inom Volvo är takförhöjningen av Volvo 145 år 1970. Den nya modellen fick namnet Volvo 145 Express, där syftet med takförhöjningen var att öka rymligheten i kupén. Bilen skulle på så vis kunna ersätta den äldre modellen Volvo Duett som hade just extra fokus på den rymliga kupén. Denna bil och dess koncept är intressanta i projektet.



Figur 5. Volvo 145 Express. Copyright © Volvo Car Corporation

Mer nyligen har även takförhöjningar gjorts på den för detta projekt aktuella bilmodellen Volvo XC90, då denna byggts om till ambulans. Omkonstruktionen har dock i dessa fall även inkluderat hela övriga karossen. På grund av den stora omkonstruktionen av hela karossen har dessa koncept blivit mindre intressanta för projektet.

Ett krav i projektet är att integrera ett panoramatak i takkonstruktionen. Önskemålet är då att detta panoramatak skall vara stort, det behöver dock inte vara öppningsbart. Bilar som i nuläget har detta är till exempel Tesla Model S samt Volkswagen Vizzion.

När det kommer till att integrera sensorer i taket så finns det olika koncept för detta på marknaden idag. Ett koncept är från Volkswagen Crozz, där sensorerna är fyra stycken till antalet. Dessa är även upp- och nedfällbara vilket skyddar dem från skador från utsidan. Ett annat koncept på sensorer är från Byton Concept Car, där de sitter parvis, ett par framtill centrerat på takplåten och ett par baktill centrerat på takplåten. Det sista konceptet som undersökts är från Waymo Cars, som löst det hela med att placera en enda större sensor mitt på taket vilket medger 360 graders vy.

Ett önskemål från Volvos sida är att integrera en infoscärm på sidan av takkonstruktionen. Liknande lösning har tidigare gjorts i konceptet "The smiling car" vilket tagits fram av konsultföretaget Semcon, vilket därav blivit intressant för projektets del.

5.2 Konceptgenerering

Dellösningar genererades genom en kreativ och en strukturell process. Det finns flera systematiska processer för konceptgenereringen. I detta projekt valdes det att använda intervjuer med experter inom olika områden, både inom Volvo Personvagnar men även några utanför. Genom intervjuerna så framkom dels vilka dellösningar som var möjliga för de olika delfunktionerna samt vilka fördelar och nackdelar de olika dellösningarna innebär. Dessa intervjuer har alltså både resulterat i generering av dellösningar samt legat som grund för de elimineringar av koncept som gjorts i ett senare skede.

5.2.1 Morfologisk matris

Resultatet av den kreativa processen och den systematiska processen ställs samman och presenteras i den morfologiska matrisen nedan. Ur den morfologiska matrisen kombineras sedan en dellösning från varje delsystem och dessa bildar tillsammans ett unikt koncept.

Tabell 2. *Morfologisk matris*

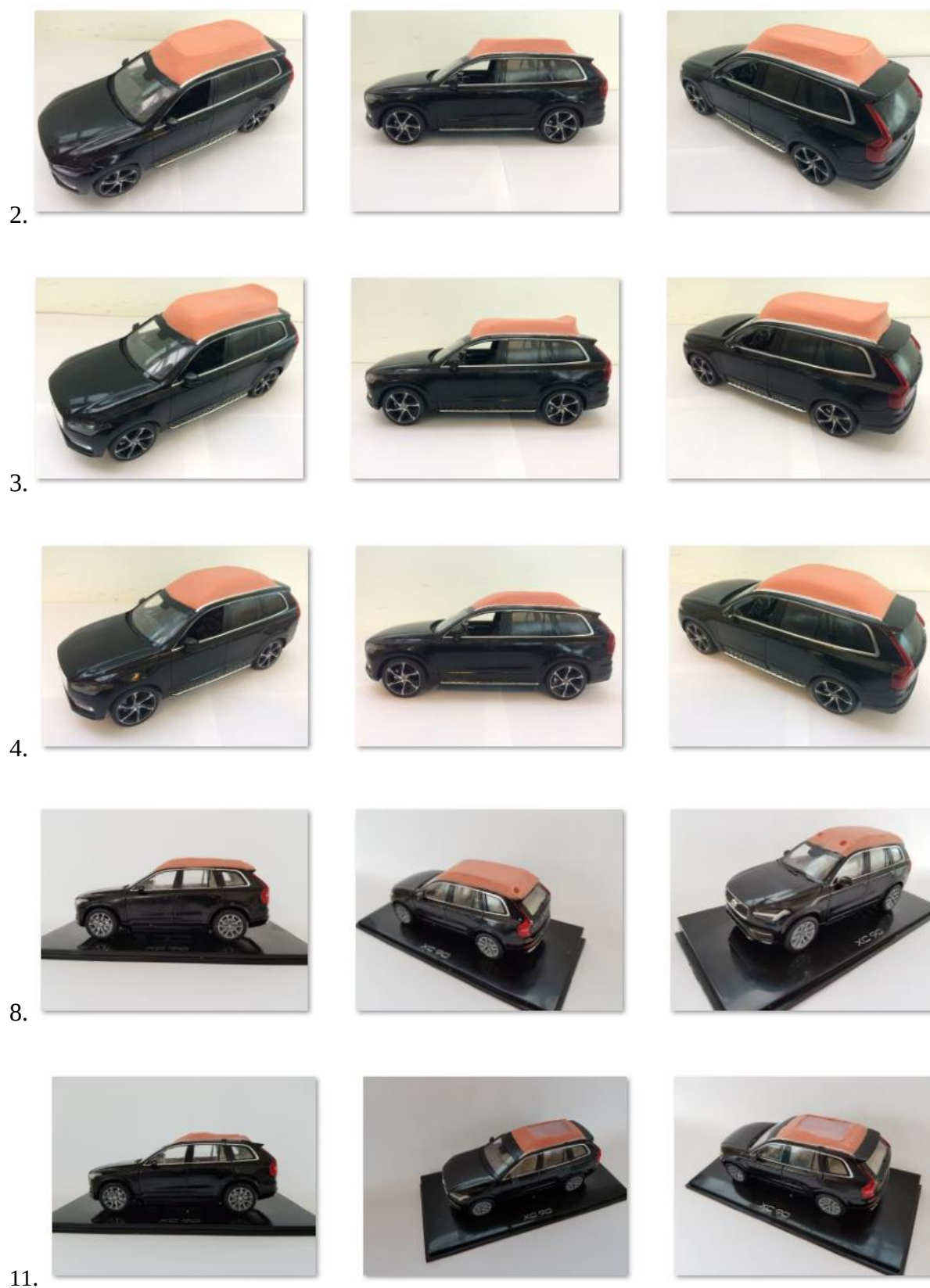
Delsystem							
Form	Nr 2	Nr 3	Nr 4	Nr 8	Nr 11		
Ljusinsläpp	Glastak	Soltak	Panoramatak	Transparent material			
Material	Plåt	Glasfiber-komposit	Kolfiber-komposit	Laminerat glas	Transparent termoplast	Opak termoplast	Linfiber-komposit
Infästning	Skruv	Limning	Popnit	Svetsning			
Tätning	Lim	Gummilist					

Dellösningarna soltak och panoramatak uppfyller inte kravet om att vara icke öppningsbart, därav stryks dessa dellösningar direkt. Det följer logiskt sett att de koncept som har materialet laminerat glas inte kräver ytterligare ljusinsläpp, samt att koncepten med liminfästning inte kräver ytterligare tätning, då limfogen i sig utgör en tätning. Det följer också att dellösningen transparent material inte realiseras med materialet CFRP. Dessa kombinationer stryks därmed också. Resterande koncept går vidare till koncepteliminering.

5.2.2 Delsystem form

En intervju genomfördes med en “NVH CAE (noise vibration harshness, computer aided engineering)”-ingenjör på Volvo Personvagnar. En sammanfattning av vad som sades i intervjun kan läsas i bilaga G. Slutsatsen av intervjun blev att det förhöjda taket måste vara tillräckligt styvt och tungt för att uppnå godtagbar NVH (ljud, vibration och känsla). God styvhet kan uppnås genom att taket görs kupolformat, och att skarpa hörn och kanter undviks.

Ett antal olika formkoncept togs fram genom en kreativ process. För att ta fram olika grundformer för det förhöjda taket valdes modellera som en enkel och snabb metod för att förkroppsliga idéer om hur formen skulle se ut. Hänsyn togs till kravet på en 16 cm höjning av taket samt önskemålet om en strömlinjeformad takprofil, se kravspecifikation i kapitel 3.2. Elva olika former tänktes ut och modellerades på två olika skalmodeller (cirka 10 respektive 30 cm långa) av Volvo XC90, se bilaga A - “Formkoncept i modellera”. Formen togs fram genom formning för hand och bearbetning med formningsverktyg för modellera. Av dessa elva former så valdes efter diskussion fem stycken ut vilka hade en säregen form. De valda formerna blev nummer 2, 3, 4, 8 och 11.



Figur 6. De fem konceptformerna efter den kreativa processen.

5.2.3 Delsystem material

I detta kapitel sammanfattas de intervjuer som gjort gällande lämpliga material för det förhöjda taket.

5.2.3.1 Plåt som material

Plåt är det huvudsakliga konstruktionsmaterialet för bilarosser idag och ses därför som ett möjligt val av material.

5.2.3.2 Glas som material

Med resultatet av slagprovet för olika glastyper i kapitel 2.1.1 (Brottmekanik hos glas) togs ett beslut att glas av typen lamellglas var ett möjligt val av material.

5.2.3.3 Plast som material

En intervju genomfördes med teknisk specialist på polymera material. En sammanfattning av vad som sades i intervjun kan läsas i bilaga C.

Slutsatsen av intervjun blev att termoplast i sig inte rekommenderas som konstruktionsmaterial då termoplast uppvisar allt för undermåliga mekaniska egenskaper. Istället bör en komposit av plast och fibrer användas vilken kan ge strukturell styvhet och styrka. Kolfiberkomposit har bäst mekaniska egenskaper per viktenhet men andra fibrer, såsom lin, kan ge miljömässiga fördelar.

5.2.3.4 Komposit som material

Ett flertal intervjuer genomfördes under projektets gång med olika experter inom kompositmaterial. Två av dessa var Per Mårtensson och Lars Perbo. Per Mårtensson är expert på kompositmaterial på Volvo Personvagnar, men är utlånad till företaget Bcomp, som arbetar med linfiberkomposit. Lars Perbo arbetar på företaget Faiber Komposit, som gör konstruktioner i kolfiber och glasfiberkomposit. Företaget tillverkar bland annat specialkarossen till "Volvo XC90"-ambulansen, samt specialkarossen till "Volvo V90"-likbil. Intervjuerna sammanfattade i sin helhet kan läsas i bilagorna D, E och F. Nedan följer en

sammanfattning av det viktigaste från alla tre intervjuerna, den information som legat till grund för det fortsatta arbetet:

På infästningen så är limning att föredra då en limfog kan agera både som infästning och tätning, men det är även möjligt att använda skruv- eller nitförband. Fibernmaterial är som regel sprött men beroende på ingjutning så kan kompositen bete sig duktigt. Energiabsorberande krockstrukturer kan tillverkas i komposit genom formgivningen, även om det inte är lätt. Variation av fiberns riktning ger olika mekaniska egenskaper. När man gjuter ihop kompositen kan man samtidigt passa på att göra hål eller urtag för fönster eller liknande. Kolfiber är idag vanligt som material i kaross i de delar som behöver kunna absorbera laster, alltså vara starka och styva, men samtidigt vara lätta. I delar som enbart behöver ha en styvhet används ofta glasfiber, till exempel till interiör.

Eftersom strukturen sitter väldigt högt upp på bilen så är vikten viktigt för balansen av hela bilen och för att förhindra att bilen rullar över på taket vid krock. I det avseendet så är Bcomps material optimala, då man kan göra lätta konstruktioner som även blir väldigt styva och som har bra egenskaper för vibrationsdämpning. Vilket i sin tur medger en tystare kupé. Materialet deformeras också mjukt, likt hur metall deformeras, vilket förhindrar vasst splitter som kan skada passagerarna vid krock. Om man därutöver vill skapa en struktur som skall kunna motstå krockkrafter så kommer man behöva göra en väldigt tung konstruktion, eftersom det kommer behövas betydligt mer material. Då kommer man också behöva överdimensionera infästningen mot plåten för att den skall kunna motstå krafterna vid roll-over. Rekommendationen är därmed att konstruera en struktur som är lätt och styv vilken deformeras mjukt och tillåter cantrailern, A-balken och D-balken ta upp krafterna vid krock.

Linfiberkomposit förstärkt med powerribs kan konstrueras så att vikten blir likvärdig en liknande konstruktion av kolfiberkomposit. Densiteten för linfibrerna ligger på 1450 kg/m^3 och plasten ligger generellt runt 1000 kg/m^3 . Kolfiber-komposit är ett väldigt bra material ur vikhänseende med en densitet på $1500\text{-}1600 \text{ kg/m}^3$. Glasfiberkomposit blir dock tyngre, minst 30 % tyngre jämfört med linfiberkomposit och kolfiberkomposit. Linfiber har samma styvhet som glasfiber, fast med halva densiteten. Jämfört med plåt så har en kolfiberkomposit och linfiberkomposit halva densiteten ungefär.

Man kan använda både härdplaster och termoplaster i takkonstruktionen som projektet avser, det är volymen i produktionen som avgör vilken plast och tillverkningsmetod som är mest

rimlig att använda. I små produktserier är hårdplaster att föredra med för större produktioner fungerar det med termoplaster med. Det går också att använda återvunnen plast, vilket bland annat användes i Volvos Demobil från 2018. Prestandan på den plasten kommer dock vara betydligt sämre.

Istället för återvinning är återanvändning att föredra. Det finns det lite olika möjligheter, man kan förbränna hela kompositen för att utvinna energin, man kan även mala ner kompositen och återanvända i en formspruta för en annan produkt, detta förutsätter att en termoplast används.

Limning är den infästningsmetod som används inom branschen som standard, där även limfogen blir en tätningslist mellan plåt och kaross. Vilket lim som är lämplig att använda beror mycket på ytskiktet på plåten samt vilken komposit som skall fästas. Som regel är det betydligt enklare att fästa limmet mot plåt som är lackerad med en grundfärg än att fästa mot olackerad plåt.

5.2.4 Delsystem infästning

En intervju genomfördes med en expert på strukturella limningar på Volvo Personvagnar. Nedan följer en sammanfattning av det som sades under denna intervju.

Det lim som troligtvis kommer passa för infästning mellan konstruktionen och övriga karossen är Betaforce 9050M, vilket är ett tvåkomponents polyuretanlim. Detta lim används idag hos Volvo Personvagnar för infästning mellan kolfiber och plåt, så det behöver undersökas vidare om det även fungerar mellan linfiber och plåt. Limmet är anpassat för att hålla även vid krock, och bör därmed vara starkt nog för roll-over. Viktigt är att släppmedlet som används vid tillverkningen av kompositstrukturen inte innehåller silikon, då silikon inte fungerar tillsammans med Betaforce 9050M.

En robot bör användas vid monteringen av konstruktionen, med en robot kan även ett jämnt tryck appliceras över taket på ovansidan så att limmet fäster korrekt. Detta kan även uppnås med klamrar om appliceringen av konstruktionen mot övriga karossen görs manuellt.

Även en robot bör användas vid appliceringen av limmet, då det inte får gå mer än 15, helst 10 minuter mellan att limmet först börjar appliceras på kompositen och infästning sker. Det tar sedan omkring tre timmar för limmet att härda så pass att bilen kan rullas ur fabrik, förutsatt

att det är bra väder och varmt ute. Efter sex till åtta timmar är härdningen helt klar. Härdningen bör ske i rumstemperatur och i en torr miljö. Limfogen som bildas bör göras med 1-3 mm i höjdmått, ur vilken tolerans skillnader kan tas upp. Limfogen agerar även som tätningslist.

Två hål bör stansas ur plåten alternativt två nedsänkningar som pressas ut, och två utskjutningar bör skapas på takkonstruktionen som matchar dessa. Detta för att kunna guida in takkonstruktionen så att den fästs in korrekt.

5.2.5 Delsystem tätning

En intervju genomfördes där det undersöktes vilken av de två möjliga tätningarna lim och gummilist som är bäst lämpad att använda. Intervjun ställdes till en expert på tätning på Volvo Personvagnar, nedan följer en sammanfattning av det som sades under denna intervju.

På frågan om att använda gummilist kan vara en bra tätningsmetod så var svaret att för tätning så används gummilist enbart för öppningsbara komponenter, som till exempel dörrar och fönster. Det används aldrig för fasta installationer, på grund av flera anledningar. Främst är det för att gummilisten aldrig blir fullständigt tät samt att egenskaperna förändras med tiden. Kemikalier och hårt väder sliter på gummit, och över tid så åldras det även. Gummi behöver även snäva toleranser i tillverkningen.

Ibland används tätningskitt i skarvar, men inte heller tätningskitt blir fullständigt tätt. För att uppnå fullständig tätning används istället limning, då limfogen skapar en fullständig tätning. Limfogen har även möjlighet att ta upp toleransskillnader mellan de komponenter som limmas.

5.2.6 Delsystem ljusinsläpp

Kravet på ljusinsläpp i kupén kan uppnås på två huvudsakliga sätt. Antingen genom att använda glas som en del av eller hela konstruktionen eller att använda ett delvis transparent material vilket alltså är ljusgenomsläppligt men som man inte kan se in eller ut genom. Färdiga glaskomponenter som beter som fönster vilka kan vara öppningsbara eller inte finns tillgängliga på Volvo Personvagnar i form av komponenterna glastak, soltak och panoramatak.

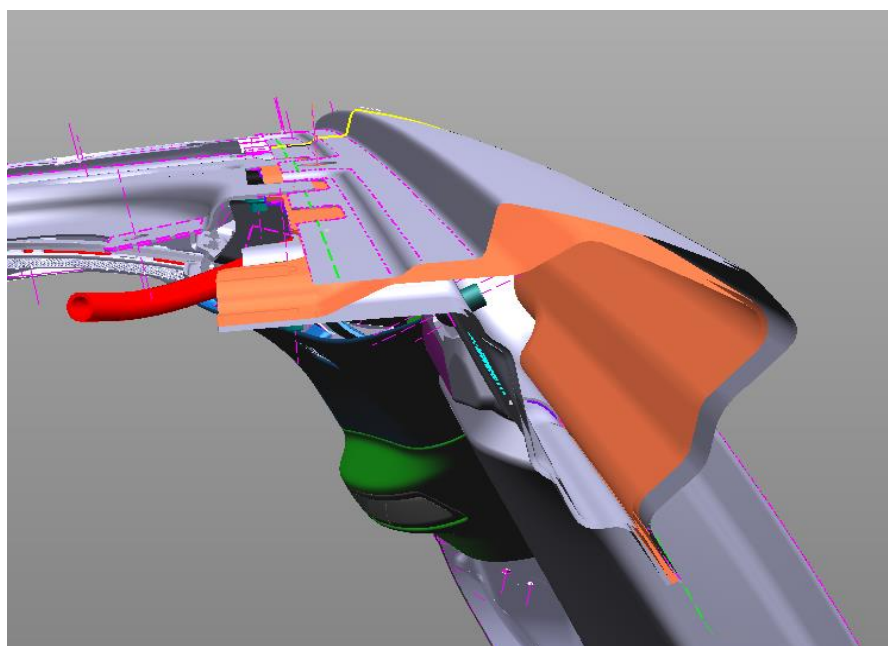
Glastaket är det största av de tre med ungefärliga dimensioner 1,2x1,2 m och är inte öppningsbart. Panoramataket och soltaket är öppningsbara där panoramataket är något mindre än glastaket och soltaket är det minsta av de tre med dimensioner 86x47 cm. Se figur 7 nedan.



Figur 7. Volvo Personvagnar glaskomponenter: glastak, soltak och panoramatak. Använd med tillstånd från Volvo Personvagnar.

5.3 Förening av kupéutrymmet med nya utrymmet i det förhöjda taket

För att få tillträde till det nyvunna utrymmet som det förhöjda taket skulle ge så måste den befintliga takplåten öppnas upp på något sätt. Efter initiala diskussioner med handledarna så insågs det att den enklaste lösningen var helt enkelt att låta bli att montera takplåten och att anpassa taklösningens gränssnitt mot flänsen för takplåtsinfästningen (markerad med grön streckad linje i figur 8). Detta för att maximera ökningen av utrymmet och göra insteget så bra som möjligt.

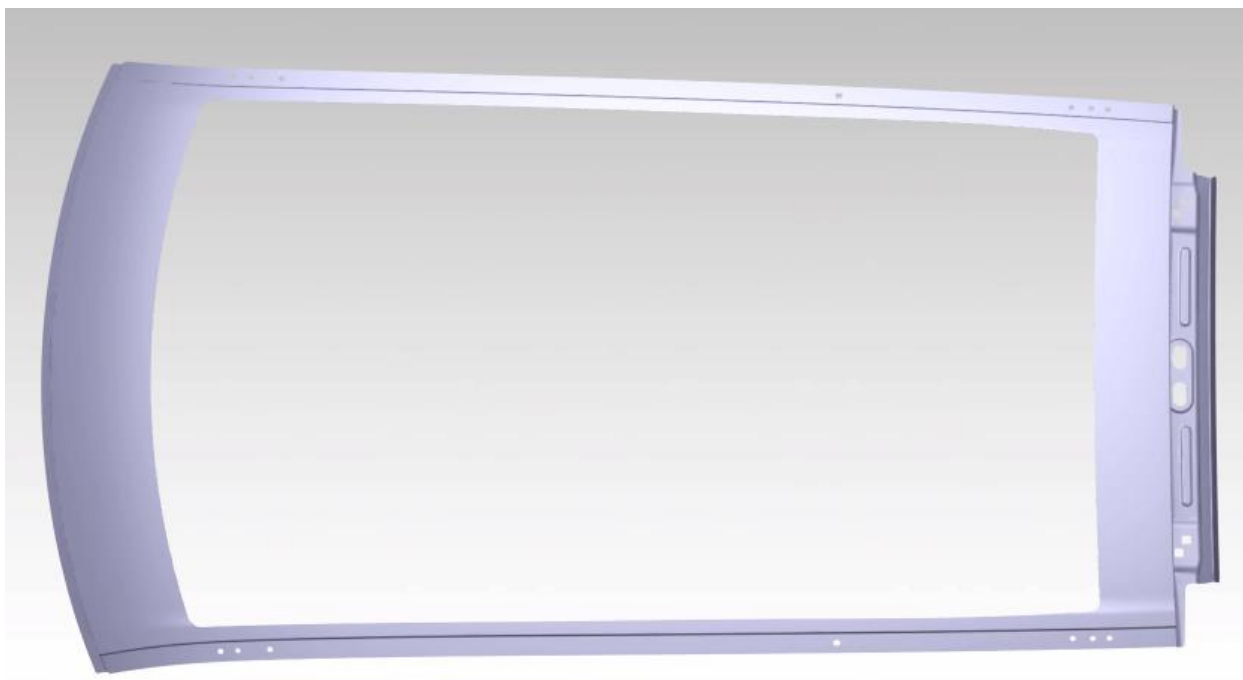


Figur 8. Bild från CAD- modellen av takkonstruktion utan takplåt, snitt vid cantrailern.

Detta undersöktes vidare genom diskussion med en ingenjör på avdelningen Side inner engineering. Ett snitt togs vid cantrailern, se figur 8 ovan där det konstaterade att den inre strukturen i cantrailern, vilken syns i orange i snittet, sträcker sig längre in i kupéutrymmet än flänsen för takplåtsinfästningen. Det insågs då, efter diskussion med den tidigare nämnda ingenjören, att det skulle bli cantrailern som dikterade dimensionen på det förhöjda takutrymmet tvärs bilen.

Den första idén med ta bort takplåten ändrades till att låta den monteras som vanligt och fästa det förhöjda taket mot ytterkanten av takplåten. Förening av det ursprungliga kupéutrymmet med det nya utrymmet skulle istället ske genom att ta upp ett stort hål i takplåten, se figur 9

nedan. En stor fördel med att fästa produkten på takplåten är att en jämn yta för gränssnitt mot det förhöjda taket erhålls, vilket underlättar infästning och i synnerhet tätning.



Figur 9. Urklippt takplåt.

5.4 Konceptens egenskaper

I detta kapitel undersöks det hur de olika koncepten ser ut, väger, beter sig med mera för att i nästa skede kunna eliminera dem. Önskvärda dimensioner på produkten fastställdes genom mätning av skissmodellen samt kravet (1) på ökad takhöjd (kapitel 3.2 Slutgiltig kravspecifikation). Detta gav att produkten blir ungefär 225 cm lång och 105 cm bred med en maximal höjd av 16 cm. En uppskattning av det förhöjda takets area fås genom multiplicering av längd och bredd med ett påslag om 10 % på grund av den konvexa formen. Detta ger en area av ungefär 2,6 m².

5.4.1 Massa

Två viktiga faktorer som påverkar en personbils stabilitet, i vanlig situation som en skarp sväng, är läget av dess masscentrum och hur stor dess stödyta är, alltså hur långt isär hjulen sitter på hjulaxeln. Stödytan förändras såklart inte med tillägget av det förhöjda taket. Då det nya takets masscentrum ligger över bilens masscentrum kommer det nya sammanlagda

masscentrumet förskjutas uppåt sett från bilen. Detta är negativt då det kan ändra hur bilen beter sig i en krock. En annan aspekt som påverkas av ökad massa är såklart fordonets bränsleförbrukning.

En uppskattning av det förhöjda takets massa visas i tabell 3. Godstjockleken för plåt grundas på den plåt som används på Volvo Personvagnar idag. Samma för lamellglas, godstjockleken är den av en vanlig vindruta. Godstjocklek för glasfiberkomposit, kolfiberkomposit och Bcomps linfiberkomposit är uppskattade.

Tabell 3. Viktberäkningar av taket baserat på materialet i taket.

Material	Godstjocklek [mm]	Volym [cm ³]	Densitet [kg/m ³]	Massa [kg]
Plåt	0,8	1 890	7 850 ^[1]	14,8
Glasfiber-komposit	6	14 175	1 850 ^[1]	24,9
Kolfiber-komposit	4	9 450	1 550 ^[1]	14,6
Lamellglas	7	16 538	2 500 ^[1]	41,3
Linfiberkomposit	5	11 813	1 125 ^[2]	13,3

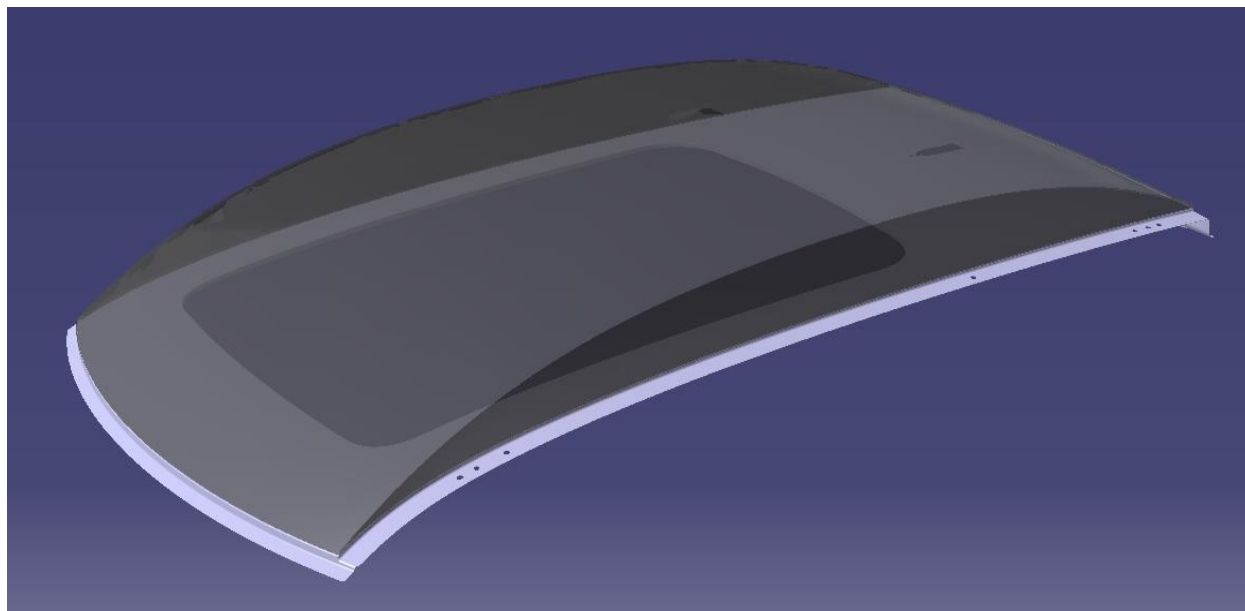
[1] enligt programvaran CES. [2] enligt företaget Bcomp.

5.4.2 Form för glaskoncept

En telefonintervju genomfördes med en projektledare på New model introduction på Pilkington Automotive Sverige AB vilket är en leverantör av bilglas till Volvo Personvagnar. Intervjuns syfte var att undersöka möjligheterna och begränsningarna i formning av ett lamellglas som skulle täcka in den volymen som höjningen av taket skulle resultera i. En sammanfattning av vad som sades i intervjun kan läsas i Bilaga B.

Slutsatsen av intervjun blev att det inte går att tillverka någon av de konceptuella formerna i ett stycke lamellglas med traditionella metoder då en dubbelkrökt yta är mycket svår att uppnå.

En lösning kan vara att tillverka en form som endast är krökt i en riktning och fylla sidorna med planglas eller annat material. En bild av cad-modellen togs fram för att visa hur detta skulle kunna se ut, se figur 10.



Figur 10. CAD-bild av glaskonceptet.

5.4.3 Materialens miljöpåverkan

De olika materialen som kan ses i den morfologiska matrisen har alla olika miljöpåverkan, där vissa material är bättre ur miljöhänseende än andra. En jämförelse gjordes därför i databasen CES Edupack (CES Edupack, 2019), resultatet visas i tabell 4 nedan.

Alla värden som finns i tabellen är ungefärliga, eftersom flera faktorer avgör resultatet. I tabellen jämförs tre huvudaspekter i framtagningen av materialen. Den första är energiåtgång, den andra är koldioxidavtrycket och det tredje är vattenåtgången vid framtagningen av materialet. Det tillkommer även en miljöpåverkan vid framställning av färdig produkt, där olika tillverkningsmetoder är olika bra ur miljöhänseende. Men då detta är en förstudie så är tillverkningsmetod inte ännu bestämd, varvid detta inte räknas med i denna jämförelse.

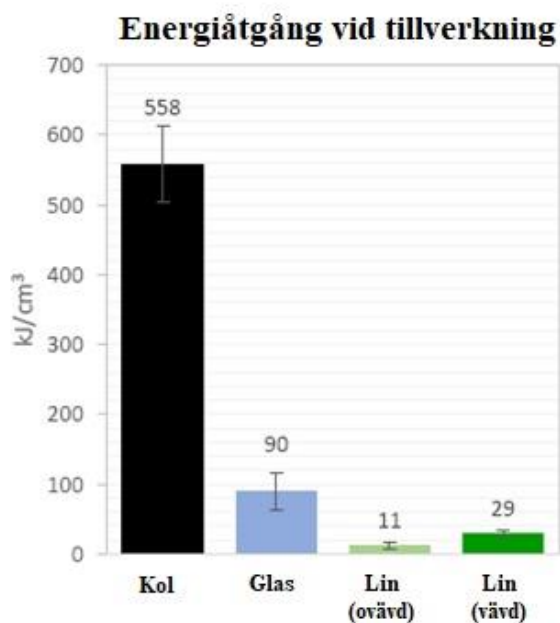
I tabellen nedan har polyamid använts för att jämföra termoplast mot andra material. Detta är för att denna plast är delkristallint, se intervjun med teknisk expert på polymera material, bilaga C.

Det kan läsas ur tabellen att vattenåtgången för tillverkningen av linfober är betydligt högre än för de övriga materialen. Det skall dock tas i åtanke att lin är ett organiskt material som odlas, och vattenåtgången, inklusive regnvatten, för detta är medräknat.

Tabell 4. Olika materials miljöpåverkan. (CES Edupack, 2019)

	Kolfiber	Glasfiber	Polyamid	Glas	Linfober (ovävd)
Energiåtgång [MJ/kg]	655-723	114-126	129-143	10,1-11,1	10,5-11,6
Koldioxidavtryck [kg koldioxid/kg material]	45,8-50,5	6,33-6,98	7,26-8	0,72-0,796	0,416-0,459
Vattenåtgång [liter vatten/kg material]	1340-1480	154-170	176-194	13,6-15,1	2980-3290

Resultatet av energiåtgången vid tillverkningen är likt det Bcomp presenterar i sitt produktdatablad, där även vävd linfober finns med. Notera att energin mäts per volymenhet. Se figur 11 nedan.



Figur 11. Energiåtgång vid framtagning av material. (Technical Data Sheet - ampliTex, 2019)

Linfiber har även den fördelen att det materialet uppfyller kriterierna för Volvos 2025-mål. Det målet säger att år 2025 skall 25 % av all plast i Volvo Personvagnar bilar vara återvunnen (Volvo Car Group, 2018). Även naturliga fibrer, vilket linfiber är, räknas med i detta, enligt teknisk expert på polymera material på Volvo Personvagnar (personlig kommunikation, 24 april 2019).

5.4.4 Integrering av infoskärm

En önskan från Volvo Personvagnar är att en infoskärm skall kunna monteras på insidan av taket, se kravspecifikationen, där sedan texten skall kunna läsas av förbipasserande på gatan. För att detta skall vara möjligt behöver materialet som det förhöjda taket är tillverkat av antingen vara transparent, alternativt vara väldigt ljusgenomsläppligt så att texten lyser igenom materialet. En önskan från Volvo Personvagnar är att denna infoskärm skall vara monterad på långsidorna av taket.

5.4.5 Integrering av sensorer

Diverse sensorer behöver kunna integreras inuti det förhöjda taket. Samtidigt bör inte sensorerna ta upp kupéutrymme som skulle kunna användas till passagerarna i bilen. I utformningen av taket behöver alltså detta tas i beaktande.

5.5 Koncepteliminering

Ur den ursprungliga morfologiska matrisen kan 1120 möjliga varianter av koncept finnas, efter tidigare nämnda elimineringar återstår ett tiotal. För att effektivt kunna eliminera sämre koncept till förmån för bättre så grupperades koncepten tillsammans efter gemensamma dellösningar med icke önskvärda egenskaper. Därefter användes en elimineringsmatris för att utföra den första elimineringen.

5.5.1 Elimineringsmatris

Resultatet av den första elimineringen kan ses i elimineringsmatrisen nedan. Om gruppen av koncept inte uppnår ett kriterium i matrisen så elimineras den direkt och behöver därmed inte testas mot övriga kriterier.

Lösning	Elimineringsmatris								Elimineringskriterier (+) Ja (-) Nej Beslut (+) Fullfölj lösning (-) Eliminera lösning	
	Alla krav uppfylls	Löser huvudproblemet	Realiserbar	Formen bra i NVH hänseende	Formen är kompatibel med materialet	Materialet har godtagbar prestanda för ändamålet	Helt akkonstruktionen har en acceptabel vikt	Alla dellösningar har ett syfte		
									Kommentar	Beslut
1. Lösningar som inkluderar formerna 2, 3, 8 & 11	+	+	+	-					[1]	-
2. Lösningar som inkluderar plåt	+	+	-						[2]	-
3. Lösningar som inkluderar termoplast	+	+	+	+	+	-			[3]	-
4. Lösningar som inkluderar laminerat glas	+	+	+	+	+	+	-		[4]	-
5. Lösningar som inkluderar gummilist	+	+	+	+	+	-			[5]	-
6. Lösningar som inkluderar svetsning	+	+	-						[6]	-
7. Lösningar som inkluderar skruv & popnit	+	+	+	+	+	+	+	-	[7]	-
8. Resterande lösningar	+	+	+	+	+	+	+	+	[8]	+

Figur 12. *Elimineringsmatris.*

[1] Vålvda kanter i utformningen är betydligt styvare än rakare kanter, se intervju i bilaga G, detta innebär mindre vibrationer i materialet. Vilket i sin tur innebär mindre oljud i kupé och bättre NVH.

[2] För plåtformning kommer det krävas nya plåtformningsverktyg till fabriken, vilket blir orealistisk prismässigt för de låga volymer av taket som skulle tillverkas, därav är den lösningen inte realistisk enligt handledare på Volvo.

[3] Oförstärkt plast saknar den strukturella styvhet och styrkan som krävs för karosskonstruktion, se intervju i bilaga C.

[4] Glas har en hög densitet, att bygga ett helt tak av laminerat glas kommer bli väldigt tungt, ca 40 kg pålagd vikt, se kapitel 5.4.1, och kraftigt påverka bilens prestanda och bränsleförbrukning negativt.

[5] Gummilist används för tätning vid dörrar och rutor som skall kunna öppnas, men aldrig för fasta infästningar. Gummilist är inte fullständigt tät, den är också känslig för kemikalier och hårt väder. Gummi åldras även med tiden och försämras, se kapitel 5.2.5.

[6] Svetsning används för infästning plåt mot plåt, då plåt som material eliminerats så elimineras även svetsning som följd.

[7] Då limning redan eliminerats fram som bästa tätningsmetod, se kapitel 5.2.4 och kommentar 5, så är övrig infästning onödig eftersom lim även är en infästningsmetod.

[8] Resterande lösningar bedöms vidare i Kesselringsmatrisen.

5.5.2 Kesselrings metod

Fyra koncept blev kvar efter elimineringsmatrisen, dessa fyra koncept kan ses i tabell 5 nedan. Dessa fyra koncept jämförs sedan med Kesselrings metod enligt Johannesson m.fl. (2004). Ett alternativ till Kesselrings metod är Pughs metod, där ett referenskoncept jämförs mot övriga koncept. För att få ett bra resultat behöver denna process upprepas några gånger för att eliminera bort alla sämre lösningar. Därav användes Kesselrings metod då hela elimineringen kan göras i en matris, det framkommer även värden på hur mycket bättre ett koncept är jämfört med övriga koncept, vilket saknas i Pughs metod.

Med Kesselrings metod så jämförs koncepten utifrån hur väl de uppfyller önskemålen i kravspecifikationen. Varje önskemål är viktat på en skala mellan 1 till 5 över hur viktiga de är, där ett bedöms som väldigt obetydlig och fem bedöms som väldigt viktig. Vikten av varje önskemål är given av kund på Volvo Personvagnar efter intervju med dessa.

Tabell 5. De fyra koncept som blev kvar efter elimineringsmatrisen.

Koncept	Form	Ljusgenomsläpp	Material	Infästning	Tätning
1.	Form 4	Glastak	Kolfiberkomposit	Lim	Lim
2.	Form 4	Glastak	Glasfiberkomposit	Lim	Lim
3.	Form 4	Transparent material	Linfiberkomposit	Lim	Lim
4.	Form 4	Glastak	Linfiberkomposit	Lim	Lim

Varje dellösning i koncepten är också bedömda på en skala mellan 1 till 5 över i hur väl dessa uppfyller önskemålen. Önskemålens vikt (w) och värdet av hur väl dellösningen uppfyller önskemålet (v) multipliceras ihop och produkten bildar värdet (t) för det önskemålet. Alla dessa värden för varje önskemål summeras sedan ihop för konceptet som helhet och jämförs mot det ideala värdet som kan uppnås. Resultatet visas i tabell 6 nedan. Det kan ses i Kesselringsmatrisen att koncept 1 och 2 har lägst värden. Dessa två koncept elimineras därför och kvar blir koncept 3 och 4. Dessa två koncept blir de slutgiltiga som arbetas vidare med.

Tabell 6. Kesselryningsmatris.

Kriterium		Lösningalternativ									
		Ideal		Koncept 1		Koncept 2		Koncept 3		Koncept 4	
	w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t
God aerodynamik	4	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20
Låg vikt	3	5	15	3	9	1	3	5	15	4	12
Estetiskt tilltalande	3	5	15	4	12	2	6	5	15	5	15
Integrera sidoinfoskärm	2	5	10	0	0	0	0	5	10	5	10
Integrera sensorer	3	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15
Uppfällbara sensorer	2	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Kunna uppta laster vid rullning, sidokrock och pålkrock	3	5	15	4	12	2	6	0	0	0	0
Kunna motstå genomträngning av objekt vid rollover	3	5	15	5	15	3	9	3	9	3	9
Materialet är återvinningsbart och miljövänligt	4	5	20	0	0	2	8	4	16	4	16
Materialet uppnår kriterier för Volvos 2025 mål	5	5	25	0	0	0	0	5	25	5	25
Total = $\sum t_j$		160		83		67		125		122	
$T/T_{\max}$		1		0,52		0,42		0,78		0,76	
Rangordning		-		3		4		1		2	

5.6 Slutgiltiga koncept

De två slutgiltiga koncepten är båda konstruerade i företaget Bcomps linfiberkomposit. De har samma runda mjuka former och är fästade och tätade med lim mot karossen. Det som skiljer dem åt är det ökade ljusinsläppet som konceptet med glastak bidrar med.

5.6.1 Bilder av slutgiltiga koncept

I figur 13 och 14 nedan kan det ses hur de två slutgiltiga koncepten blev. Det enda som skiljer det två koncepten åt är glastaket i det ena konceptet.



Figur 13. CAD-bilder av koncept 3, linfiberkomposit.

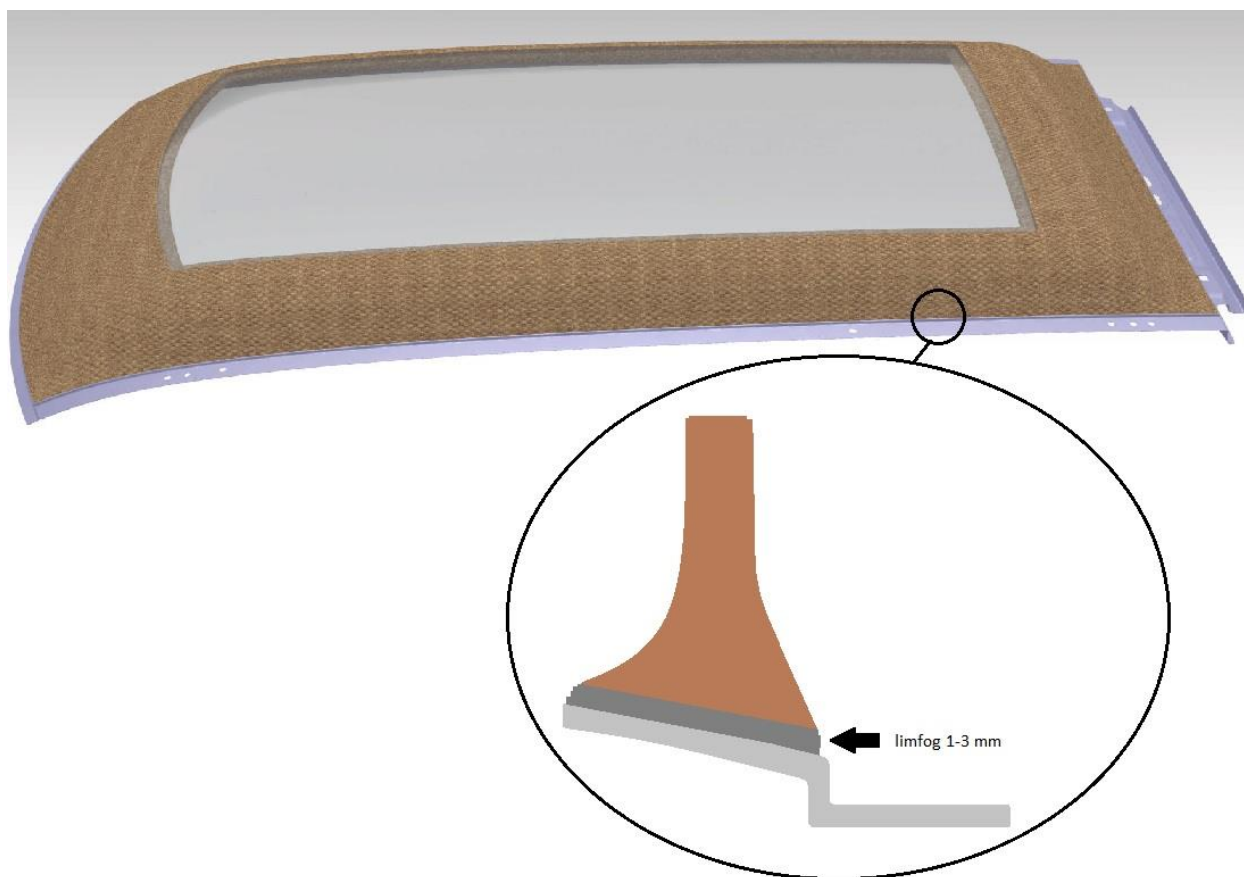


Figur 14. CAD-bilder av koncept 4, linfiberkomposit med glastak. .

5.6.2 Infästning mot övrig kaross

Lösningen för komposittakets infästning mot övriga karossen kan ses i figur 15 nedan. En förtjockning av materialet behöver göras i kompositen vid gränssnittet mellan plåt och komposit. Detta är för att skapa en tillräckligt bred limfog för att uppnå god styrka i infästningen. Att göra denna breddning i den form som bilden beskriver var en inrådan från Lars Perbo på Faiber Komposit, se bilaga F. Anledningen till att denna form är att föredra är att den är enkel att gjuta i tillverkningsprocessen enligt Lars Perbo.

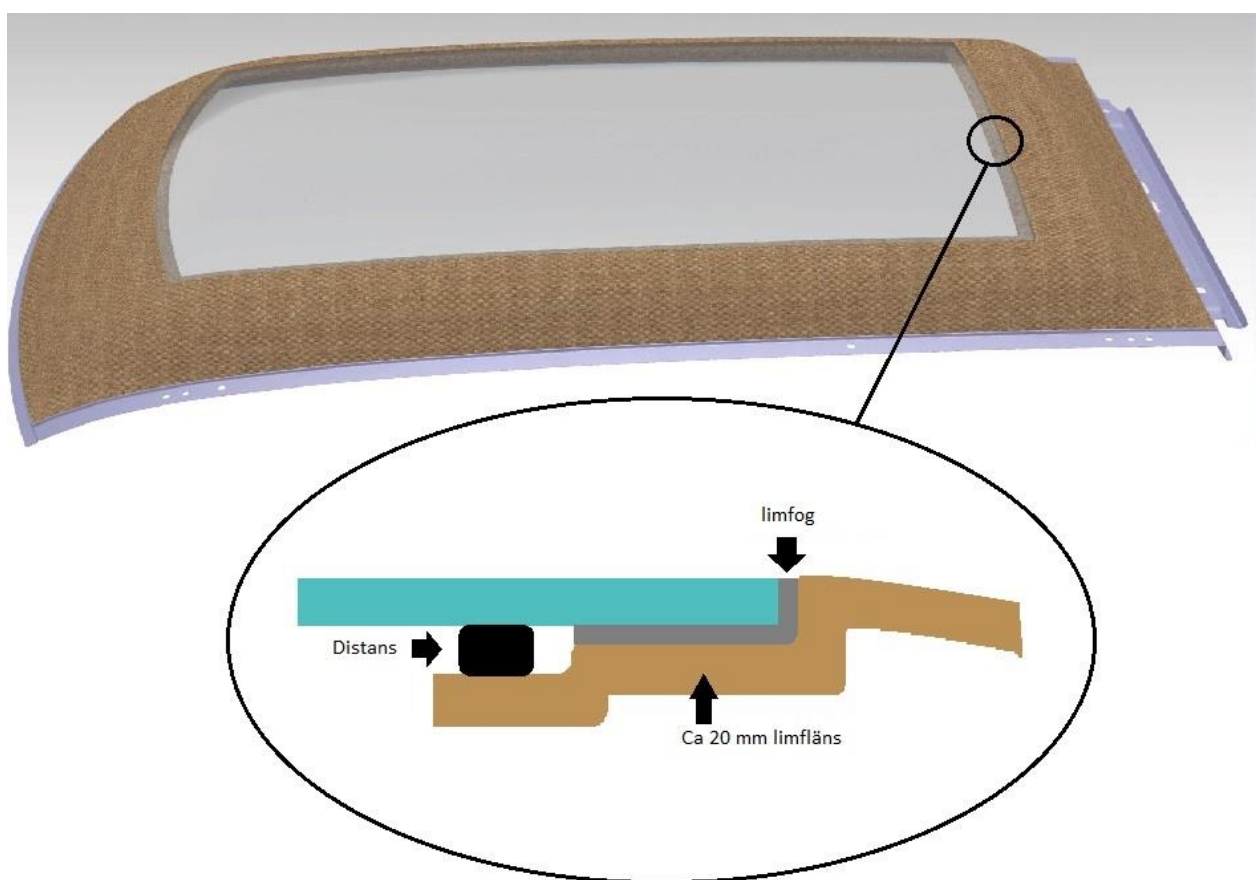
Hur bred limfogen behöver göras är svårt att svara på, enligt Per Mårtensson, som arbetar på Bcomp. För att svara på detta behövs vidare beräkningar enligt Mårtensson (personlig kommunikation, 13 maj 2019). Limmet som högst troligt kan användas är Betaforce 9050M, som idag används på Volvo för infästning mellan kolfiberkomposit och plåt, se kapitel 5.2.4.



Figur 16. Komposittakets infästning mot plåten.

5.6.3 Glastakets infästning mot kompositen

Lösningen för infästningen av glastaket kan ses i figur 17 nedan. Lösningen är standard på Volvo Personvagnar för infästning av glastak, enligt specialist på panoramatak på Volvo Personvagnar (personlig kommunikation, 10 april 2019). Distansen i bilden används för att limfogen skall få önskat höjdmått, och inte plattas till av tyngden på glasskivan medan limmet härdar.



Figur 17. Infästning av glastaket.

5.6.4 Integrering av sensorer och sidoinfoskärm

Lösningen för integrering av sensorer kan ses i figur 18 nedan. I främre och bakre delen av kupén, inne i det ursprungliga taket, sitter balkar som kan ta upp krockkrafter, på Volvo Personvagnar kallade A - balk och D - balk. Dessa balkar blir kvar fortsatt, därav kan en förhöjning av taket inte göras här. Utrymmet ovan balkarna kan istället användas för att inhysa sensorer, se inringade områdena i figur 18 nedan. Sidoinfoskärmar kan fästas i det område som är utmärkt i figur 19, där texten från skärmarna lyser ut genom sidan av taket på båda sidor.



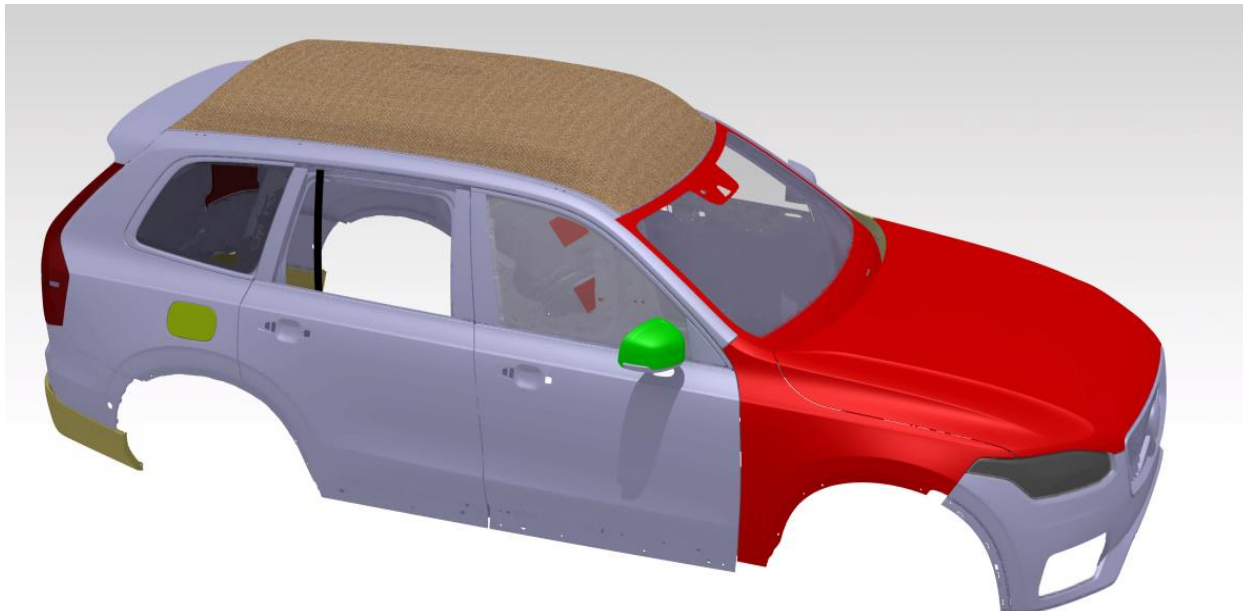
Figur 18. Utrymme i taket för sensorer.



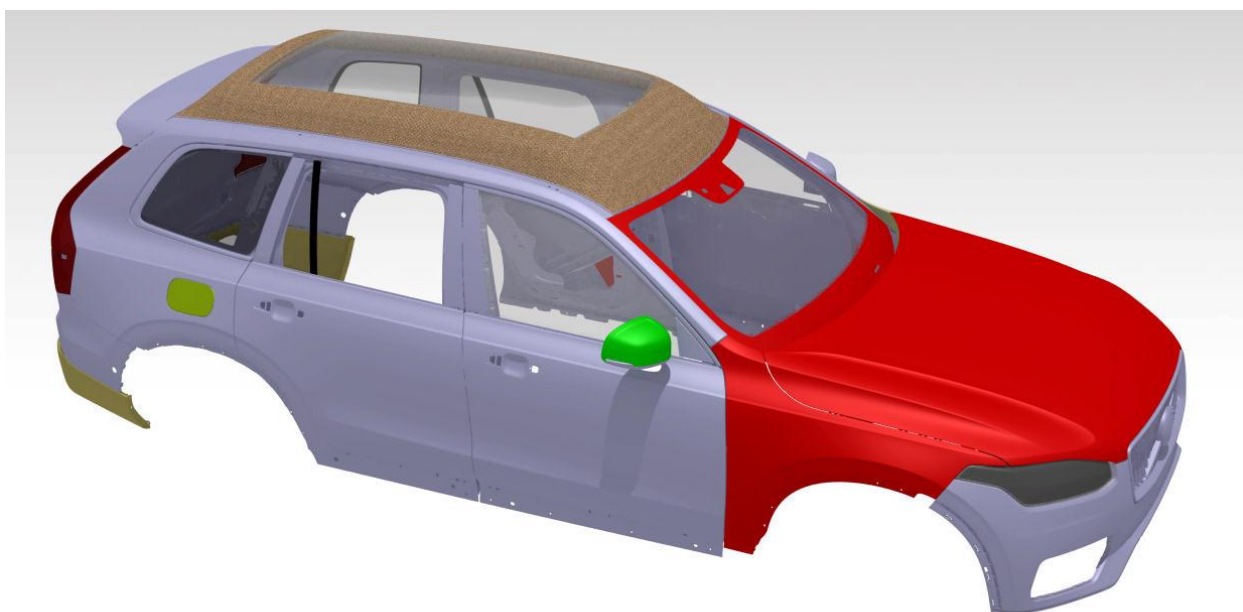
Figur 19. Utrymme i taket för sidoinfoskärmar.

5.6.5 Bilder av koncept på Volvo XC90 kaross

Här visas bilder på hur de två koncepten ser ut tillsammans med övrig kaross på Volvo XC90.



Figur 20. Bild av koncept 3, linfiberkomposit utan glastak på Volvo XC90.



Figur 21. Bild av koncept 4, linfiberkomposit med glastak på Volvo XC90.

5.6.6 Bilder på utskriven 3D – modell

Två 3D – modeller skrevs ut, efter önskan från Volvo Personvagnar. De två modellerna föreställer de två slutgiltiga koncept som togs fram, därav har en modell med ett glastak medan den andra modellen är utan glastak. Bild på 3D – modellen visas här nedan.



Figur 22. Bild av utskriven 3D-modell.

6. FÖRSLAG PÅ VIDARE ARBETE

I detta kapitel ges förslag på vad som bör beaktas i det fall att det konceptuella underlag som ges i denna rapport eventuellt skulle komma att ligga som underlag för ett fortsatt arbete.

6.1 Tillverkning

Då den slutgiltiga produkten är relativt stor skulle den med hänseende till tillverkning kunna delas upp i flera mindre delar vilket i sig skulle kunna möjliggöra bättre toleranser, göra produkten mer modulär och underlätta hantering. Själva tillverkningen av det förhöjda taket bör förläggas till ett företag som jobbar med gjutning av kompositmaterial och framtagandet av erforderliga former då mycket kunskap redan finns om detta på externa företag vilket skulle spara tid och pengar.

6.2 Montering och ergonomi vid montering

När det kommer till montering så finns två sätt att applicera lim och montera det förhöjda taket. Antingen med handkraft eller genom användandet av robot eller en kombination av de båda. I det beslutet bör faktorer som kostnad, felintensitet och ergonomi beaktas. Robotar har hög initialkostnad då de ska installeras och programmeras men en låg löpande kostnad i form av underhåll. Manuell arbetskraft har låg initialkostnad då verktyg oftast finns tillgängliga men hög löpande kostnad i form av lön och sociala kostnader. Robotar gör sällan fel även om det finns en inkörningsperiod där robotarna trimmas in i arbetet vilket slutligen ger en låg felintensitet.

Ergonomi vid monteringsarbete är en viktig aspekt för personal som arbetar med detta. Arbetsmiljöverket (2018) säger att "Belastningsbesvär uppkommer ofta i samband med tunga lyft, repetitivt arbete, obekväma, ansträngande och påfrestande arbetsställningar och arbetsrörelser." Då tidigare uppskattning av produktens vikt visar på en ungefärlig vikt av 15 kg och till följd av produktens storlek och placering ovanpå bilen med en monteringshöjd av 177,6 cm (Volvo Personvagnar. (2019) Volvo XC90 dimensions) bör resulterande arbetsställning ses som obekväm och ansträngande. En möjlig lösning som skulle kunna undersökas om manuell arbetskraft väljs är något slags lyfthjälp, till exempel travers eller bom med höj- och sänkbar sug- eller klämanordning.

6.3 Aerodynamik

En enkel strömningsberäkning gjordes för att mäta luftmotståndet, detta för att jämföra karossen med den ursprungliga takplåten och karossen med det förhöjda taket. Beräkningen gjordes i en virtuell vindtunnel i datorprogrammet Autodesk Flow Design (Autodesk, 2019). Resultatet kan ses i bilaga I. Då det inte gick att göra en modell av hela bilen för test så är resultatet dock missvisande. Det enda som kan utläsas med säkerhet är att det nya taket har sämre aerodynamik än det förra, vilket var förväntat. I ett vidare arbete så skulle en bättre strömningsberäkning kunna utföras på taket för att ytterligare optimera utformningen av det.

6.4 Innertak

Ett innertak skulle behöva utvecklas för att dölja utskärningen i takplåten samt för att dölja exponerade delar av cantrailern, se figur 8 i kapitel 5.3. Det behövs också för att dölja eventuella infoskärmar som fästs på sidorna av det förhöjda taket. Förslagsvis bör innertaket enbart täcka sidorna av det förhöjda taket och inte ovandelen av det, detta för att inte motverka det ljusgenomsläpp som linfibern medger och som bidrar till känslan av rymlighet inne i kupén.

7. DISKUSSION OCH SLUTSATS

Både termoplast och hårdplast användas som matris till linfibern. Vilket av dessa som är bäst beror på flera faktorer, bland annat är det beroende på volymen i produktionen. I mindre volymer så är hårdplaster att föredra på grund av dess lägre tillverkningskostnader. Hårdplaster används också traditionellt för komposit som skall användas för exteriöra komponenter, då dessa har en högre hållfasthet. En stor nackdel med hårdplaster är dock att dessa inte går att återvinna, endast förbränna för att få tillbaka en del av den energi som gått åt vid tillverkningen av kompositen. Termoplaster blir dyrare i produktion vid mindre produktionsvolymer men de kan istället återvinnas. Då miljöaspekten är viktig för Volvo Personvagnar så kan detta vara att föredra, och med större volymer så minskas även priset för varje tak tillverkat. Linfibern i sig är också ett väldigt miljövänligt material, vilket starkt talar för att matrisen även bör vara så miljövänlig som möjligt. Med termoplaster går det även att blanda in en viss del återvunnen plast, vilket bidrar till Volvos 2025-mål.

Hur tjock linfiberkompositen bör vara är svårt att svara på i detta tidiga skede i projektet. För detta behövs vidare beräkningar. Även vilken plast som används som matris i kompositen påverkar hur tjock kompositen behöver göras.

En återblick på omvärldsanalysen som gjordes under arbetets gång visar att de framtagna koncept skiljer sig markant från andra lösningar redan ute på marknaden vilket är ett grundläggande villkor för framgångsrik produktutveckling.

En viss subjektivitet införs i Kesselringsmetod vid bedömningen av hur väl dellösningarna uppfyller önskemålen. Dessa bedömningsvärden är uppskattade, och därmed förloras en del av objektiviteten. Då skillnaden i slutvärde för de koncept som eliminerats och de som blev de slutgiltiga koncepten var stor, så bedömdes det att resultatet inte hade ändrats markant vid en förändring i bedömningen i de fall som var tveksamma.

Syftet med detta arbete har varit att konstruera ett biltak med ökad takhöjd för att skapa rymlighet i kupén genom att öka kupéutrymmet. Syftet var också att öka rörligheten för passagerarna inne i kupén. Dessa syften har tillgodosetts genom framtagandet av de koncept som visats. En annan viktig del i hur rymlig en personbil upplevs är hur insteget till kupén ser ut. Detta ligger utanför projekt omfång men kan ses som en starkt bidragande faktor till hur rymligheten upplevs då det i realiteten är insteget som begränsar den totala upplevda känslan

av rymlighet. Att undersöka en omkonstruktion av insteget med allt som det skulle medföra i form av omarbetning av stolpar, takbalkar, plåtar med mera ses som ett väldigt stort arbete i jämförelse med att enbart omkonstruera takplåten som gjorts i detta projekt. Dock skulle som sagt en omkonstruktion av insteget bidra starkt till hur den totala upplevelsen av rymlighet blir vilket skulle kunna vara intressant för Volvo Personvagnar del.

Slutsatsen av arbetet är att det är fullt möjligt att göra en förhöjning av taket till Volvo XC90 genom att enbart höja takdelen och på så vis öka kupéutrymmet. Detta tak kan även monteras i eftermonteringen (C-fabriken).

8. REFERENSER

Arbetsmiljöverket. (2018). Arbetsställning och belastning – ergonomi. Hämtad 2019-05-14 från <https://www.av.se/halsa-och-sakerhet/arbetsställning-och-belastning---ergonomi/>

Ashby, M. Shercliff, H. Cebon, D. (2014). Materials - ENGINEERING, SCIENCE, PROCESSING AND DESIGN.

Autodesk (2019). Autodesk Flow Design [Datorprogram]. Hämtad från <https://www.autodesk.com/education/free-software/flow-design>

Bcomp. (2019) Technical Data Sheet - ampliTex Ref. 5040.

CES Edupack 2018 [Datorprogram] Hämtad från Chalmers tekniska högskola.

Glasbransch-föreningen. (2019). *Krav på glas i fordon*. Hämtad 2019-04-26 från <https://www.gbf.se/anlita-foretag/bilglasarbete/krav-pa-glas-i-fordon>

Johannesson, H. Persson, J-G. Pettersson, D. (2013). Produktutveckling - effektiva metoder för konstruktion och design. Stockholm: Liber.

Vi bilägare. (2015). Plötsligt exploderade taket. Hämtad 2019-05-08 från <http://www.vibilagare.se/nyheter/plotsligt-exploderade-taket>

Volvo Personvagnar. (2019) Volvo XC90 dimensions. Hämtad 2019-05-14 från <https://www.volvocars.com/intl/cars/new-models/xc90/specifications/dimensions>

Volvo Car Group. (2018). *Volvo Personvagnar aims for 25 per cent recycled plastics in every new car from 2025*. Hämtad 2019-05-15 från <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/230703/volvo-cars-aims-for-25-per-cent-recycled-plastics-in-every-new-car-from-2025>

BILAGOR

Bilaga A - Formkoncept i modellera

1.



2.



3.



4.



5.



6.



7.



8.



9.



10.



11.



Bilaga B - Telefonintervju med projektledare på New model introduction på Pilkington Automotive Sverige AB

Nedan följer en kort sammanfattning vilken återspeglar det som sades under denna intervju:

Laminerat glas eller lamellglas är två eller flera glasskivor ihoplimmade med mellanliggande plastfolie. För att tillverka ett välvtt lamellglas såsom i framrutan på en bil så formar man de två glasskivorna först i en ugn uppvärmd till runt 700 °C och låter gravitationen forma glaset, så kallad sag-böjning. För mer komplicerade former används pressböjning. Efter formningen kan man antingen härda glaset genom att snabbt kyla ner det eller låta det svalna långsamt beroende på vilka egenskaper man vill ge glaset. Sedan separerar man glasskivorna och lägger ett tunt ark av PVB (polyvinylbutural) emellan. För att få ut luften mellan lagren används antingen rullar eller vakuumpress. Lagren binds därefter samman i en autoklav, en slags ugn med både värme och tryck, vilken också gör plastfilmen transparent.

Eftersom det är svårt att göra en dubbelkrökt yta vore en lösning att endast kröka lamellglaset i bilens längdriktning och fylla de resterande halvmåneformade ytorna på sidorna med ytterligare glas eller annat material. I en sådan här stor glaskonstruktion bör även solskyddsfilm inkluderas för att det inte ska bli för varmt i kupéutrymmet.

Bilaga C - Intervju med teknisk specialist på polymera material

Nedan följer en sammanfattning vilken återspeglar det som sades under denna intervju:

För ert takprojekt så kommer det krävas någon form av komposit därför att du behöver en strukturell styvhet och styrka i materialet. Det går inte jämföra ett plåtskal med ett plastskal och få samma mekaniska egenskaper, det är orimligt. Det kommer behövas någon form av komposit, antingen med en matris av kolfiber, glasfiber eller något biomaterial.

All tillverkning av kompositkomponenter sker idag hos Volvos underleverantörer. Inget sådan tillverkning sker inne i Volvos fabriker.

Det finns ett företag som heter Bcomp, som jobbar med kompositer med matriser innehållande linfiber, det ser ut som ett rutnät av sydda lintrådar. Fördelen är att man kan få bra styvhet och samtidigt få ner vikten, då man kan använda mindre matris för samma styvhet per yta komposit. Linfiberkompositen har också den fördelen att den kan ta upp energi i materialet och deformeras, mer likt metall, än spricka sönder, vilket sker i kolfiber till exempel.

Annars skulle jag rekommendera att använda kolfiber, just med tanke på viktaspekten.

För att en komposit skall kunna bära last så behöver polymerkomponenten i kompositen vara delkristallint, där polyamid är att föredra, men även polypropen är lämpligt.

Kolfiber har högst E-modul, jämfört med komposit av glasfiber och biomaterial, men har den nackdelen att det är väldigt dyrt. Priset är tio gånger högre för kolfiberkomposit jämfört med samma mängd glasfiberkomposit. Bcomps linfiberkompositer har använts exteriört i en racingbil från Tesla samt i Volvos XC60 demobilen från 2018 i konstruktionen av tunnelkonsolen.

Bilaga D - Intervju med teknisk expert strukturella kompositer på Volvo Strategy, Concept & Advanced Engineering om kompositmaterial

Nedan följer en sammanfattning vilken återspeglar det som sades under denna intervju:

På Volvo används inte så mycket strukturella kompositer men på Volvo Polestar 1 används kolfiberväv som i förväg är impregnerad med epoxy, så kallad "prepreg". Det går till så att prepregen läggs i en ensidig form skikt för skikt med vakuumpåse vilken tätas mot formen. Allt körs sedan i en autoklav vilket är en trycksatt ugn där temperaturen rampas upp. Glasfiber och polyuretan är också en kombination vilket har använts till bladfjädrar. V40 har gjorts med kolfiber/epoxy tak med RTM (Resin transfer molding).

Mer komplex geometri kan uppnås med kompositmaterial än med traditionell plåt i ett stycke. Ganska skarpa hörn kan uppnås dock inte lika skarpa som med plåt. För att forma kompositer i stora volymer så skulle dubbelsidiga pressformnings av stål vara valet vilket är dyrt. Fördelen med kompositmaterial är att kostnaden hålls nere vid mindre produktion av mer manuell typ. Kompositmaterial är dyrare än traditionell plåt men vid en låg produktionsvolym kan det på det hela bli billigare per detalj.

Tittar man på infästning är limning att föredra men även möjlig med skruv eller nit. Infärgning av glasfiber-komposit är möjlig, kolfiber-komposit är opak svart ur formen, båda är lackbara. Fibermaterialet är sprött men beroende på ingjutning kan kompositen bete sig duktilt. Energiabsorberande krockstrukturer kan tillverkas i komposit genom form även om det inte är lätt. Variation av fiberns riktning ger olika mekaniska egenskaper.

Tittar man på själva fibern så är kolfibern svart opak och glasfibern är matt ofärgad ljusgenomsläpplig vilken i kombination med en transparent härdplast skulle kunna ge önskvärt ljusgenomsläpp.

Kolfiber-komposit är ett väldigt bra material ur vikthänseende med en densitet på 1500-1600 kg/m³.

Katcon är ett företag som gör bland annat exteriöra paneler i sandwich-form. Nilsson Special Vehicles är ett annat företag som specialbygger bilar till exempel ambulanser vilka just har en överbyggnad i kompositmaterial. Faiber Komposit är ett annat företag som sysslar med samma sak.

När man gjuter ihop kompositen kan man samtidigt passa på att göra hål eller göra uttag för fönster med mera. En form med en “veckad” struktur ger upphov till bättre mekaniska egenskaper. Eventuella sandwich-element görs också i samband med gjutningen då man helt enkelt lägger i någon slags plastskum/foam mellan “prepreggen”.

Bilaga E - Telefonintervju med Per Mårtensson på Bcomp om linfiberkomposit

Nedan följer en sammanfattning vilken återspeglar det som sades under denna intervju:

Eftersom eran struktur sitter väldigt högt upp på bilen så kommer vikten vara väldigt viktigt för balansen av hela bilen och för att förhindra att bilen rullar över på taket vid krock. I det avseendet så är våra material väldigt optimala, då ni kan göra lätta konstruktioner som även blir väldigt styva och som har bra egenskaper för vibrationsdämpning. Vilket i sin tur medger en tystare kupé. Materialet deformerar också mjukt, likt hur metall deformeras, vilket förhindrar vasst splitter som kan skada passagerarna vid krock. Om ni därutöver vill skapa en struktur som skall kunna motstå krockkrafter så kommer ni behöva göra en väldigt tung konstruktion, eftersom ni kommer behöva betydligt mer material. Ni kommer också behöva överdimensionera infästningen mot plåten för att den skall kunna motstå krafterna vid roll-over.

Detta kommer leda till att ni kommer behöva använda glasfiber eller kolfiber istället. Om ni använder glasfiber kommer det bli för tungt det med, och använder ni kolfiber kommer det fortfarande bli ganska tungt samt bli spröda brott med vassa kanter. Därav skulle jag rekommendera att ni bygger en struktur som är lätt och styv, och som deformeras mjukt. Och sen låter cantrailern, A-balken och D-balken ta upp krafterna vid krock.

Bcomps linfiberkomposit används i karossen idag av Tesla i deras ETG-racingbilar, samt i Posches och Ashton Martins karosser i deras GT4 racingbilar. I alla dessa bilar finns det då en stålstruktur under som tar upp lasterna vid krock, så det handlar om rätt material på rätt plats.

Jag har arbetat med kolfiber i 20 år, och kolfiber är ett fantastiskt material för styrka gentemot densitet, men i många konstruktioner idag så används kolfiber även i de delar som endast behöver vara styva, vilket är en slöseri med pengar. Det är i dessa delar som man med fördel kan använda linfiberkomposit istället.

Linfiberkomposit förstärkt med powerribs kan konstrueras så att vikten blir likvärdig en liknande konstruktion av kolfiberkomposit. Densiteten för linfibrerna ligger på 1450 kg/m^3 och plasten ligger generellt runt 1000 kg/m^3 . Glasfiberkomposit blir dock tyngre, på ett cirka värde minst 30 % tyngre jämfört med linfiberkomposit och kolfiberkomposit. Linfiber har samma styvhet som glasfiber, fast med halva densiteten. Jämfört med en plåtkonstruktion så har en kolfiberkomposit och linfiberkomposit halva densiteten ungefär.

När det kommer till skador orsakade av UV-strålning så går det att undvika med rätt sorts UV-beständig plast. Linfiber har också en förmåga att suga till sig vatten ifall den kommer i kontakt med det, vilket skulle kunna ske om det blir en djup reva i kompositen som går ända in till fibrerna. Det man får göra i det fallet är att ta in den för lagning där man byter ut fibrerna i de skadade områdena och sen lackar om den berörda delen av kompositen igen, lite liknande en rostlagning på en plåtkaross. Där krävs alltså tydliga reparationskrav.

Man kan använda både härdplaster och termoplaster i denna konstruktionen, det är volymen i produktionen som avgör vilken metod som är mest rimlig att använda. I små produktioner är härdplaster att föredra med för större produktioner fungerar det med termoplaster med. Det går också att använda återvunnen plast, vilket bland annat användes i Volvos Demobil från 2018. Prestandan på den plasten kommer dock vara betydligt sämre.

Istället för återvinning är återanvändning att föredra. Det finns det lite olika möjligheter, man kan förbränna hela kompositen för att utvinna energin, man kan även mala ner kompositen och återanvända i en formspruta för en annan produkt, detta förutsätter att en termoplast används.

När det kommer till toleranser så skall man vara medveten om att plasterna kan krympa något, dock så tror Per Mårtensson att det är enklare att uppnå toleranskraven i komposit, förutsatt att den tillverkas i en bra form, än vad det är i pressad plåt.

Per Mårtensson rekommenderar lim som infästningsmetod, det är även möjligt att använda skruvförband. Om skruvarna endast skall användas som positionerings guide och för att spänna taket mot plåten under limningen så kan man skruva direkt i kompositmaterialet. Om skruvförbanden dock skall vara den primära infästningsmetoden så krävs att man gjuter in metallgänger i kompositen.

Då materialet är ljusgenomsläppligt så är det fullt möjligt att integrera en led-skärm på insidan där texten lyser igenom materialet så det kan läsas från utsidan, samt också åt andra hållet, att dagsljus kan komma in genom taket och öka känslan av rymlighet. Materialet har används runt lampor idag just för denna egenskap. I dessa fall är det valet av lack som avgör ljusgenomsläppet, samt att en transparent plast används, vilket till exempel epoxy alltid är om pigment blandas in den. Även termoplaster är möjligt att få transparent.

När det kommer till pris så kostar linfiberkomposit 30 - 40 % mindre än kolfiber.

Slutligen bekräftade Per Mårtensson att Bcomps material är känt av Volvos design och beräkningsavdelningar redan, och även har implementerats i Volvo Personvagnar Demobil, då i tunnelkonsolen.

Bilaga F - Studiebesök på Faiber komposit och intervju med teknik- och utvecklingsansvarig Lars Perbo

Ett studiebesök gjordes på Faiber Komposit, då de i dagsläget tillverkar kompositkarosserna till Volvo XC90 ambulansen samt Volvo V90 likbilen. De använder kolfiber för exteriören i dessa strukturer, samt glasfiber i interiören. En intervju gjordes med Lars Perbo under rundturen. Frågorna var främst vilken infästningsmetod som används som standard idag, huruvida kompositen kan motstå genomträngning av föremål vid krock samt hur tätning görs mellan plåtkaross och kompositkaross i ambulansen och likbilen.

Det ställdes också en fråga om gränssnittet mellan plåt och komposit bör se ut. Svaren var att det är limning som används inom branschen som standard, där även limfogen blir en tätningslist mellan plåt och kaross, vilket lim som är lämplig att använda beror mycket på ytskiktet på plåten samt vilken komposit som skall fästas. Som regel är det enligt Lars betydligt enklare att fästa limmet mot plåt som är lackerad med en grundfärg än att fästa mot olackerad plåt. Enligt Lars agerar fiberväven i en glasfiber- eller kolfiberkomposit som ett nät som delvis kan bromsa objekt som är på väg att tränga igenom. När det kommer till gränssnittet mellan plåt och komposit så rekommenderade Lars att man lade mer material nära infästningen så att det finns ett 6 mm bred yta på kompositen som limmet kan fästa emot.

Bilaga G - Intervju med NVH CAE ingenjör

Nedan följer en sammanfattning vilken återspeglar det som sades under denna intervju:

Att göra ett plasttak skulle vara något nytt för Volvo. Ett gjutet plasttak kan ha gjutna ribbor för att öka styvheten. Ribbor på tvären av bilen. En metod för att optimera strukturen på taket är att använda sig av topologioptimering. Man tar exempelvis ett 1 dm tjockt plasttak och låter en optimeringsalgoritm utifrån aktuell lastfall bestämma var materialet behövs mest och reducerar onödigt material på det sättet. En risk som belyses är att ett material som inte används tidigare kan ge sämre prestanda. En kupolform är att föredra ur styvhetsaspekt. Få hörn och kanter är också fördelaktigt

Ur ett NVH-perspektiv så är det i de flesta fall fördelaktigt med en styv konstruktion som har hög massa. En övergång till plasttak (jämfört med stål eller glas) kommer antagligen minska båda dessa faktorer vilket innebär en risk för försämrade NVH prestanda.

Bilaga H - Materialdata på ampliTex



Bcomp

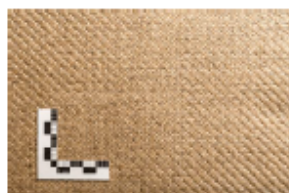
| **ampliTex™**

Technical Data Sheet
ampliTex™ Ref. 5040
rev. a

ampliTex™

Art. No. 5040

twill 2/2 fabric 300 gsm



ampliTex™ 5040 is a bidirectional fabric with fibers oriented at 0° and 90°, suitable for manufacturing of high performance composite products with low environmental impact. The twill weave guarantees an ideal balance between drapability and antislip properties, suited for the manufacturing of complex parts. The use of untwisted yarns ensures high laminate stiffness.

Fabric architecture

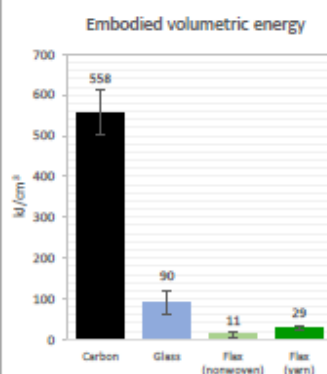
Fibre type : Flax (EU)
Construction : twill 2/2 weave
Yarn Tex : 300 tex
Fabric weight : 300 gsm +/- 5%
150 gsm in each direction

Dimensions

Standard width : 1000 mm
Standard roll length : 50 m

Ecological Aspects

Grown in France and Belgium, the flax used at Bcomp is a regional resource. Production of flax has a negative global warming indicator because of the CO₂ sequestration by photosynthesis.
Find more details on bcomp.ch.



Technical Performances

The flax fibres used in ampliTex™ fabrics have a modulus of about 60 GPa and a tensile strength of 800 MPa, which makes them a performing technical fibre. Comparing the specific stiffness of ampliTex™ and glass fibres shows that the tensile performance of ampliTex™ fabrics is about 50% better. Further advantages are vibration damping properties which are much greater compared to glass or carbon fibre, and less fragile fracture behavior than carbon fibre.

Tensile Properties	
Young's Modulus // to fibres (GPa)	19.4
Young's Modulus ⊥ to fibres (GPa)	19.4
Strength // to fibres (MPa)	129.5
Strength ⊥ to fibres (MPa)	129.5
Strain to failure // to fibres (%)	1.05
Strain to failure ⊥ to fibres (%)	1.05

Flexural Properties	
Modulus // to fibres (GPa)	17.9
Modulus ⊥ to fibres (GPa)	17.9
Strength // to fibres (MPa)	201
Strength ⊥ to fibres (MPa)	201
Yield strength, Rp0.2 // (MPa)	134

Ply Properties	
Density dry fibers (Kg/m³)	1450
Ply thickness (mm) @ 43% 60% VF	0.48 0.34

* Mechanical Properties evaluated on specimens manufactured from 6 layers of prepreg, cured under pressure of 6 bar, Fibre-Volume Fraction of 53%.

Processing Guidelines

- Excellent compatibility with epoxy and polyester
- Near-zero CTE, hence full processing compatibility with carbon fibres
- Compatible with infusion-based processes (vacuum infusion, RTM), wet layup, bladder inflation moulding (BIM) and compression moulding
- Flax fibers always contain some humidity under ambient conditions. Some resins (especially polyesters) are sensitive to moisture and may poorly polymerize or create bubbles. In this case we recommend drying the fabrics prior use (110°C for 15 minutes)
- Fibre weight fraction of 60% can be achieved with process pressure > 5 bars. However, the fibres absorb a lot of resin when hand-laminating and it tends to look "dry" (unless too much resin is used) before pressure is applied. We recommend controlling the amount of resin used for laminating and impregnating with 50 to 60% resin in weight. Excess resin will be squeezed out while pressing.

All data given is based on representative samples of the materials in question. Since the method and circumstances under which these materials are processed and tested are key to their performance, and Bcomp has no assurance of how its customers will use the material, the company cannot guarantee these properties.



Bcomp Ltd. | www.bcomp.ch | contact@bcomp.ch

Bilaga I - Flödesberäkningar i Autodesk Flow Design

Första bilden visar resultatet av en flödesberäkning av kaross med det gamla taket och andra bilden visar flödesberäkningen av kaross med det nya förhöjda taket.

