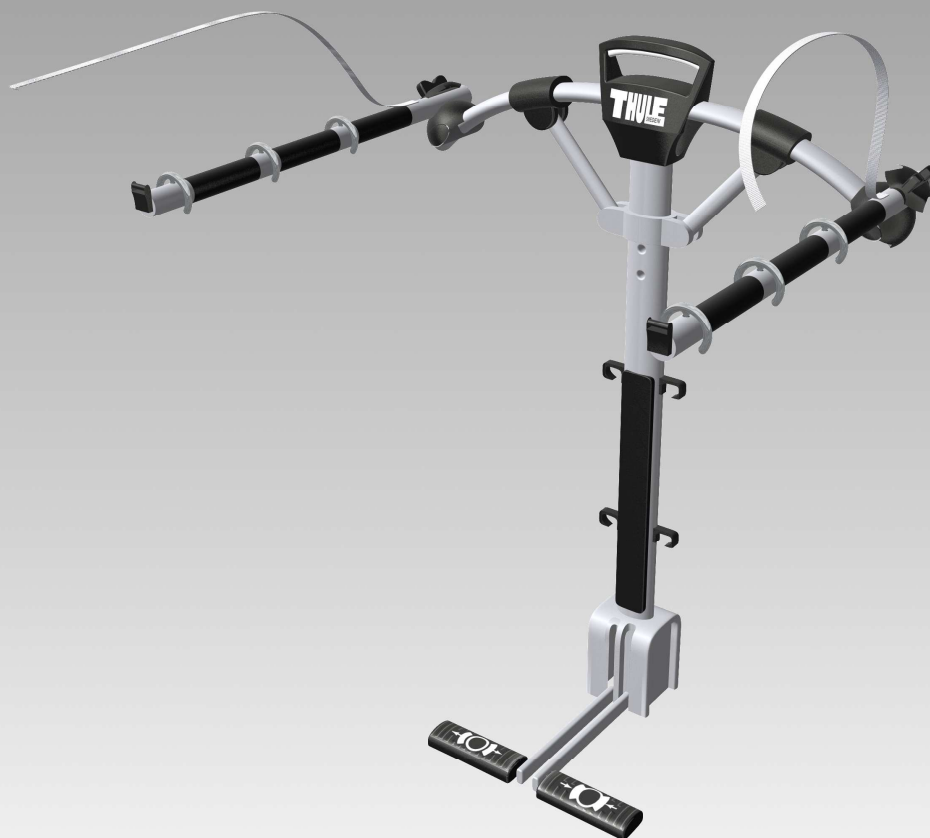


CHALMERS



Thule HangOn Next Generation

Utveckling av dragkroksmonterad cykelhållare

Kandidatarbete i Teknisk design

Maria Ernfors, Sven-Ivar Karlsson

Kim Niskanen, Peter Sörensen

Institutionen för Produkt och Produktionsutveckling

Avdelningen Design & Human Factors

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2011

Thule HangOn Next Generation

Utveckling av dragkroksmonterad cykelhållare

Kandidatarbete i civilingenjörsprogrammet i Teknisk Design och civilingenjörsprogrammet Maskinteknik

Maria Ernfors, Sven-Ivar Karlsson, Kim Niskanen och Peter Sörensen

Handledare: Pontus Engelbrektsson

Examinator: Örjan Söderberg

Institutionen för Produkt och Produktionsutveckling
Avdelningen Design & Human Factors

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2011

Kandidatarbete PPUX03

Thule HangOn Next Generation – Utveckling av dragkroksmonterad cykelhållare

Kandidatarbete i civilingenjörsprogrammet i Teknisk Design och civilingenjörsprogrammet Maskinteknik

© Maria Ernfors, Sven-Ivar Karlsson, Kim Niskanen och Peter Sörensen

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg, Sverige

Telefon +46(0) 31-772 1000

Omslagsfoto: Peter Sörensen

Tryck: Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling

Sammanfattning

Detta projekt är genomfört som ett kandidatarbete på Teknisk Design vid Chalmers tekniska högskola i samarbete med företaget Thule Sweden. Projektet syftar till att utveckla en dragkroksmonterad cykelhållare för bil i Thules befintliga produktserie *HangOn*. Till stöd används en referensprodukt; *Thule HangOn 972* - som tillhör den övre prisklassen i serien och har kapacitet för tre cyklar, samt en tilt-funktion som medger åtkomst av bagageutrymme då produkten är monterad.

Produkttypen som denna referensprodukt tillhör saknar idag tydliga starka konkurrenter (i Sverige). Kontinuerlig vidareutveckling på området krävs dock för att bibehålla sin ledande position och kunna tillföra nya produkter på marknaden, vilket motiverar ett projekt av denna typ.

Innovation, användbarhet och design är tre nyckelord i detta projekt. Det är ett faktum att samtliga produkter inom detta produktsegment idag har i princip samma utformning; två armar vilka man lastar på cyklarna på. Detta resulterade i stort initialt fokus på att hitta helt nya lösningar på den uppgift som produkten har för avsikt att utföra - att transportera cyklar.

Mer icke-konventionella lösningar togs fram under utvecklingsprocessen, vilka dock visade sig väcka oro kring praktiska aspekter, så väl som bristande i att uttrycka pålitlighet gentemot potentiella kunder. Cykelhållare av denna typ anses vara relativa enkla produkter och att drastiskt förändra en sådan produkt väcker per automatik osäkerhet.

Detta ihop med ytterligare avgränsningar för att matcha produkten till en befintlig produktserie medförde ett något skiftat fokus, där de framtagna koncepten och nytänkandet kombinerades med den nuvarande referensprodukten. På så sätt kunde man få fram ett nytt, nytänkande och bättre koncept - ett koncept som på ett smidigare sätt kan transportera cyklar och då även damcyklar (vilket idag är bristfällig i produktsegmentet), samt vara smidigare och enklare att hantera och förvara.

Som stöd för projektets framgång; vid val av fokus och konstruktionsfrågor har det genomgående gjorts undersökningar i form av användartest och frågeformulär. Även praktiska tester och insamling av nödvändig data har genomförts.

Sökord: Thule, cykelhållare, dragkrok, bil, fordon, transport, cykel, cyklar, produktutveckling, produkt, utveckling, konstruktion, design, kandidatrapport, projekt

Abstract

This is a bachelor's thesis is done for Industrial Design Engineering at Chalmers University of Technology in collaboration with Thule Sweden, with the purpose of developing a tow bar mounted bike carrier in Thule's existent product series *HangOn*. The *Thule Hang On 972* is used as a reference throughout the project. This reference belongs to the upper price tag segment with capacity of three bikes and the ability to utilize tilt functionality which provide access to the trunk while the carrier is mounted.

This particular reference product lacks distinct competition (in Sweden). It is yet needed to preserve a continuous product development to maintain a leading position and to be able to release new products to the customers, which motivates a project such as this.

Innovation, usability and design are three keywords for this project, and it's a fact that all products of this type do look like one another as they all share the same principles; two outpointing bars that holds the bikes. This resulted in a great initial focus on finding all new solutions for the task that is to be solved - carry/transport bikes.

More innovative concepts were developed throughout the process, although these proved to raise concerns regarding practical aspects, as well as lacking in expressing reliability; both against potential customers and as a product. Bike carriers of this type are generally considered as an uncomplicated product and by redesigning such a product drastically will automatically awake concerns and worriment.

This together with additional limitations and directives to match an existent product lines, resulted in a slightly shifted point of focus, where the developed concepts along with innovation were combined with the reference product. In this way a new, innovative and improved concept evolved - a product that in a more flexible way could carry/transport bikes, including open frame bikes (which the existent products today flaws), while being more easy and mobile to use and store.

Throughout the whole project studies have been made and investigations in terms of usability tests, surveys, practical tests and collection of required information. This has been made to provide support in the development process where point of focus has altered, different choices has been made regarding the construction and general progression of the project.

Keywords: Thule, bike, bicycle, cycle, carrier, carriers, tow bar, car, vehicle, transport, product development, construction, design, bachelor, thesis, project

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
Abstract.....	6
Innehållsförteckning	7
1: Inledning.....	10
1.1 Bakgrund.....	10
1.2 Uppdrag.....	10
1.3 Referensprodukt	11
1.3.1 Brukargrupp	11
1.3.2 Designriktlinjer	11
1.4 Syfte	11
1.5 Mål	11
1.6 Avgränsningar	12
2: Teori – metoder och verktyg	13
2.1 Datainsamling	13
2.1.1 Användbarhetstest	13
2.1.2 Observation.....	13
2.1.3 Enkätundersökning.....	13
2.2 Analysmetoder.....	14
2.2.1 Funktionsanalys.....	14
2.2.2 Hierarchic Task Analysis – HTA.....	14
2.2.3 Cognitive Walkthrough – CW	14
2.2.4 Predictive Human Error Analysis – PHEA.....	15
2.2.5 Usability	15
2.2.6 Livscykelanalys – LCA.....	16
2.2.7 Expression board	16
2.3 Idégenerering.....	16
2.3.1 Slumpord.....	16
2.3.2 Brainstorming.....	16
2.3.3 Stafettskissning	17
2.3.4 Idégenerering utifrån användbarhetstester	17
2.3.5 Morfologisk matris	17
2.4 Utvärdering.....	17
2.4.1 Kravspecifikation	17
2.4.2 Rapid Upper Limb Assessment – RULA.....	17
2.4.3 Rapid Entire Body Assessment – REBA	17
2.4.4 Dimensioneringsberäkningar	18
2.4.5 Pugh-matris.....	18
2.4.6 Ergonomisimulering	18

2.4.7 Scenario	19
3: Genomförande	20
3.1 Projektplanering.....	20
3.2 Problemformulering.....	20
3.2.1 Uppdrag	20
3.2.2 Analys av referensprodukten.....	21
3.2.3 Företagets produktidentitet	28
3.2.4 Användare.....	29
3.2.5 Marknaden.....	29
3.2.6 Uttryck	30
3.3 Framtagning av underlag.....	30
3.3.1 Undersökning av cykelmodeller.....	30
3.3.2 Användbarhetstest.....	31
3.3.3 Intervjuer	31
3.4 Kravlistning	32
3.5 Idégenerering.....	34
3.6 Konkurrentanalys.....	34
3.7 Konceptframtagning I.....	35
3.7.1 Koncept 1	35
3.7.2 Koncept 2	36
3.7.3 Koncept 3	37
3.7.4 Koncept 4.....	38
3.7.5 Koncept 5	39
3.7.6 Koncept 6.....	40
3.8 Val av koncept I.....	41
3.9 Delredovisning - Mittpunkt i projektet.....	41
3.9.1 Delredovisning för Teknisk Design	41
3.9.2 Skifte av fokus - Konceptframtagning II.....	41
3.9.3 Delredovisning för Thule.....	44
3.9.4 Sammanfattning mittpunkt	45
3.10 Vidareutveckling	45
3.10.1 Ytterligare undersökningar	46
3.10.2 Sammanfattning av studier.....	48
3.10.3 Utveckling av delsystem	49
3.11 Utvärdering.....	57
3.11.1 Användningssituation och hantering.....	57
3.11.2 Funktionsmodeller.....	58
3.11.3 Hållfasthet.....	58
3.11.4 Uttryck	59
3.12 Materialstudie.....	61
4: Slutresultat	62

4.1 Slutkoncept	62
4.1.1 Stativet	62
4.1.2 Bygelarmar	65
4.1.3 Låsleder	66
4.1.4 Kulhuset	67
4.1.5 Tilt	68
4.2 Utvärdering av valt koncept	69
4.2.1 Scenario	69
4.2.2 Förvaring	70
4.2.3 Ergonomi	71
4.2.4 Tillverkning	72
4.2.5 Uttryck	72
4.2.6 Användbarhet	73
4.2.7 Användningsmoment	73
4.3 Livscykelanalys (LCA) på det nya konceptet	74
4.3.1 Livscykelfaser	74
4.3.2 Socialt perspektiv	77
5: Diskussion	79
5.1 Resultat	79
5.1.1 Funktion	79
5.1.2 Uttryck	80
5.1.3 Hantering	80
5.1.4 Lösningar	81
5.1.5 Miljöpåverkan	83
5.1.6 Innovation	84
5.1.7 Konkurrensförmåga	84
5.2 Metoder	84
5.3 Genomförande	85
5.4 Vidareutveckling	86
6: Slutsats	88
Källförteckning	89
Bilagor	91

1: Inledning

Denna rapport beskriver projektarbetet som gjorts i samband med kandidatarbetet för Thule Sweden där ett nytt koncept för cykelhållare skulle utvecklas för produktserien *HangOn*. Först presenteras bakgrunden för projektet i form av företaget, uppdraget och projektets mål. Därefter presenteras *teori* och de *metoder* som använts genom hela projektet. Därefter följer ett kapitel med *genomförande* där det som gjorts i projektet och vad det resulterat i presenteras löpande steg för steg. Slutkonceptet presenteras slutligen i ett separat kapitel *slutresultat*, följt av en *diskussion* kring projektet som en helhet samt en *slutsats*.

1.1 Bakgrund

Det aktiva livet ligger idag inte lika nära för alla som det en gång gjorde. Behovet att ta med sig sin sportutrustning till tävlingar, sommarstugor och på semester är uppenbart och därför fylls marknaden med produkter som skall göra detta möjligt på ett enkelt och säkert sätt. Marknaden är i ständig rörelse och för att hålla sig främst i utvecklingen krävs ständig utveckling mot nyare, mer miljövänliga och användarvänliga som är mer attraktiva än konkurrenternas.

Thule har en lång historia av utveckling och tillverkning och deras senare historia inriktar sig på framtagning och produktion av utrustning för säker, enkel och stilfull transport av sportutrustning; exempelvis taktäckor, takboxar, cykelhållare och deras komponenter. Utöver detta äger de idag ett flertal dotterbolag runt om i världen som tillverkar bland annat släpkärror och snökedjor. Cykelhållare och deras relaterade system utgör ungefär en fjärdedel av Thules biltillbehörsutbud.

Enligt Thules utvecklingsledning upplever de en stagnation i utvecklandet kring cykelhållare och valde därför att ta in lite friskt och ungt tänkande i form av studenter från Chalmers. Deras cykelhållare har funnits på marknaden i 6 år och deras konkurrenter har redan plockat upp deras teknik och lösningar och producerar idag snarlika produkter över hela kontinenten. Därför vill Thule nu ta steget framåt för att öka försprånget till sina konkurrenter igen.

1.2 Uppdrag

Thules uppdrag till projektgruppen var att ta fram ett eller flera förslag på en produkt som skulle kunna lanseras till våren 2013 (teoretiskt sett 1 år efter projektets avslut). Produkten skall vara en vidareutveckling av befintlig eller en helt ny dragkroksmonterad hållare för hängande cyklar, *HangOn*, som passar väl in i Thules produktfamilj.

Vidare måste den klara av en mängd krav ställda av branschstandarder och Thule själva; vilka kan återfinnas i den kravspecifikation som i detta projekt har utformats för produkten (se bilaga 7).

1.3 Referensprodukt

Cykelhållarens uppgift är att möjliggöra transport av cyklar för avsedd målgrupp, och för detta har Thule under åren tagit fram ett antal olika serier för olika behov och målgrupper.

Som referens för detta projekt används produkten *Thule HangOn 972* – som är den dyraste varianten i serien i dagsläget. Dagens *HangOn*-serie kännetecknas av att vara en relativt simpel dragkroksmonterad produkt som är lätthanterlig såväl som smidig, då den är hopfällbar och har en låg vikt gentemot Thules andra produktkategorier.

1.3.1 Brukargrupp

Thule Sweden har en väl definierad målgrupp, bestående av tre grupper: sportentusiaster, aktiva familjer som vill ta med sig utrustning på semesterar och utflykter, samt professionella som vill kunna ha med sig verktyg på ett effektivt och säkert sätt.

1.3.2 Designriktlinjer

En viktig del i uppdraget är att produkten ska ha en "Thule-look", då den ska passa in i den befintliga produktfamiljen, såväl som företagets hela produktutbud. Thule strävar efter att alla produkters formgivning ska bidra till funktionen och samtidigt ha aerodynamiska element med långa uttrycksfulla linjer. En viktig konkurrensfördel är Thules kvalité och säkerhet och därför är det viktigt att produktens design reflekterar detta och att materialen klarar av påfrestningarna väl. De färger som används i produktsortimentet är matt-svart, silver, grått och vitt som komplementfärg.

Sammanfattningsvis kan det sägas att den tekniska innovationen ska uttryckas genom attraktiv och tålig design, med hjälp av högkvalitativa material och tidlös formgivning.

1.4 Syfte

Syftet med projektet är att vidareutveckla en produkt inom *HangOn*-serien som Thule Sweden skall kunna producera. Extra vikt skall läggas vid utseende, användarvänlighet och nytänkande.

1.5 Mål

Genom produktutveckling skall en ny innovativ produkt i serien *HangOn* tas fram som på ett bättre och smidigare sätt än referensprodukten transporterar cyklar och produkten i sig ska vara mer flexibel vid hantering och förvaring. Detta mäts bland annat genom att testa hur hög percentil av dagens cykelmodeller som kan transporteras på cykelhållaren, samt hur lång tid det tar för monteringen av cykelhållaren.

1.6 Avgränsningar

- I undersökningar kommer projektet att begränsas till Thules målgrupp i Sverige, företrädesvis aktiva familjer, då en världsomfattande undersökning skulle bli alltför tidskrävande.
- Initialt fanns en avgränsning att Thules befintliga monteringsmekanism för cykelhållare på dragkrok (kulhuset) kommer att behållas eftersom en nykonstruktion av en sådan lösning är alltför komplicerat, dock kan utveckling av befintligt system göras. Under projektet kom denna avgränsning dock att frångås.
- Konstruktionsmässiga avgränsningar kommer även göras på så vis att slutprodukten passar produktserien *HangOn*, det vill säga att cyklarna på något vis skall *hänga*. Detta för att konceptet ska passa in på produktseriens namn.
- Hänsyn till produktionsekonomiska aspekter kommer i första hand inte tas. Grundläggande ekonomiska aspekter vid val av tillverkningsmetodval kommer att beaktas, men att göra en undersökning i Thules redan etablerade position och relation till underleverantörer är en alltför komplex uppgift för att omfattas i detta projekt.

2: Teori – metoder och verktyg

I detta kapitel skall de olika metoder och verktyg som används under projektets gång beskrivas mer i detalj. Dessa har använts genomgående under projektet för utveckling och utvärderande.

2.1 Datainsamling

2.1.1 Användbarhetstest

En viktig del vid analysering av en produkt är att studera hur produkten fungerar och används praktiskt. Man kan ha en god bild av hur en produkt rent teoretiskt ska fungera, men vid praktiska genomföranden kan viss problematik som inte finns med i beräkningarna ändå uppstå. Ett användbarhetstest bidrar till en ökad förståelse för hur produkten hanteras. Ett antal testpersoner, ombeds testa produktens funktioner samtidigt som de får berätta vad de upplever och anser om den. Andelen problem som fås fram i förhållande till hur många personer som används till testerna bildar en logaritmisk kurva, vilket gör att vid tester på 6 personer förväntas man få fram cirka 85% av problemen, medans tester med 12 personer visar 99%. (Nielsen 1993)

2.1.2 Observation

Under användbarhetstester och undersökningar kan användare observeras vid hantering av en produkt och kan på så vis fås en bredare uppfattning av hur olika personer betar sig. Man får då information om hur produkten brukas på olika sätt, om produkten är lättförstådd eller vad som är lättast att göra fel. Hanteringen dokumenteras fördelaktligen med foton och videoupptagning som senare kan användas för till exempel utvärdering.

2.1.3 Enkätundersökning

För att få ytterligare information kan man ta fram frågeformulär med frågeställningar kring olika aspekter eller frågor som man söker svar på. Dessa kan i sin tur användas som underlag för olika åtaganden; exempelvis hur något skall utformas eller vad som ska prioriteras vid olika beslut. Frågor kan vara av olika typ beroende på om man är ute efter värderande resultat eller jämförbara siffervärden. En vanlig typ av enkätfrågor är så kallade semantiska ordskalar där personen ombeds sätta ett betyg på hur produkten uppfattas. (Usability: Empiriska metoder - användbarhetstest)

2.2 Analyismetoder

2.2.1 Funktionsanalys

Utöver sin huvudfunktion kan produkter ha flera delfunktioner. En referensprodukt analyseras därför för att se vilka dessa delfunktioner är, och hur de utförs. Detta är intressant att studera för att ha som underlag; både vid utveckling av nya koncept, såväl som att kunna göra en jämförelse med efter det att framtagning av nytt koncept har skett. Har den nya produkten fler funktioner? Utförs funktionerna bättre eller smidigare?

2.2.2 Hierarchic Task Analysis – HTA

Genom en *Hierarchic Task Analysis* (HTA) delas uppgiften som ska utföras upp i mindre delar kopplade till produkten och dess hantering. Detta ger en överblick över de nödvändiga moment som användaren utför, samt produktens olika funktioner, vilket ger ett underlag för vidare analys. (Jordan 1998; Bohgard et al. 2008)

2.2.3 Cognitive Walkthrough – CW

I *Cognitive Walkthrough* (CW) identifieras användbarhetsproblem genom att studera en produkts funktioner. Produkten analyseras för att hitta de steg som behövs för att nå en specifik funktion, samt systemet är uppbyggt. För varje steg ställs följande frågor:

1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt? Det vill säga, inser användaren de steg som krävs för att nå ett givet slutmål?
2. Kommer användaren notera att rätt handling finns tillgänglig? Till exempel är knappen som ska användas (tillräckligt) synlig?
3. Kommer användaren associera korrekt handling med rätt effekt? D.v.s. hur tydligt är det att en given handling ger en given effekt.
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har fört uppgiften närmare målet? dvs. vilken feedback ges.

För att uppnå rätt resultat måste personen hitta den optimala sekvensen av handlingar, inte den trevande sekvens som ofta uppstår de första gångerna systemet används. (Jordan 1998)

2.2.4 Predictive Human Error Analysis – PHEA

Predictive Human Error Analysis (PHEA) är en metod som teoretiskt undersöker vilka användningsfel som kan uppkomma, och vilka konsekvenser detta ger. Vid varje steg i uppgiften ställs ett antal frågor:

Vilken handling kan användaren göra rätt/fel vid rätt tillfälle?

Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling?

Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning?

Om något fel upptäcks ställs följande följdfrågor:

Vad orsakade felet?

Vilken konsekvens gav felet?

Kommer användaren inse att felet gjorts?

Kan användaren åtgärda felet och återgå?

(Bohgard et al. 2008)

2.2.5 Usability

Usability utvärderas utifrån *effectiveness*, *efficiency* och *satisfaction*; med vilket resultat man löser uppgiften, hur effektivt det görs (mätts till exempel med antal moment som krävs eller tidsåtgången) och hur nöjd man är med resultatet. (ISO DIS 9241-11)

Dessa tre faktorer reflekteras i fem aspekter: *Guessability*, *Learnability*, *Experienced user performance*, *System potential* och *Re-usability*.

- *Guessability* är ett mått på hur lätt det är för en förstagångs-användare att använda produkten, hur många fel som görs och hur lång betänketid som krävs är viktiga mått.
- *Learnability* handlar om hur lätt produkten är att lära sig, vilket kan mätas genom att se om användaren ser ett mönster i hanteringen av produkten – om olika moment har liknande hantering.
- *Experienced user performance* visar om en van användare kan utnyttja produkten på ett högeffektivt sätt; om den är lätt att lära sig för ett längre perspektiv.
- *System potential* visar hur effektivt det är att använda systemet. Det kan till exempel beskrivas genom antalet moment som krävs för att uppnå önskad effekt. Många moment ger låg system potential.
- *Re-usability* beskrivs som möjligheten för en användare att återanvända produkten även efter ett långt uppehåll. Det kan mätas som den ansträngning som krävs för att komma ihåg hur produkten hanteras.

(Jordan 1998)

2.2.6 Livscykelanalys – LCA

Livscykelanalys (LCA) är ett hjälpmedel för att utvärdera en produkts miljöpåverkan från vagga till grav; det vill säga från insamling av råmaterial tills dess att produkten resthanteras. Olika aspekter av produktens livscykel kan studeras, såsom material och resurser vid produktion, men även transport och resthantering. Med hjälp av en LCA kan de områden som har störst miljöpåverkan upptäckas och därmed kan fokus läggas på att förbättra dessa istället för att jobba mindre fokuserat med alla områden.

2.2.7 Expression board

Med hjälp av en så kallad *expression board* skapas en beskrivning av det uttryck man vill att produkten ska utstråla med hjälp av ett bildkollage. Denna fungerar som inspiration för designen genom att gestalta ett eller flera ord som användaren ska förknippa med den färdiga produkten. En *expression board* hjälper även gruppen att enas kring produktens formgivning så att alla kan arbeta mot samma mål. (Österlin 2010)

2.3 Idégenerering

I den fas där man föder idéer till både dellösningar så väl som totallösningar av koncept finns en mängd olika metoder för att ta fram dessa. I detta avsnitt beskrivs de varianter som gemensamt användes inom gruppen.

2.3.1 Slumpord

Vid idégenerering med hjälp av slumpord skapas en lång lista med slumpvis valda ord utan att sortera dem på något sätt. Dessa används sedan för att få igång tankeverksamheten hos gruppen genom att alla snabbt och utan eftertanke ska skissa eller skriva ner lösningar som är inspirerade av ett ord från listan. Man lägger några sekunder per ord innan man går vidare till nästa, detta för att metoden inte är gjord för att komma på färdiga lösningar utan snarare få fram en stor mängd små idéer som senare kan utvecklas eller kombineras.

2.3.2 Brainstorming

Brainstorming är en metod för att generera nya idéer och koncept. Gruppen som genomför denna process bör gärna ha olika kompetenser och erfarenheter. Tanken är att medlemmarnas olikheter skall stimulera kreativiteten. En brainstormingsession bör vara max 45-60 minuter lång och deltagarna skall vara väl informerade om vilket/vilka problem som skall lösas. Det är under sessionen inte tillåtet att komma med kritik, utan det är det fria och kreativa tänkandet man vill utnyttja. Under en session skall man sträva efter att generera så många idéer som möjligt. En ledare/moderator bör finnas med i gruppen för att formulera problemet och stimulera gruppen med nya formuleringar och vinklingar. Alla idéer som genereras under sessionen dokumenteras så att deltagarna kan se dem med skisser och korta beskrivningar. (Karlsson 2008)

2.3.3 Stafettskissning

Stafettskissning innebär att man skissar vidare på varandras koncept för att få en ny syn på hur de kan förändras. Alla börjar med var sin idé som sedan skickas vidare till personen bredvid som får skissa dit och ta bort saker så att fler problem kan lösas. Detta är ett bra sätt att gå vidare med ofullständiga lösningar ifall man känner att idégenereringen har stått still under en längre tid.

2.3.4 Idégenerering utifrån användbarhetstester

Idégenerering utifrån användbarhetstester är en fas av idégenerering där man analyserande observerar produkten i användning för att på så vis få idéer på hur olika moment och delar kan genomföras respektive utformas på bättre eller alternativa sätt.

2.3.5 Morfologisk matris

En morfologisk matris används för att dela upp de faktorer som påverkar produktens utformning så att olika kombinationer kan göras, vilket leder till varierade helhetslösningar. Detta görs genom att de olika idéerna delas upp efter vilket problem de förväntas lösa, sedan kombineras dessa på olika sätt så att helhetslösningarna uppfyller alla funktioner som krävs, men har olika utformning. (Österlin 2010)

2.4 Utvärdering

2.4.1 Kravspecifikation

En kravspecifikation kan innehålla både krav och önskemål från företag och användare, önskemålen kan även vara viktade mot varandra med hänsyn till hur viktiga de är att uppfylla. Kraven formuleras oftast i mätbara värden och med referens till vem som ställt kravet och varför. Detta för att kunna härleda kraven om oklarheter framkommer. En kravspecifikation kan användas för att utvärdera koncept så att de uppfyller de krav som ställts. (Johannesson et al. 2004)

2.4.2 Rapid Upper Limb Assessment – RULA

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) är en metod för att utvärdera den påfrestning övre delen av kroppen utsätts för vid hantering av en produkt. Olika positioner utvärderas utifrån kroppens ställning och den belastning som läggs på olika muskler. De sammanfattade belastningarna i en position läggs ihop för att ge ett mätvärde (0-7) för varje sida av kroppen, där 7 betyder att ställningen är högst skadlig och bör åtgärdas snarast för att undvika skador hos användaren. (Bohgard et al. 2008)

2.4.3 Rapid Entire Body Assessment – REBA

Rapid Entire Body Assessment (REBA) är en metod för att utvärdera den påfrestning kroppen utsätts för vid hantering av en viss produkt, och på så sätt kan skaderisken förutses. De olika kroppsställningarna poängsätts och därmed fås ett mätvärde (från 1-15) på hur skadlig ställningen är och hur viktigt det i så fall är att åtgärda den. REBA tar även hänsyn till hur användaren håller i produkten och hur greppvänlig den är med avseende på hur tyngdkraften påverkar belastningen på överkroppen. De olika ställningarna som används vid hantering kan bland annat väljas ur den

heretiska utvärderingen (HTA), men även med hjälp av användbarhetstester. (Bohgard et al. 2008; Cornell University Ergonomics Web 2010)

2.4.4 Dimensioneringsberäkningar

Dimensioneringsberäkningar kan genomföras för att säkerställa hållfasthet hos konstruktionen. Detta för att se om produkten kommer att deformeras eller om det finns risk för att det kan uppstå ett brott. För att kunna göra en utförlig dimensioneringsberäkning krävs att man har tillgång till olika data, exempel på den typen av data är materialdata och krafter produkten skall dimensioneras för. Beräkningar kan sedan utföras antingen för hand eller med hjälp av olika datorverktyg. Beräkningar kan ge underlag för vad man kan förbättra i konstruktionen, där det till exempel kan vara spänningskoncentrationer eller där sprickor kan initieras. (Johannesson et al. 2004)

2.4.5 Pugh-matris

Pugh-matris är en relativ beslutsmatris som man använder sig av i utvärderingsfasen. Tanken med metoden är att man skall reducera antalet alternativ genom att de sämsta elimineras. Dock kan kombinationer av alternativ hittas och dessa lösningar adderas då till mängden. I denna beslutsmetod baseras urvalet på relativa jämförelser mellan lösningsalternativen. Kriterierna man utgår ifrån baseras på produktspecifikationen. När urvalskriterierna är valda förs dessa samt konceptlösningarna in i en matris. Dessutom skall en referenslösning också väljas och föras in i matrisen. Därefter jämförs alternativen med referensprodukten enligt urvalskriterierna. Om alternativet utför kriteriet bättre skall ett (+) införas i matrisen, lika bra (0) eller sämre (-) än referenslösning. Efter det att alla alternativ och urvalskriterier behandlats summeras bedömningarna som sedan ligger till grund för ett nettovärde för varje alternativ. Genom detta nettovärde rangordnas sedan alternativen och jämförs med referenslösningen. Om alternativet får ett negativt värde vidareutvecklas inte den lösningen. Denna process kan göras om för de alternativ som klarat processen samt om det har tillkommit några nya alternativ.

2.4.6 Ergonomisimulering

Datorprogrammet Jack används för att simulera en användares hantering av en produkt i en virtuell miljö som skapas i programmet. En anpassningsbar människa används för att efterlikna de ställningar och grepp som krävs vid hanterandet av en produkt och ur detta kan problem med belastningsskador och arbetsställningar förutses och bl.a. storleken och greppvänligheten kan utvärderas. Jack ger en möjlighet att testa de fysiska aspekterna av en datormodellerad produkt innan en fullskalig modell skapas. Programmet är utvecklat av University of Pennsylvania. (Simulation Solutions 2010)

2.4.7 Scenario

För att klargöra produktens syfte på ett begripligare sätt kan ett scenario konstrueras av en framtida användningssituation. I ett scenario kan exempelvis användningssituationen beskrivas tillsammans med en tänkt miljö, en eller flera aktörer samt en handling/hantering. Scenariot kan bland annat användas för att utvärdera och beskriva systemfunktioner, design och egenskaper samt för att testa teorier. För att få en bredare bild av olika situationer produkten kan verka i är flera scenarion att föredra. (Kaulio 1996)

3: Genomförande

I enlighet med uppdraget började arbetet med att få fram en hög kvantitet av lösningar med fokus på innovativ design. Därefter anpassades dessa till de krav på användning som satts upp i kravspecifikationen och de önskemål som kommit fram under intervjuer och användbarhetstester. Slutligen gjordes de sista utformningsdetaljerna enligt Thules *Brand Manual* och den *expression board* gruppen tagit fram. Denna uppdelning gjordes som en riktlinje över var fokus skulle läggas under olika delar av utvecklingsarbetet, men flera av de olika momenten överlappade naturligtvis varandra.

I detta kapitel kommer rapporten leda läsaren genom den processgång som projektet haft genom att steg för steg presentera vad som gjorts och vad det resulterat i.

3.1 Projektplanering

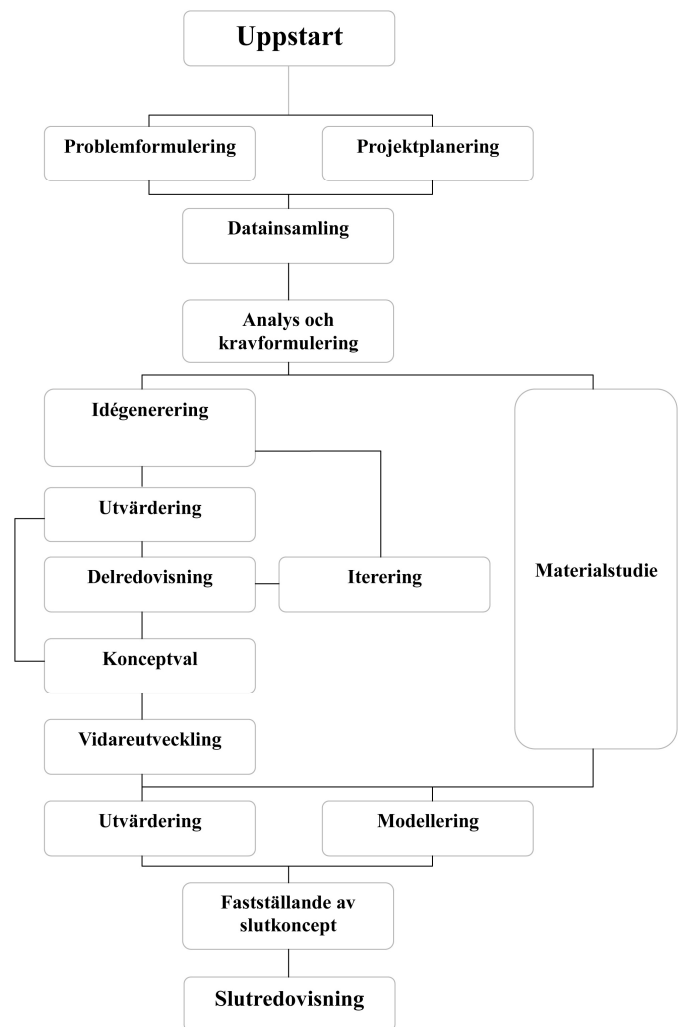
Inledningsvis upprättades en initial planering för hur projektet skulle fortlöpa och vilka moment som skulle ingå. Allteftersom kom denna planering att utökas med delar som visade sig vara nödvändiga i projektet.

3.2 Problemformulering

För att få en klar bild av hur projektet skall utformas, vad som skall göras och hur produktens system fungerar gjordes en mängd studier som sammanställs nedan.

3.2.1 Uppdrag

Thule eftersöker en innovativ och mer användarvänlig produkt i sin HangOn-serie av cykelhållare, vilka ska medge transport av en majoritet av cykelmodeller på marknaden. Dagens serie har problem vid transport av dam- & barnmodeller, vilket det är mycket önskvärt att hitta lösning för. Tanken är att vikten och priset skall hållas på mindre eller samma nivå som nuvarande produkter i serien, och ändringar av utformning och funktioner ligger i fokus för detta projekt.



Figur 1. Översiktsschema för arbetsgången

3.2.2 Analys av referensprodukten

Referensprodukten *Thule HangOn 975* har i monterat läge måtten 76x48x55cm. Den väger 8 kg och är främst konstruerad i pulverlackerat stål, PA-plast samt mjukare delar i SEBS och TE(PEBBS+PP).

Produkten levereras tillsammans med ett verktyg som behövs för att skruva fast konstruktionen på dragkroken.



Figur 2. Referensprodukten

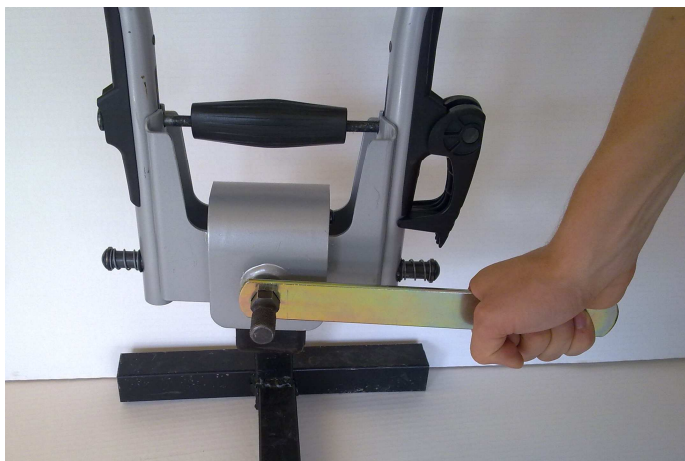
Denna produkt tillhör den billigare av Thules produktserier då den riktar sig till den Nordiska marknaden som vill ha mindre men funktionella lösningar (Chefsingenjör vid Thule, Anders Lundgren, 20/1-2011). Denna serie innehåller flera olika produkter där referensprodukten tillhör de dyrare av dessa då den har en tilt-funktion, vilket billigare lösningar saknar. Spännbandet som används för att förhindra att cyklarna svingar vid körning är på denna produkt, till skillnad från de övriga alternativen, fastnitat. HangOn-serien är menad att användas främst för kortare utflykter och därmed medge snabb och smidig hantering. Formspråket är funktionellt och stilrent med tåliga material men saknar tydlig hantering då ingen indikering finns för hur exempelvis handtag ska användas, vilket är oklart på referensprodukten.

3.2.2.1 Funktioner

Referensprodukten huvudfunktion är möjligheten att transportera cyklar; genom att produkten kan monteras på och av dragkroken ger den en flexibel möjlighet att transportera upp till tre cyklar. En stark delfunktionen är att det finns en möjlighet komma åt bagageutrymmet även när produkten är monterad genom att tilta (vika ned) den. Detta är en fördelaktig egenskap eftersom avmonteringen både är tidskrävande och kräver ett separat verktyg.

3.2.2.2 Hantering

För att fästa referensprodukten på dragkroken behöver användaren först lossa skruven som gör att kulhuset spänner åt runt dragkroken, vilket görs med hjälp av ett medföljande verktyg (se Figur 3 och Figur 4). Sedan placeras cykelhållarens kulhus över dragkroken med skruven riktad ut från bilen . Skruven skruvas därefter åt för att kulhuset ska spänna åt runt dragkroken vilket därmed fixerar cykelhållaren.



Figur 3. Åtspänning med hjälp av verktyg



Figur 4. Verktyget

Bygelarmen fälls sedan upp genom att låsledens skruvhatt på ramens sidor vrids 90° vilket gör att bygelarmen går att ompositionera. När bygelarmen sedan vridits upp 90° från nedfällt läge kan låsleden låsas igen för att fixera bygelarmen i detta läge. I detta läge är produkten färdigmonterad.

Den andra delen av hanteringen består i att fästa cyklarna på produkten. Detta görs genom att lyfta upp en cykel och placera den hängandes över de två bygelarmarna i de så kallade cradles. När cykeln placerats i den cradle som är aktuell spänns tillhörande gummiband över ramen och fixerar dess position. Fördelaktigt vänds varannan cykel 180° då det förhindrar att styrena hamnar i konflikt med varandra.

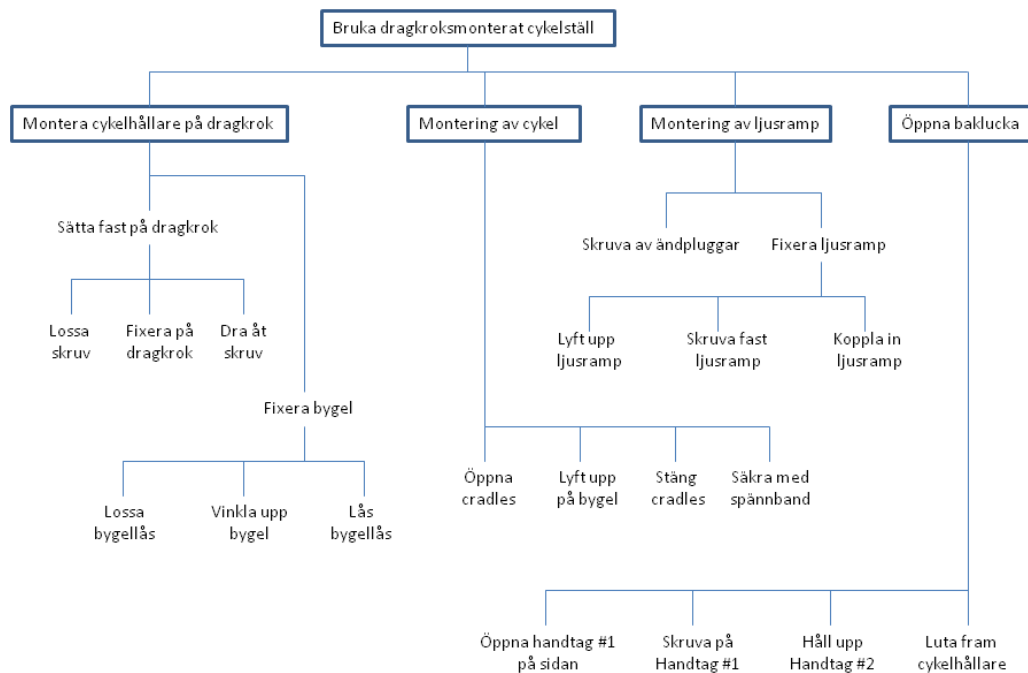
För att använda tilt-funktionen lossas tilt-hantaget på sidan strax ovanför kulhuset. Handtaget i mitten ska dras upp och hålls uppe medans användaren drar i överdelen av produkten och därmed viks den ner. För att fälla upp produkten ska den rätas upp igen och handtaget vridas åt på sidan.

3.2.2.3 Funktionsanalys av referensprodukt

Om man analyserar produkten framgår det att den har flera delfunktioner utöver sin huvudfunktion att transportera cyklar.

- i. **Montering på bil:**
Produkten monteras på dragkrok med hjälp av en modul där man genom att tillföra kraft på en platta, vilken greppar (drag-)kulan, håller fast produkten. Kraften tillförs med hjälp av en skruv som skruvas mot denna platta.
- ii. **Demontering från bil:**
Sker på samma vis som monteringen, fast i omvänd ordning.
- iii. **Skydda cykel:**
På bygelns finns så kallade "cradles", vilka cykelramen ska placeras i. Dessa cradles kan beskrivas som små vaggor eller grepp vilka ska hålla cykeln på plats och förhindra skrapning eller nötning av cykel under transport.
- iv. **Medge projektion av belysning & registreringsskylt:**
På vardera ända av bygelns finns två löstagbara reflexer som kan monteras av för att exponera hål i den rörformiga bygelns, vilka fungerar som fästpunkt till *Thule light board 976* med hjälp av en adapter. Denna ljusramp ska då kompensera för de mest kritiska baklyktorna som skymms vid transport av cyklar vid användning av denna referensprodukt. Ljusrampen ger även möjlighet att montera en synlig registreringsskylt då även denna skymms.
- v. **Medge åtkomst av bagagelucka:**
Intill dragkroksmodulen finns en led som kan frigöras med hjälp av ett handtag som öppnas och skruvas upp. När denna led är frigjord kan produkten vikas ned och undan från bagageluckan för att på så vis ge möjlighet till åtkomst av bagageutrymmet utan att behöva montera av varken cyklar eller produkten i sig, från dragkroken.

För att kartlägga hanteringen av produkten genomfördes en HTA där momenten listades upp och strukturerades.



Figur 5. HTA av referensprodukt

3.2.2.4 Ergonomiutvärdering av referensprodukt

De ställningar som uppfattades som mest belastande utvärderades med hjälp av RULA och REBA beräkningar. Ställningarna valdes utifrån de moment som testpersonerna i användbarhetstesterna fick utföra och uppfattade som jobbiga. Dessa var monterandet av cykelhållaren på dragkroken, monterandet av cykeln på cykelhållaren, samt användandet av tilt-funktionen, (se bilaga 16).



Figur 6. Ergonomitester av referensprodukt

3.2.2.4.1 Kognitiv ergonomi

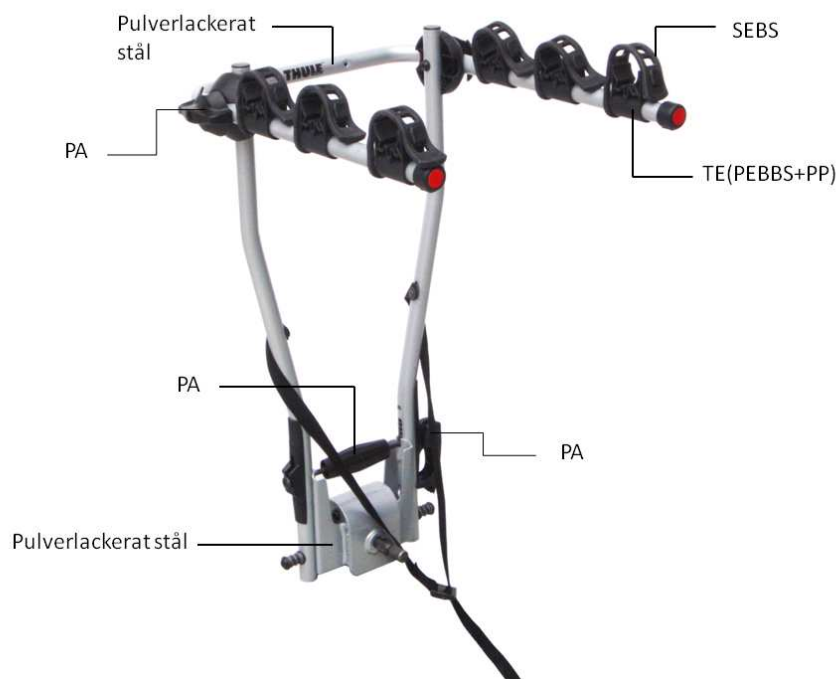
Under användbarhetstesterna antecknades testpersonernas agerande och hantering av produkten, vilket kunde användas som grund för en utvärdering av den kognitiva ergonomin. De slutsatser som kunde dras var att produkten har en hög guessability då infästningen av produkten på dragkroken är tydlig och det medföljande verktyget visar att ett skruvande moment ska utföras. Även placeringen av cyklarna ansågs enkel att förstå av testpersonerna. En funktion som dock fick väldigt låga resultat var tilt-funktionen och då det även krävs relativt många moment för att uppnå önskad effekt anses den ha låg system potential. Möjligheten för användaren att återanvända produkten är hög eftersom det anses enkelt att hantera produkten när man lärt sig en första gång.

3.2.2.5 Livscykelanalys (LCA) av referensprodukt

En analys av produkten gjordes för att få förståelse för de förbättringsområden som fanns, och vad som skulle kunna användas till det nya konceptet. Livscykelanalysen är uppdelad i sex delar som representerar produktens hela livstid och påverkan på miljön, från framställning av råmaterial till möjligheterna för resthantering. Även sociala aspekter såsom etik och märkning har tagits i åtanke.

Livscykelfaser

Framställning av råmaterial



Figur 7. Materialen som komponenterna består av.

Produktens stomme består av stål som kräver relativt mycket energi vid utvinningen från malm, dock är möjligheterna för återvinning stora. Skruvar, fjädrar och andra mindre delar är gjorda av härdat stål

enligt standard. Spännbandet består av flätad textil och kan vara en av två typer: icketermisk och termisk, där den senare är lämpad för återvinning genom att smälta ned den. Cradles är gjorda av två olika copolymerer: TE(PEBBS+PP) och SEBS. Den senare är en vanligt förekommande elastomer som är en syntetisk ersättare till gummi. PA (polyamid) används för låsmekanismen på bygeln samt de hantag som finns på produkten. PA är vanligt förekommande och har goda hållfasthetsegenskaper samt är beständig mot bland annat lösningsmedel, oljor och oorganiska föreningar.

Transport av råmaterial

Råmaterialen kommer från många olika delar av världen, men det är svårt att få fram information om exakt varifrån och hur materialen transporteras. Enligt informationen från Thule sker mesta delen av transporten mellan Sverige, Finland och Polen (där produkten sätts samman), och att den sker med hjälp av lastbils och tågtransporter. Ur ett hållbarhetsperspektiv vore det bättre av dessa att enbart ha tågtransporter samt hålla tillverkningen så nära försäljningsländerna som möjligt.

Tillverkning

Framställning av det stål som krävs för produkten kräver mycket energi, men materialet går att återvinna och om man väljer att använda återvunnet material blir energiåtgången betydligt mindre. De plaster som används är framtagna ur raffinerad olja, vilket betyder att tillverkningen kräver mycket energi. Inom Thule sker transporterna främst mellan Sverige, Finland och Polen med hjälp av lastbilar och tåg. Den största delen av tillverkningen sker i Polen där även slutmonteringen är belägen. Just monteringen är det steg i tillverkningen som påverkar miljön minst. Till slut transporteras cykelhållarna till huvudlagret i Tyskland även om den största försäljningen av just denna produktserie sker i de Nordiska länderna.

Distribution

Kartongen runt produkten ökar inte nämnvärt förvaringsvolymen och därför har den ingen inverkan på antalet produkter man kan transportera på en och samma gång. Efter att produkterna monterats ihop i Polen skickas de till huvudlagret i Tyskland. Därifrån distribueras den ut till butiker främst i Norden. Efter försäljning i butik transporterar kunden själv hem sin cykelhållare.

Användning

Den beräknade livslängden för referensprodukten är 8-10 år, dock visar intervjuer med användarna att den används betydligt längre än så. Därmed är det en produkt med god hållbarhet som inte behöver bytas ut ofta. När produkten används påverkar den luftmotståndet bakom bilen och dessutom bilen totala vikt, vilket kan leda till en ökad bensinåtgång. Dock är den faktiska skillnaden svår att uppskatta då det skiljer mellan olika bilmodeller samt hur ofta produkten används.

Resthantering

I princip hela produkten kan demonteras till komponentnivå och återvinnas. De polymerer som använts är i de flesta fall märkta, men även i de fall där märkning saknas kunde gruppen få tag på denna information vid samråd med Thule. Detta moment kan utföras lätt och produkten kan då enkelt återvinnas.

Socialt perspektiv

Märkning

Denna typ av produkt saknar i dagsläget någon typ av miljömärkning. Däremot finns ett så kallat City Crash-test som produkten genomgått och som används som försäljningsargument då Thules produkter står för hög kvalitet och därmed ska klara detta test. Detta är inget som krävs enligt lag, däremot eftertraktas förhöjd säkerhet från konsumenterna.

Funktion

Produkten känns väl genomtänkt med avseende på användarnas olika behov. Den ger en kvalitativ känsla och framstår som säker och robust. Den har flera enkla och smarta funktioner, men som kanske inte alltid är helt självklara vid första anblick. Vissa funktioner (så som låsning av bygelläge och tilt-funktion) kan även anses vara komplicerade då de kräver mer fysisk kraft än vad man först kan tro. I monterat läge har produkten mått som passar kortare så väl som längre personer. Enligt vad som observerats under användbarhetstesterna (se bilaga10) upplevs den inte som för hög eller låg. Då man vill få ett så litet platsupptag som möjligt med den här typen av produkt, kombinerat med en stor mängd olika cykelmodeller, finns en risk till en problematik kring att hänga på flera cyklar på cykelhängaren. Denna problematik är svår att eliminera av nämnda anledningar, vilket medför att man kan komma att hänga på och av cyklar tills man anser att de sitter tillfredställande på plats. Detta observerades även under användbarhetstesterna som genomfördes.

Tillverkning & Användning

Enligt informationen som Thule har om sina underleverantörer anses arbetsmiljön för monteringsarbetet i Polen vara bra. Arbetarna har motsvarande kollektivavtal och allt målningsarbete sker maskinellt så att inga giftiga substanser behöver hanteras.

Produkten kan anses vara en relativt lätt produkt rent viktmässigt och då det inte är en produkt som ska bäras, utan snarare är tänkt att bäras kortare sträckor till och från bil och lagringsutrymme (så som garage) vid montering/demontering, så anses inte produkten i sig bestå av några tunga lyft. Beroende på hur många cyklar och hur mycket de väger, kan man inte med säkerhet säga samma sak om användningen av produkten då cyklarna alltid måste lyftas. Olycksrisker som kan uppstå vid användandet är klämrisk vid ned eller uppfällning av bygel, samt vid låsning av bygel då denna

låsmekekanism kan uppfattas som trög för att sedan plötsligt klicka på plats vid vridning. Vid ovarsam hantering finns även en risk att råka repa bilen med produkten.

Då produkten i sig inte består i några tunga komponenter bidrar dessa nödvändigtvis inte heller till direkta tunga lyft under tillverkningen heller. Problemen på tillverkningsnivå bör inte vara några ytterligare utöver normal line-produktion. Vad gällande den psykosocial belastning liksom olycksrisker, bör även dessa tillhöra det ordinära vad gäller normal line-produktion.

Etik

Referensprodukten bryter inte mot några etiska regler, vare sig det gäller produktion, transport eller användning.

Ekonomiskt perspektiv

Referensprodukten, så väl som den produkt som ska utvecklas, tillhör premiumsegmentet av Thules sortiment. Det får dock tilläggas att hela Thules utbud av cykelhållare kan anses premium gentemot de konkurrenter som finns i Sverige; då dessa, som sagt, består av "no name"-produkter till ett jämförelsevis väldigt lågt pris.

Produkten marknadsförs som en säker och stabil produkt som är det enda alternativet för den som transporterar cyklar mer än någon enstaka gång och/eller är mån om sin och omgivningens säkerhet, såväl som de transporterade cyklarnas.

3.2.3 Företagets produktidentitet

Thules vision är att vara det självklara valet, världen över, när man vill transportera sina saker säkert, enkelt och elegant. Därav kommer deras *Brand Statement* vilken består av ett antal kärnvärdena som de sammanfattar "*Creating smart solutions for vehicles based on shared passions for an active lifestyle.*"

För att uppnå detta delas det upp i fem mer konkreta uttryck:

Säkerhet

Ett av Thules största säljargument är att de har de säkraste produkterna på marknaden, vilket bekräftas av Testfakta och ett så kallat City Crash-test; vilket innebär att inget som väger mer än 10g får falla av produkten vid en krock i 50km/h. Det är därför även viktigt att produkterna också ger brukaren denna känsla av säkerhet via uttrycket. Produkterna ska skydda både användare och utrustning från skador.

Estetik

Thules produkter ska vara stilrent utformade och representera tidlös skandinavisk design. Designen ska även vara funktionell och inte enbart tillfredsställa ögat.

Innovation

En viktig del av Thules verksamhet går ut på att ha de ledande produkterna på marknaden, både inom utformning och material, för att ha ett övertag på konkurrenterna.

Kvalité

Kombinationen av funktionalitet och säker konstruktion är menad att ge produkten en känsla av kvalitet och tillförlitlighet.

Funktionalitet

Funktionaliteten innebär smarta lösningar samt enkel och ergonomisk hantering för användaren. Designen ska uppfylla en funktion och detta är vad som ska särskilja Thule från konkurrenterna.

3.2.4 Användare

Thule delar upp sina användare i tre brukartyper: sportentusiaster som vill ha stora variationsmöjligheter men kanske inte transporterar sin utrustning särskilt ofta, aktiva familjer som vill kunna åka på utflykter och semestrar och tar med sig utrustning för att kunna upprätthålla sin aktiva livsstil, och slutligen professionella som vill ha högteknologiska kvalitativa lösningar och är väldigt måna om att skydda sin utrustning. Detta projekt är begränsat till målgruppen aktiva familjer.

3.2.5 Marknaden

Cykelhållare av referenstypen säljs främst i Sverige eftersom dess konstruktion medför att den inte uppfyller lagkraven i många andra länder, då den skymmer registreringsplåt och baklyktor. Det finns lagar för detta även i Sverige, men är många fall inte lika strikt som i exempelvis Tyskland och Nederländerna. I många andra länder tenderar marknaden även efterfråga så kallade plattformslösningar – något som inte lika vanligt i Sverige. Många av konkurrentprodukterna är utformade som en "sax-konstruktion" som greppar kring dragkroken och sedan monteras cyklarna på två horisontellt utstickande stänger. Därefter fästs cyklarna fast antingen med lösa spännband eller stroppar kring cykelramen. Detta förutsätter i de flesta fall att det finns en horisontell stång i ramkonstruktionen, vilket är standard för herrcyklar, men inte damcyklar.

I detta projekt har marknaden, av ovan nämnda anledning, begränsats till Sverige. Att poängtera är att referensprodukten har fästen för Thules *Light board* vars funktion är att kompensera skymda baklyktor & registreringsskylt. Tanken är att även det nya konceptet ska ha den här möjligheten. Övriga konstruktioner på marknaden har inte denna möjlighet så det är en viktig konkurrensfördel då många aktiva familjer kanske vill ha möjligheten att semestra utanför Sveriges gränser och ta med sina cyklar.

De flesta produkterna i samma segment på marknaden har samma konstruktion som referensprodukten, men har inte lagt något fokus på estetik och kan därmed erbjuda billiga lösningar.

Några av dessa produkter är även hopfällbara vilket ger dem en kompakt förvaringsvolym, detta är något som konceptet ska eftersträva. Det ska även behålla känslan av kvalitet som är utmärkande för Thules produkter, samt ge produkten ett mervärde med hjälp av design och funktion.

3.2.6 Uttryck

Vid projektets början fick gruppen ett utdrag ur Thules *Brand Manual* för att få en uppfattning av vad de vill att Thules produkter ska förmedla genom designen. I denna sammanfattas riktlinjerna i ett antal punkter som gruppen har jobbat efter (se avsnitt 1.3.2). Designen ska uttrycka funktionalitet och ha aerodynamiska element, den ska se stark och lätt ut, samt harmonisera med det senaste inom bildesign. Färgerna som används på alla Thules produkter är svart, silver och grå, samt i vissa fall vit som accentfärg.

Efter diskussion kring dessa riktlinjer enades gruppen om en *Expression board*. Denna var menad att verka som inspiration och guide vid utformandet av det nya konceptet, genom att beskriva det uttryck som skulle eftersökas. Fyra ord valdes även ut för att specificera uttrycket, dessa var: *säker, innovativ, stilren och lätthanterlig*.

3.3 Framtagning av underlag

3.3.1 Undersökning av cykelmodeller

För att få ett statistiskt underlag av vilka modeller av cyklar som existerar och fördelningen av dessa genomfördes observationer och tabellföring av diverse cykelparkeringar och förråd, både på offentliga platser så väl som olika slag av bostadsområden.

Detta sammanställdes sedan i en tabell som kan hittas i bilaga 9.

Från denna undersökning ser man att andelen herrcyklar står för 53 % och damcyklar 42 %, där de resterande består av barncyklar och rammodeller som ej är av standardtyp.

Referensprodukten, liksom övriga produkter i segmentet, är utformade utefter herrcyklar där tanken är att cykelramens översta, horisontella, stång hängs på produkten. Detta ihop med undersökningens resultat ger i sin tur att referensprodukten endast är kompatibel med 53 % av cyklarna på marknaden och damcyklar – som också står för en stor andel – är utelämnade. Åtminstone är de inte beaktade i samma utsträckning.

På grund av denna upptäckt beslutade gruppen tillsammans med Thule att detta projekt skall ha fokus på att ta fram lösningar som även kan behandla damcyklar i en större utsträckning än nuvarande produkter i segmentet.

3.3.2 Användbarhetstest

Eftersom en viktig del i projektet var att skapa en produkt som erbjuder en attraktiv och lätthanterlig lösning för målgruppen gjordes flera användbarhetstest på referensprodukten för att få en förståelse för de problem som brukaren upplever. Testpersonerna blev, utan några ytterligare instruktioner, ombudda att montera referensprodukten på en dragkrok och på denna montera en eller flera cyklar, för att sedan fälla ned och upp cykelhållaren i monterat läge innan denne skulle demontera cykel och produkten från dragkroken.

Testpersonerna blev under dessa test observerade och fotograferade. Inför testen togs det även fram en enkät med ett antal frågor som testpersonerna fick besvara. Detta för att få in ytterligare data från användaren (se bilaga 8). Under testerna framkom det främst att testpersonerna upplevde produkten som tung och dragkroksinfästningen som jobbig och tidskrävande. Vissa kommenterade även på att cradles var i vägen när cyklarna skulle träs på bygelarmarna, samt att det finns en tydlig klämrisk vid monteringen av cykelhållaren.

Under användbarhetstesterna ställdes ett antal frågor till testpersonen vilka var menade att ge gruppen ett större underlag för utvärdering av produkten samt stimulera testpersonen att tänka efter vad denne ansåg om produkten. Det var även en möjlighet för gruppen att försäkra sig om att vi fick svar på de frågor som vi var intresserade av, eftersom få av testpersonerna är vana vid att tänka högt vid hantering av en produkt.

3.3.3 Intervjuer

För att täcka in fler generella åsikter från användare gjordes kompletterande intervjuer. Dessa utfördes i cykelbutiker där intervjuaren förde en diskussion med personen i en miljö som är relaterad till projektet och där både referensprodukter och cyklar finns tillgängliga. Det underlättade även i identifierandet av personer som var lämpade för intervjuer.

Intervjupersonerna efterfrågade främst smidig hantering, låg förvaringsvolym och att produkten inte ska ha några lösa delar eller verktyg, men kommenterade även på tidigare identifierade problem som hantering av damcykel och skydd mot skador.

En viktig aspekt som gruppen behövde förhålla sig till i designarbetet är var att få produkten att ge ett gediget och säkert uttryck för att särskilja Thules produkt från lågprislösningarna på marknaden.

För att få in ytterligare information utarbetades ett frågeformulär med frågor kring personers tidigare erfarenhet av cykelhållare. Detta för att se vad användaren upplevde som bra respektive dåligt, och därmed ge mer underlag till hur produkten ska utformas samt hur det ska prioriteras kring olika beslut. (se bilaga 15)

3.4 Kravlistning

En lista på krav och önskemål gjordes utifrån det material som tillhandhållits från företaget, bland annat en *Brand Manual* och specifikationer på referensprodukten, och de undersökningar på cykelmodeller som gruppen genomfört. Utifrån denna gjordes en kravspecifikation som var uppdelad i krav och önskemål från företaget, gruppen och projektets riktlinjer. Denna uppdaterades under projektets gång i och med att nya faktorer tillkom medan andra ändrades eller till och med togs bort. De flesta kraven formulerades i förhållande till referensprodukten då det nya konceptet ska ingå i samma produktserie.

Eftersom målet med projektet inte var att ha en färdig fysisk produkt, utan ett koncept, så kunde vissa av kraven endast kontrolleras genom uppskattningar, undersökningar och tester av delfunktioner. Detta gjordes kontinuerligt under projektets gång.

De två främsta kraven kommer från produktnamnet HangOn och huvudfunktionen som cykelhållare. Konceptet måste fästas på dragkroken och den ska kunna transportera upp till tre cyklar på ett säkert och smidigt sätt. Den ska även kunna hanteras säkert och smidigt av en brukare på egen hand. Nedan följer en sammanfattad version av de viktigaste kraven (fullständig kravspecifikation finns i bilaga 7). Under arbetets gång har kravspecifikationen kompletterats då Thule gett nya specifikationer, men även när gruppen funnit det nödvändigt. Kraven härstammar då främst från användbarhetstesterna och jämförelser med referensprodukterna.

Utdrag ur kravspecifikation för dragkroksmonterad cykelhållare:

1	Teknisk funktion	K/Ö
1.1	Klara belastning av 60kg	K
1.2	Medge transport av 3 cyklar	K
1.3	Varken bil, cyklar eller produkten ska skadas vid transport	K
1.4	Medge montering på dragkrok	K
1.5	Produkten får inte sticka ut mer än 1m bakom bilen såvida inte reflexer monteras bak på produkten.	K
1.6	Produktens förvaringsvolym ska inte överstiga referensproduktens (750 x 150 x 120 mm)	Ö
1.7	Om produkten skymmer bilens baklyktor eller registreringsplåt ska Thules tillbehör 976 (light board) kunna monteras på produkten.	K
1.8	Produkten ska vara kompatibel för minst 80 % av dagens cykelmodeller	Ö
2	Hållbarhet	
2.1	Produkten ska ha en livslängd på minst 8 år	K
2.2	Produkten ska vara UV-beständig	K
3	Fysiska egenskaper	
3.1	Tillverkningspriset per enhet ska inte överstiga nuvarande produkt (250kr).	Ö
3.2	Vikten ska vara max 10kg	K
3.3	Produkten ska följa Thules Brand Manual	K
4	Hantering	
4.1	Produkten ska medge god kognitiv och fysisk ergonomi	K
4.2	Produkten ska möjliggöra färre monteringsmoment än nuvarande produkt	K
4.3	Monteringstiden ska vara kortare än för referensprodukten	K
4.4	Det ska inte vara några lösa delar eller verktyg som behövs för montering	K

K = Krav

Ö = Önskemål

3.5 Idégenerering

Eftersom företaget främst efterfrågade en kvantitet av innovativa lösningar lades stort fokus på idégenerering i projektet. Olika metoder användes i denna fas för att alla medlemmar i gruppen skulle få igång tankarna, men även för att få fram en stor kvantitet av lösningar och möjliggöra vidareutveckling av varandras projekt. Till hjälp användes insamlade bilder på cykelmodeller och den *expression board* som gjorts.

Idégenereringen inleddes i grupp med *slumpordlistor* för att få igång tankarna kring alternativa lösningar. Då en mindre kvantitet lösningar hade tagits fram användes *brainstorming* för att både skissa vidare på de framtagna lösningarna och få fram helt nya förslag; detta gjordes både i grupp och på egen hand. I viss mån användes även *stafettskissning* för att jobba vidare på varandras (del)koncept.

När idéerna blivit mer välformulerade gjordes funktionsmodeller för att testa om de mest osäkra (men ändå till synes realiserbara) delarna fungerar som tänkt.

Under dessa praktiska tester föddes ytterligare idéer då delarna på modellerna kunde omplaceras och/eller förändras utan större ansträngning. På så vis kunde man även upptäcka problem med dimensionering och konstruktionsmässiga konflikter i ett tidigt skede.

Resultaten från de olika idégenereringsfaserna dokumenterades i form av skisser och text. De modeller som byggdes har fotograferats eller i vissa fall även sparats.

3.6 Konkurrentanalys

Thule är ett stort internationellt företag, men saknar idag tydliga konkurrenter på den svenska marknaden och står därför ensamma för premium-segmentet här. De konkurrenter som finns består huvudsakligen för produkter tillhörande budget-segmentet och är alla utformade enligt samma mall. Exempel på en sådan är den klassiska "saxkonstruktionen" som introduceras närmare i en senare del av rapporten.

Denna brist på konkurrens är något som så väl Thule själva uttryckt och som bekräftats av den konkurrentanalys som genomförts. Analysen har bestått i att försöka finna så många olika produkter i samma kategori som möjligt och undersöka hur dessa är utformade. På så sätt skapades ytterligare inspiration för konceptutformning efter idégenereringen. Dessa undersökningar genomfördes både inom Sverige och globalt. Marknaderna kan globalt sett skilja drastiskt, men det var givande med en större källa av produktvariation.

3.7 Konceptframtagning I

Idégenerering ihop med konkurrensanalys utmynnade i ett stort antal lösningsförslag, både helhetsförslag och mindre delar som var menade att lösa specifika problem. Detta gjorde att förslagen kunde varieras på olika sätt och därmed fanns det många utformningar av samma koncept.

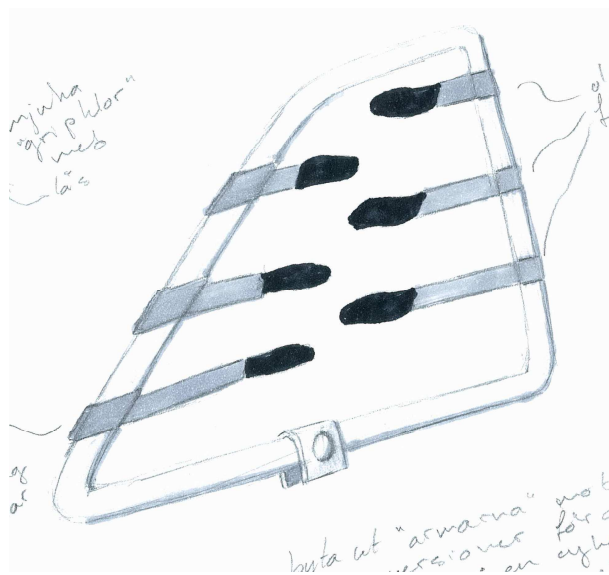
I detta skede kom en ytterligare avgränsning in i projektet från Thule som sa att cyklarna på något vis skall *hänga*, då det är något som utmärker serien *HangOn*. Koncept som inte uppfyllde detta kriteriet eliminerades således bort.

Ur återstående konceptmängd togs sex helhetskoncept fram som kunde anses som mer icke-konventionella; detta för att fokus hade tolkats ligga på att ta fram koncept som skiljer sig från referensprodukten och dess utformning. Speciell hänsyn togs kring nya fästpunkter då detta var ett problemområde hos referensprodukten.

3.7.1 Koncept 1

Det första konceptet framkom från idén att olika cyklar har olika ramstorlekar och utseendet på dessa kan variera stort. Därför sitter armarna för monteringen på olika avstånd tack vare den triangelformade ramen. På konstruktionen finns en typ av gripklor, en lösning återfinns på de dyrare plattformslösningarna av Thule. Den triangelformade ramen är tänkt att ge stabilitet, men även bidra till att ge produkten en "Thule-look" då den även ser sportigare ut. (Figur 8)

Ett stort problem är dock att packningsvolymen blir väldigt stor i relation till referensprodukten. (Figur 8) och med den stora konstruktionen finns även risk för försvårad hantering i och med att produktens vikt hamnar vid sidan om kulhuset som är den naturliga mittpunkten. Tanken med att ha ett vågrätt element i toppen av produkten är att användaren ska uppmanas att greppa där, men det är inget gruppen kan säkerställa att användaren gör.

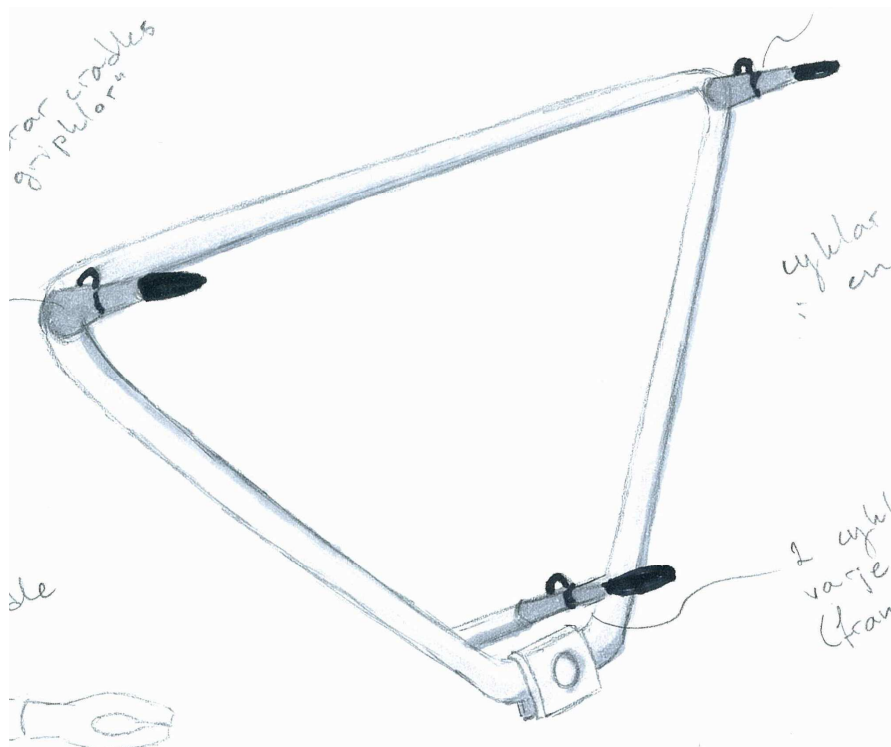


Figur 8. Koncept 1

3.7.2 Koncept 2

Huvudtanken med koncept två var att minimera avståndet som cyklarna sticker ut bakom bilen genom att ändra sättet som de hänger på. Meningen är att cyklarna monteras i en triangel där två av dem snedställs 45°. Det fästs två cyklar i varje grepparm som består av en cradle och en gripklo. Dessa grepparmar skulle även motverka referensproduktens problem att cradles är i vägen då de inre cyklarna ska monteras på cykelhållaren (Figur 9).

Hanteringen av detta koncept visade sig dock vara väldigt oergonomiskt då cyklarna skulle behöva lyftas i stora avstånd och samtidigt vinklas. Dessutom blev förvaringsvolymen extremt stor vilket gick emot kravspecifikationen, men det kunde även bli en risk under användning då konceptet i allmänhet upplevdes som onödigt stort. Slutligen bidrog inte heller konceptet så mycket till att öka kompatibiliteten med fler cykelmodeller eftersom avståndet mellan grepparmarna var fixerat och endast kunde användas till att fästa i ramdelar.



Figur 9. Koncept 2

3.7.3 Koncept 3

Det tredje konceptet fokuserade på att hitta gemensamma fästpunkter för alla cykelmodeller, de som valdes var sadel och styre. I och med detta gjordes en lösning med löstagbara stänger som fästs på cykeln och sedan lyfts cykeln i stället och står i ett vertikalt läge. Sadeln vilar då i en "skål" medan styret hålls på plats med hjälp av två gripklor. Stängerna skulle gå att justera på längden så att de skulle kunna passa vilken cykelmodell eller storlek som helst, och det skulle inte vara några problem med att cyklarna blockerar varandra eller slår i stället vid montering. Det sågs som en innovativ lösning då det inte finns något liknande på marknaden. Den böjda stängan som utgör basen av cykelhållaren var menad att passa Thules produktidentitet eftersom den kan anses vara strömlinjeformad, samt att den böjda formen gör att cyklar av samma storlek inte kommer i konflikt med varandra då de monteras (

Figur 10).

De problem som uppkommer vid hanteringen av konceptet var främst knutna till själva lyftandet av cykeln med stängan monterad på, eftersom användaren då ska passa in stängan på den vertikala delen av stället som sitter fast på dragkroken. Detta lyft ansågs ge upphov till stora belastningen långt ut från kroppen eftersom användaren inte lyfter vid viktens centrum. Ett mindre problem var att vid transport på bilen fanns det risk för att cyklarna skulle sticka ut för långt bakom bilen, men dessutom över bilens bakända. Det ansågs problematiskt att fästa reflexer bak på denna modell så att den skulle uppfylla de befintliga lagkraven.

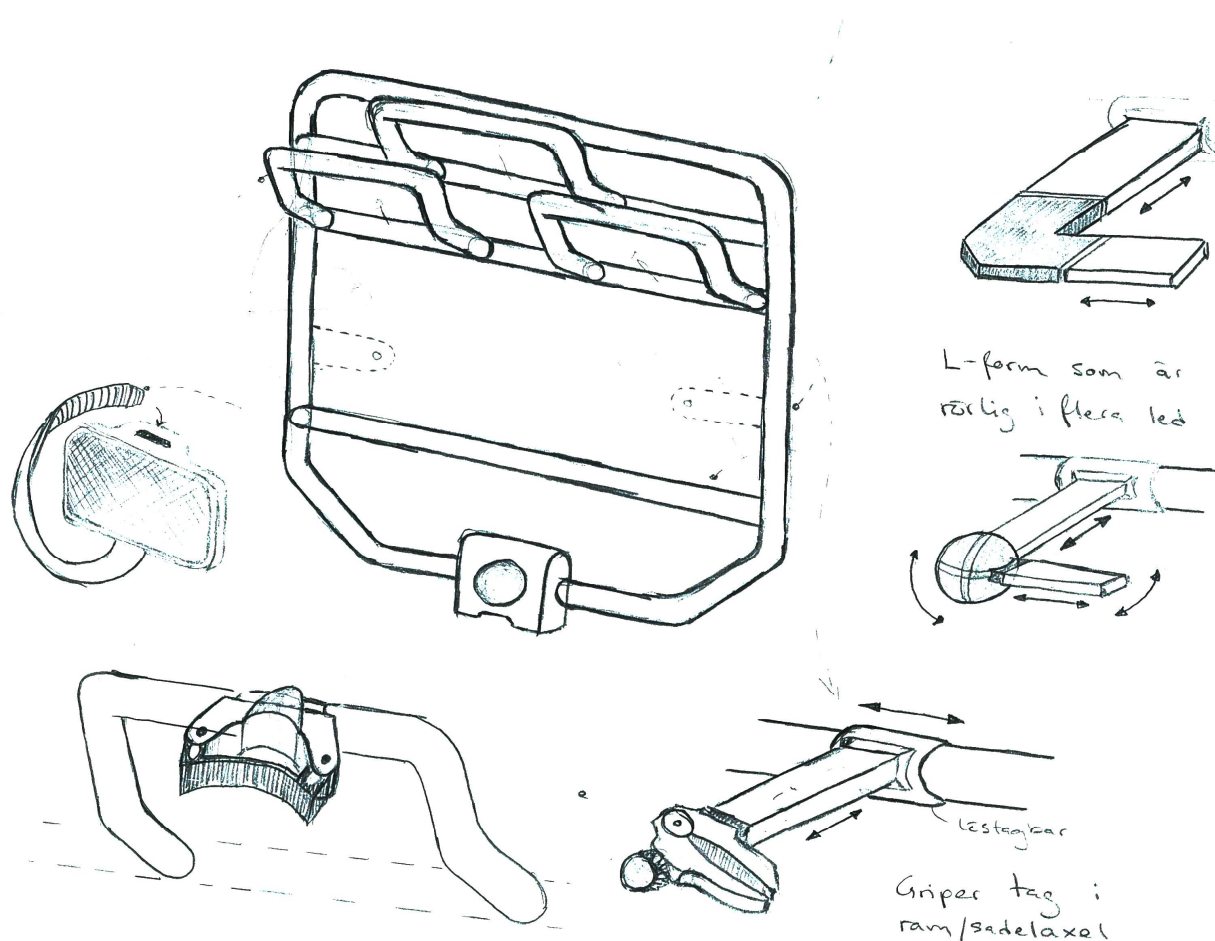


Figur 10. Koncept 3

3.7.4 Koncept 4

Det fjärde konceptet inspirerades av hur diverse trädgårdsredskap hängs upp. Även här skulle cyklarna monteras i vertikalt läge och styrena skulle vila i byglar medan resten av cykeln hängde fritt med hjulen riktade ut ifrån bilen. Detta koncept hade fördelen av att upphängningen av cyklarna skulle gå fort och inte vara speciellt komplicerad, samt att den skulle vara kompatibel med alla typer av cyklar som har ett styre (Figur 11).

En av de största nackdelarna var att det inte fanns en säkring för cyklarna så att de inte skulle kunna hoppa ur sina fästen. Det ansågs även vara ett problem att konceptet inte passade in i Thules produktsortiment då konstruktionen kändes för hård och enkel. Det var även ett problem att cyklarna som i det förra konceptet hamnar för långt ut från bilen och kan sticka upp över den, samt att det här inte finns något som förhindrar cyklarna från att svinga nedtill. I övrigt har den låg igenkänningsfaktor, då konceptet bygger på en helt ny metod och förstagångsbrukare kan då ha svårt att utläsa funktion och hantering. Ur belastningsergonomisk synpunkt måste också cykeln lyftas högre och med ett vridande moment i jämförelse med nuvarande modell.



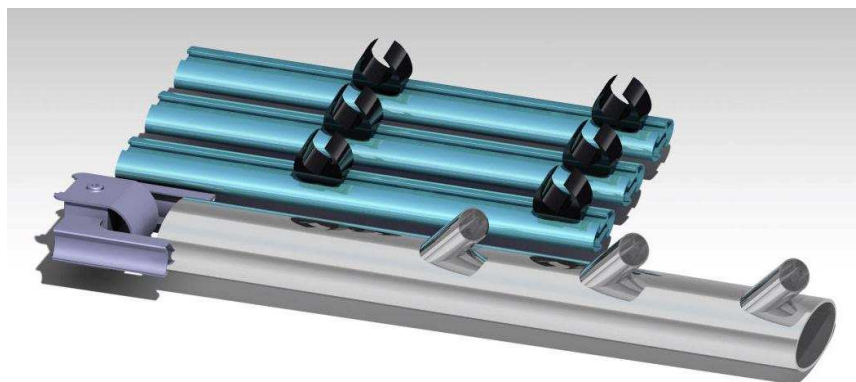
Figur 11. Koncept 4

3.7.5 Koncept 5

Koncept fem bestod likt koncept tre av löstagbara stänger som fästs på cykeln och för att sedan monteras i vertikala stången. I detta fall har den löstagbara delen två gripklor som kan skjutas utmed stången för att på så vis passa många modeller av cyklar eftersom de ska fästas i ramen. Cyklarna monteras sedan liggandes snett mot bilen för att kunna packa dem så effektivt som möjligt (Figur 12). Tyvärr skulle just monteringen av cyklarna innebära stor ergonomisk belastning då cykeln lyfts och vrids av användaren då stången ska siktas in i den vertikala stommen. Dessutom är det osäkert huruvida fästena på monteringsarmen är tillräckligt starka för att kunna motverka de svängningar som uppstår vid körning.



Figur 12. Koncept 5



Figur 13. Packbarhet, koncept 5

3.7.6 Koncept 6

I det sista konceptet kommer cyklarna hänga likt referensprodukten, men infästningen har ändrats för att öka kompatibiliteten. Konceptet föddes redan under första mötet med Thule och inspirerades direkt ur deras problemformulering. Det bygger på en arm lik nuvarande produkts och ett antal andra armar som genom att justeras kan passa olika fästpunkter på olika cyklar. Bygeln är för att låsa om cykelramarna. Denna kan vridas för att passa in på de ramar som den ska fästa i, samt att den har ett lås längst ut för att skydda cyklarna från stöld. De andra fästena är utformade likt gripklor för att kunna ge så många fästningsmöjligheter som möjligt, det går även att vrida och vinkla så att de hamnar på olika avstånd från det stora fästet och därmed passar fler cykelmodeller (Figur 14).

Vid utvärderingen av detta koncept framkom osäkerhet huruvida fästena och stängerna de sitter i skulle klara belastningen eftersom det är så mycket leder inblandade. Det var också ett problem att brukaren skulle vara tvungen att hålla upp cykeln samtidigt som fästena ska passas in på ramen, samt att det stora fästet kan vara problematiskt då det kanske inte passar så många cykelmodeller som önskas.



Figur 14. Koncept 6

3.8 Val av koncept I

Inför delredovisningen så jämfördes Koncept 1-6 mot varandra i en *viktad pugh-matris* där de poängbedömdes och rangordnades för att på så sett enkelt och tydligt se hur väl koncepten stod mot varandra, och därefter kunna fatta beslut i vilken eller vilka som är aktuella att gå vidare med (se bilaga 6).

Utvärderingen med hjälp av pugh-matrisen resulterade i att Koncept 3 & 5 togs vidare.

3.9 Delredovisning - Mittpunkt i projektet

I mitten av detta projekt hölls två delredovisningar; en för Teknisk Design och en för företaget. En tidpunkt som kom att visa sig viktig för projektet och dess fortlopning.

3.9.1 Delredovisning för Teknisk Design

På denna delredovisning lades stort fokus på att presentera projektets bakgrund och uppdraget i sig. Stor vikt lades även på att presentera de ovan nämnda lösningsförslag som tagits fram, trots att vissa av dessa inte utvärderats grundligt på grund av det faktum att mycket fokus lagts på att generera fram en mängd olika och annorlunda lösningsförslag. Här berättades hur val av dessa skett, samt de koncepten med bäst resultat från pugh-matrisen presenterades mer ingående. Till de två utvalda koncepten tillverkades enklare funktionsmodeller i papp för att på ett enkelt sätt illustrera hur koncepten fungerar.

Inte helt oväntat väcktes mycket reaktioner kring koncepten då de inte är utformade som konventionella cykelhållare. Då gruppen inte heller hade genomfört grundliga undersökningar kring hur dessa rent praktiskt skulle fungera så saknades möjlighet till att bygga upp ett stadigt förtroende för de olika lösningarna. Man kunde dock se att vissa koncept hade några tydliga för- respektive nackdelar, bland annat att brukaren riskerade att utsättas för stora belastningar i ofördelaktiga ställningar.

3.9.2 Skifte av fokus - Konceptframtagning II

Efter första delredovisningen skedde en större förändring som innebar att koncepten delades upp i grundkonstruktioner och moduler för att presentera en överblick över lösningsförslagen och de variationer som kunde fås – en så kallad *morfologisk matris*. Dessutom togs det fram ytterligare några koncept som var närmre referensprodukten med hjälp av dessa kombinationer.

På grund av den kritik som framkom ändrade gruppen fokus och organiserade om presentationen inför delredovisningen för Thule. Här skedde dessutom en hel del utvecklingsarbete under en kort tid, främst genom att bryta ner de befintliga koncepten i funktioner och kombinera dessa på nya sätt. Genom denna metod kunde en större mängd koncept tas fram. Dessa byggde på samma idéer som gruppen baserat de tidigare koncepten på, men använde till stor del samma hantering som de mer

traditionella cykelhängarna som finns på marknaden. Därigenom skapade gruppen en brygga mellan den nuvarande marknaden och de koncept som upplevts som överkliga på delredovisningen för Teknisk Design.

3.9.2.1 Koncept 7

Genom att kombinera grundidén hos koncept 3 med stommen från koncept 6 togs koncept 7 fram. Konceptet baserades på redan testade delar för att säkerställa att både hantering och funktion redan var testade och verifierade. Liksom koncept 6 bygger detta på att cyklarna skall fästas i en punkt och sedan i en justerbar punkt i andra änden. Detta för att maximera kompatibilitet med olika cyklar. Skillnaden är att här hängs cykeln i sadeln i stället för i ramen. Förändringen medför att alla cyklar då hänger åt samma håll, men blir oberoende av ramtjocklek eller utförande när det gäller passning. Därigenom förväntades koncept 7 kunna bära alla sorters cyklar som idag finns på marknaden (Figur 15).

I övrigt gav utformningen större möjligheter till låg pack- och förvaringsvolym och förväntat lägre tillverkningskostnad. Dock är den inte lika säker som sin föregångare, detta då produkten ställer krav på att användaren helt säkrat sadeln till cykeln.



Figur 15. Koncept 7

3.9.2.2 Koncept 8

Koncept 8 kombinerade det bästa från koncept 5 och 6. Det fungerar i stort sett som koncept 5, men i stället för att använda gripklor fäster brukaren en låsbar bygel runt cykelramen. Genom sin demonterbarhet kan cykelhängaren lätt stuvas in på olika sätt beroende på utrymmet den packas i. Nackdelen blir högre tillverkningskostnader och mängden lösa delar. Liksom sina föregångare lider konceptet också av låg igenkänningsfaktor (Figur 16).



Figur 16. Koncept 8

3.9.2.3 Koncept 9

Det sista konceptet som klarade kraven och som redovisades för Thule var koncept 9. Detta koncept togs främst fram för att ställa de andra koncepten i kontrast, brygga det sista avståndet mellan nuvarande produkt och nya koncept (Figur 17).



Figur 17. Koncept 9

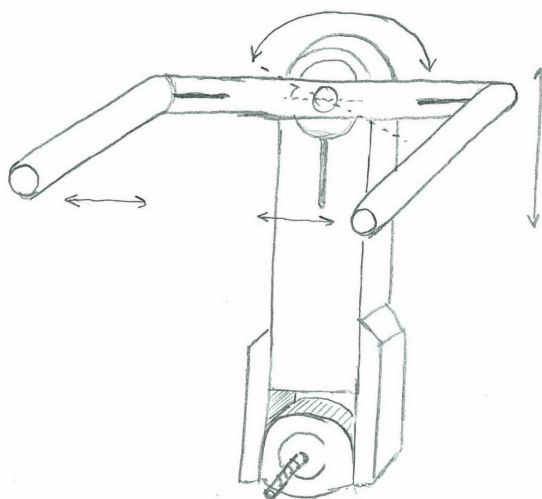
3.9.3 Delredovisning för Thule

Inför företagsredovisningen gjordes presentationsmaterialet delvis om för att passa deras intresse bättre; huvudsakligen innebar förändringen att större fokus lades på själva koncepten, och att mer tydligt peka ut vilka för- respektive nackdelar de enskilda konceptidéerna hade samt hur realiserbara de kunde vara. Koncept 3, 5, 6, 7, 8 och 9 redovisades i en presentation för Thule.

Under redovisningen sorterades flera koncept bort tillsammans med Thule; flertalet av de presenterade koncepten byggde på principen att ha löstagbara moduler. Löstagbara moduler hade sina fördelar, men var inte önskvärdt hos en produkt i deras sortiment. En tydlig fördel är att man gör alla finjusteringsmoment i en bättre arbetsställning innan man hänger upp cykeln, dessutom kan det erhållas en bättre packvolym. Nackdel blir dock istället att produkten blir obrukbar om någon av de ingående delarna i produkten kommer bort. Även koncept 7 valdes bort då det inte kunde säkerställas huruvida sadeln skulle klara belastningen. Under samma tillfälle föddes ytterligare ett koncept.

3.9.3.1 Koncept 10

Det koncept som efter redovisningen hos Thule arbetades fram baserades på gruppens tester om cykelramar, fästpunktsmått och övriga undersökningsresultat. Grundidén var att ha en cykelhängare som är så justerbar att den med nuvarande raminfästning kan fästa i alla sorters cyklar. Detta skulle konceptet uppnå genom att infästningarna inte bara var justerbara i bredd, men också individuellt i höjd. Detta för att kunna fästa på olika delar av ramen så att den kan fästas säkert oberoende av hur ramen ser ut.



Figur 18. Koncept 10. Beskrevs som ett "T" där den horisontella profilen kan vinklas och regleras i höjd, samt där armarna kan regleras så avståndet mellan dem varierar.

Konceptet bygger kortfattat på att cykelupphängningen är reglerbar i höjd, bredd samt ställbar i olika vinklar relativt horisontalaxeln.

3.9.4 Sammanfattning mittpunkt

Sammanfattningsvis betydde detta att gruppen valde att utvärdera och färdigställa det nya konceptet som kommit ur det material som redovisats för Thule. Gruppen gick tillbaka till idégenereringen men försökte även hitta nya kombinationer baserat på tidigare förslag.

3.10 Vidareutveckling

Genom undersökningar av cykelramar och tester med mock-up-modeller kom gruppen fram till att originalutförandet av Koncept 10 (avsnitt 3.9.3.1) inte fungerade som tänkt; det visade sig att den vridfunktionen som var konceptets grund inte skulle göra att produkten blev mer kompatibel med fler cykelmodeller, samt att den skulle bli dyrare och mer komplicerad. Istället valdes det att kombinera idéer från denna med tidigare lösningar, samt lösningar framtagna ur ytterligare idégenerering.

3.10.1 Ytterligare undersökningar

Vidareutvecklingen inleddes med undersökningar för att utvärdera ifall det nyligen framtagna konceptet hade några tydliga fördelar i jämförelse med det andra konceptet. Detta gjordes genom insamling av ytterligare cykelstatistik; nu med fokus på fästpunkter på cyklar; vilka möjliga gemensamma fästpunkter det finns för en stor variation av cykelmodeller, samt avståndet mellan dessa.

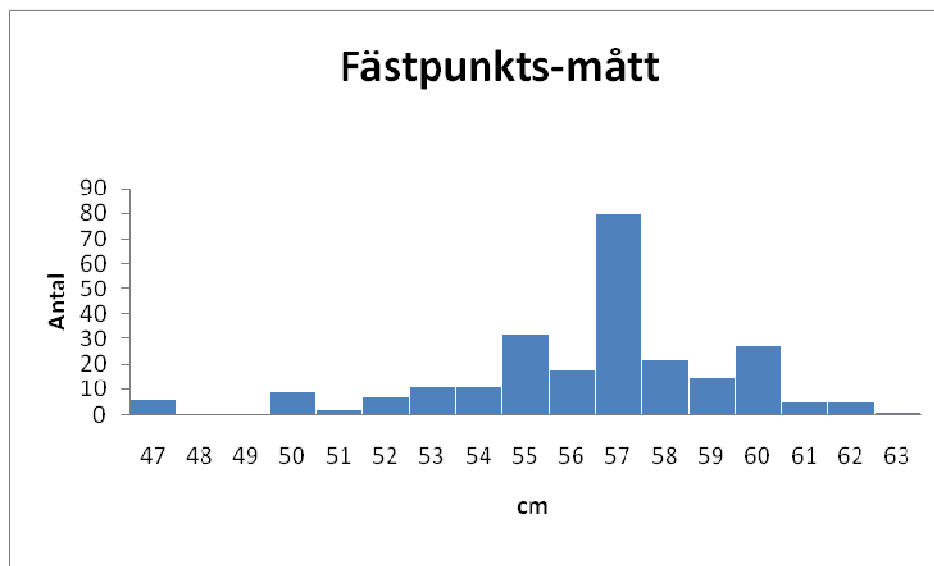
3.10.1.1 Undersökning av gemensamma fästpunkter

Genom att mäta avståndet mellan de två fästpunkter det nya konceptet skulle fästa i undersökte gruppen hur stort avståndet mellan bygelarmarna bör vara. Dessa infästningspunkter är de punkter gruppen kommit fram till är gemensamma för en stor andel cyklar, där det är möjligt att fästa cyklarna i ramen. Om en cykelhängare fäster i dessa punkter kan den enligt tidigare undersökningar bära 95% av de cyklar som påträffats, förutsatt att cykelhängaren kan justeras i bredd för att passa olika stora ramar. Måtten av 300 cyklar sammanställdes som statistik och blev grunden till hur konceptet skall justeras.



Figur 19. Illustration av att fästpunkterna (rödmarkerade) passar för ett stort antal cykelmodeller

Det mått som framkom som vanligast är 57 cm, men även mått upp till 63 cm och ner till 47 cm förekom. I undersökningen framkom också att ett glapp på 2 cm kunde tillåtas åt varje håll, vilket ger en effektiv bärkapacitet på 53 - 61 cm. Därmed fanns beslutsunderlag för att fastställa cykelhållarens grundinställning som 57 cm.



Figur 20. Diagram över avstånd mellan möjliga fästpunkter

Att göra konceptet reglerbart i bredd visade sig därför vara motiverat. Denna reglerbarhet ansågs dessutom vara tillräcklig för att ge en passbarhet för majoriteten av cyklar och ingen motivering för att även inkludera de övriga två reglerbarheterna kunde hittas (höjdled och vinkel relativt horisontalaxeln). Därmed stryktes reglerbarheten i höjd och vinkling av konstruktionen.

3.10.1.2 Frågeformulär

Ett frågeformulär gjordes för att få en bättre förståelse för vad användaren värderar hos en cykelhållare. Frågor om funktionaliteten var i fokus, men det efterfrågades även vilka problem personen upplevt med olika modeller av dragkroksmonterade cykelhållare. Frågeformuläret bifogas i bilaga 15.

Huvudsakligen kunde följande identifieras som resultat:

Problemområden:

- Montering av barn- och damcyklar
- Montering av produkt på dragkrok
- Produkten och cyklar skymmer bilens ljus

Eftersökes:

- Lättare förvaring – Lägre förvaringsvolym
- Mer lätthanterlig - Färre arbetsmoment vid montering och lägre vikt
- Mer stabilitet – Produkten får ej upplevas som ranglig
- Möjlighet att komma åt bagageutrymme

3.10.1.3 Undersökning av tidmoment

Tidigare fanns en avgränsning om att utelämna utveckling av kulhuset, men misstanke fanns att denna omfattade ett stort tidsmoment, vilket utmynnade i en undersökning kring olika tidsmoment. Genom att ta tid på monteringen framkom att med nuvarande utformning av kulhuset (referensprodukten) blir monteringen ett väldigt tidskrävande moment. Detta ansågs kritiskt att eliminera för att minska den totala monterings tiden och det beslutades därför att testa denna avgränsning. Detta motiverades även med resultaten från frågeformulären då flertalet personer efterfrågade en smidigare montering av produkten.

Genom att ta tid på olika moment inom monteringen av hängare och cyklar kartlade gruppen i vilka skeden mest tid förlorades. Det framkom att av de 27 sekunder det tog att i genomsnitt montera cykelhängaren på dragkroken bestod 20 sekunder enbart av justering av den skruv som skapar kultrycket.

Övriga uppmätta tider användes sedan för att jämföra slutkonceptet med referensprodukterna. Saxlösningen tidsattes också för att ge resultat från en produkt som framställts som lättmonterad och smidig i intervjuer med användare. Målbilder för hur kommande lösningar skulle prestera sattes upp utifrån framtagna testdata och lades till kravspecifikationen för det nya konceptet.

Funktionsmodeller i trä och olika plaster gjordes för separata delar av konceptet, dessa användes till att göra uppskattningar om till exempel tidsåtgång för fästning av cyklar på bygelarmarna.

3.10.2 Sammanfattning av studier

Resultaten från intervjuerna ledde till ett starkare fokus på tre punkter med det nya konceptet:

- Utökad passning av fler cykelmodeller
- Packbarhet
- Enklare/smidigare

Ytterligare referensprodukt

För att ha en jämförelseprodukt till Thules modell valde gruppen att även göra tester på en av de billigaste modellerna på marknaden, en saxmodell från Olab för 199 kr (se Figur 21), eftersom många av de intervjuade hade erfarenhet av just denna. Produkten användes för att jämföra antal monteringsmoment, monterings tid och förvaringsvolym. Den inspirerade även gruppen då den är betydligt enklare än Thules modell, vilket gjorde att man kunde se vad som egentligen behövdes för att uppfylla den huvudsakliga funktionen. Dock har den samma problem som referensprodukten eftersom den har samma typ av grundkonstruktion.



Figur 21. Saxlösning på det stativ som tillverkats och använts i projektet

3.10.3 Utveckling av delsystem

Konceptet delades upp i delsystem: stativ, infästning för cyklarna och kulhus. Därefter återgick gruppen till ytterligare ett skede av idégenerering för att kombinera de lösningar som återstod med nya idéer. I detta skede användes *brainstorming* följt av framförallt funktionsmodeller och beräkningar för att testa olika idéer. Slutligen sammanfogades dessa delar till ett helhetskoncept.

3.10.3.1 Stativ

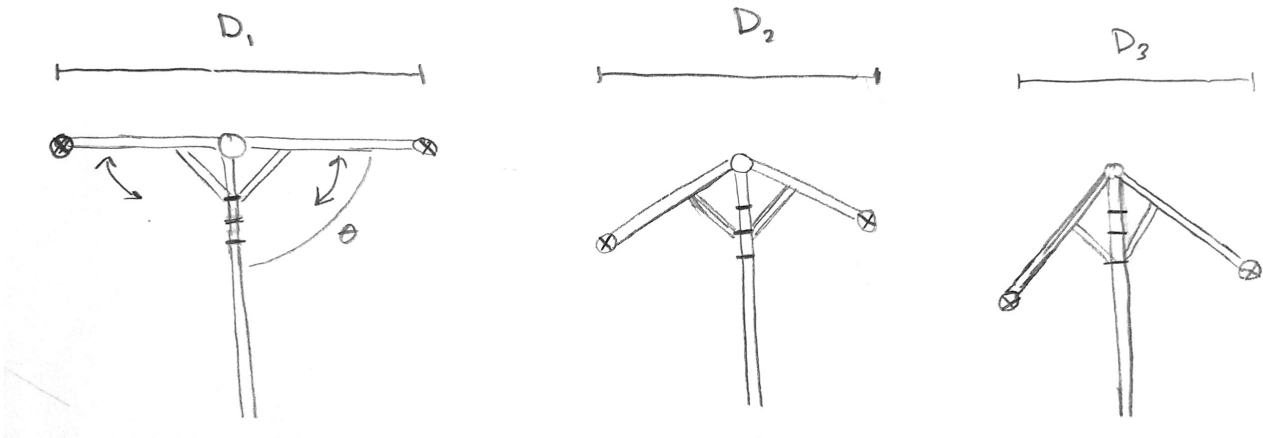
Stativet består av en vertikal stolpe som går upp från dragkroken till bågen, samt de stag som kopplar samman dessa två komponenter.

För att utforma och välja vilket stativ som bör användas genomfördes först en kort idégenerering och undersökning över vilka metoder som används idag och som kan tänkas användas. När ett underlag av möjliga utformningar fanns, testades hanteringen av dessa genom funktionsmodeller i trä. Detta för att ge en indikation på hur hanteringen av en verklig produkt med denna användning skulle fungera. Med den grundläggande principen fastslagen utforskades behovet av andra funktioner och hur dessa skulle fungera. Med hjälp av de cykelhängare och cyklar gruppen förfogade över testades hur gruppen önskade att funktioner skulle användas. Detta användes sedan som underlag för att välja utförande hos de funktioner som relateras till stativet; leder, tilt-funktion och infästning av cyklar.

Alla lösningar testades, utvärderades och förbättrades där möjlighet fanns.

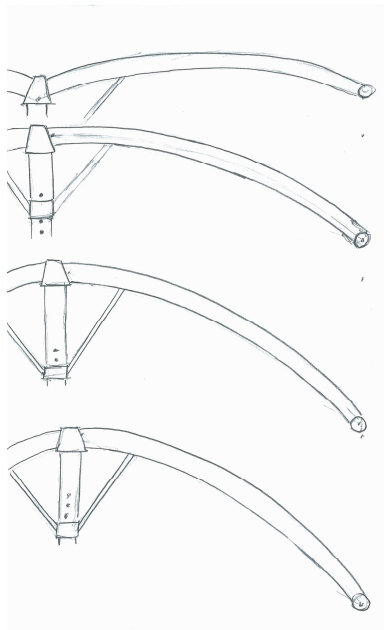
Reglerbar "T-konstruktion"

"T-konstruktionen" som konceptidén byggde på utformades med en led som tillsammans med två stag möjliggör variation i bredd. Stagen är kopplade till en "ring" som löper längs med stativet och kan låsas i olika lägen med hjälp av en sprint.



Figur 22. Reglerbar "T-konstruktion"

Av estetiska skäl utformades de två reglerbara armarna initialt som delar av en båge med negativ böjning. Varför bågen valdes som negativ utreds i bilaga 17.



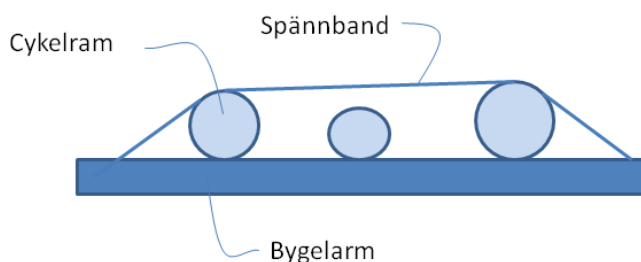
Figur 23. Bågen

3.10.3.2 Cykelinfästning

Cykelinfästningen består av den bygelarm som är kopplad till bågens ändor och är den komponent vilken cyklar hängs upp på vid användning.

Inledningsvis genomfördes en idégenereringsfas för att få fram olika idéer för hur upphängningen kunde gå till. Lösningarna tenderade att bli vidareutvecklingar på referensproduktens bygelarmar där nya motsvarigheter för cradles togs fram. Idégenereringen kombinerades i stor grad med konkurrentanalys och en utökad undersökning som omfattade helt andra branscher och applikationer för att finna olika och nya smarta lösningar för fästning. Huvudsakligen består de hittade lösningarna av olika typer av spännbandsutföranden; spännbandsspännen och sticklås eller gummistroppar av olika slag.

Att spänna ned flera cyklar av varierande ramstorlek med ett spännband som enkelt löper över alla ramar skulle innebära problem om ramarna är av varierande storlek (glapp)

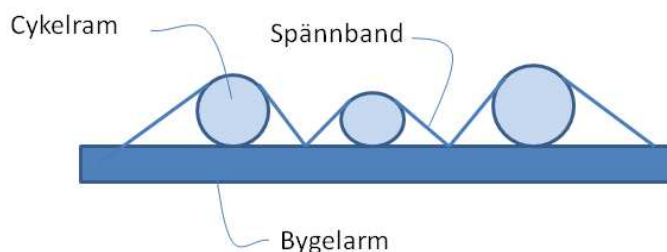


Figur 24. Illustration av problematiken med varierande ramstorlek och (1) spännband.

Att spänna fast varje cykel med ett separat spännband skulle vara alldeles för besvärligt och tidskrävande vilket resulterade i att söka hitta sätt att använda ett spännband till flera cyklar, men ändå kunna säkra nedspänning av varje enskild ram. Grundtanken här var att det skulle vara ett spännband till vardera bygelarm som används för alla cyklarna och att alla kunde spännas ned separat genom att ha någon typ av mellannedspänning mellan varje ram så att varje ram spänns ned individuellt.

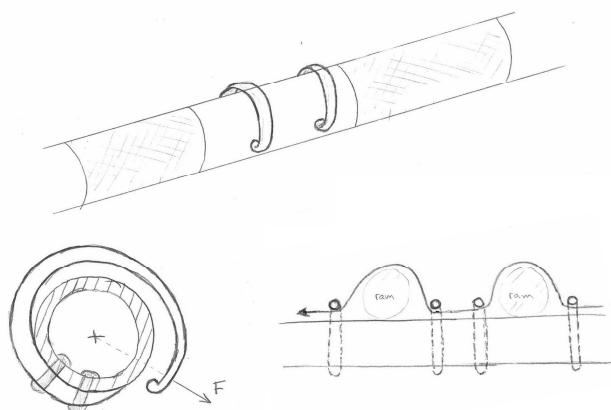
Ytterligare undersöktes hur bred/tjock bygelarmen med fästansordning kunde vara för att passa i de gemensamma fästpunkter som tidigare lokaliserats (avsnitt 3.10.1.1). Genom praktiska test och undersökningar så blev svaret på denna frågeställning att bredden fick vara max 55 mm.

Det som eftersöktes var därmed en spännbandslösning som på något vis spänner ned varje ram enskilt.



Figur 25. Illustration av hur varje ram kan spännas enskilt

Ett antal olika idéer enligt principen ovan togs fram och efter undersökning och praktiska tester resulterade i ett delkoncept som ansågs vara realiserbart (se Figur 31).

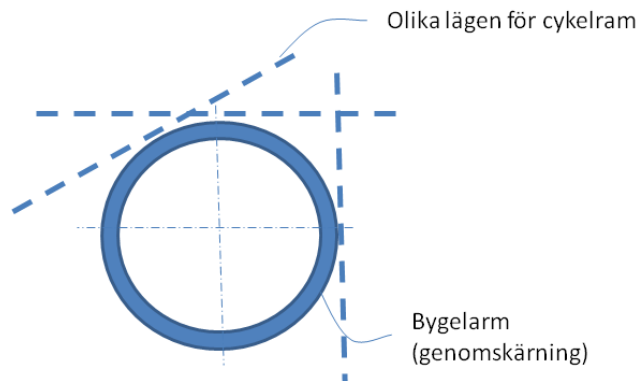


Figur 26. Skiss på framtaget delkoncept med "skruven".

Figur 27. Prototyp på bygelarm med "skruven"-utförande

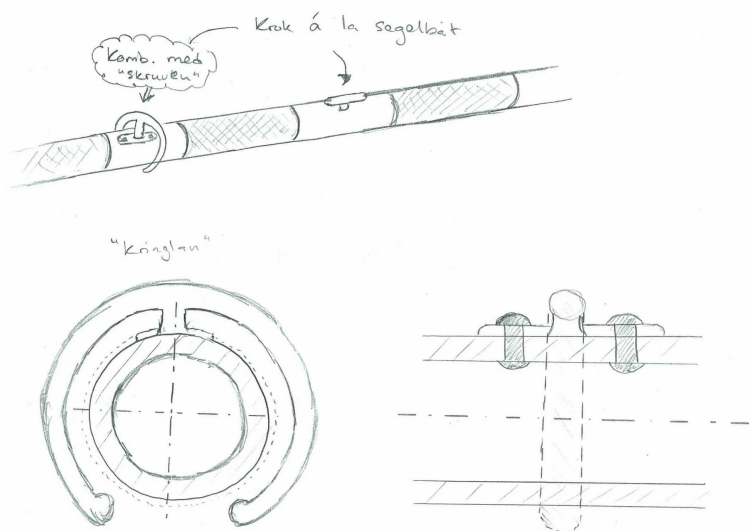
Varje bygelarm är en rak profil med tre positioner (en per cykel) där cykelramen ska ligga an. Dessa positioner är gummerade för att dämpa och skydda cykeln samtidigt som cykeln hålls på plats genom friktion. Mellan varje position finns så kallade "skruvar" som är en av typ krok där spännbandet kan krokas i och spänna ned cykelram.

Detta utförande tillåter även att cykelramar kan ligga an mot bygelarmen från flera olika vinklar – detta är främst en fördel för damcyklar som saknar den horisontella stolpen som finns hos herrcyklar.



Figur 28. Cykelramar kan ligga an mot bygelarmen från olika håll.

”Skraven” vidareutvecklades sedan med inspiration från knapar (krokar som är vanliga inom sjöfart) och fick på så vis en mer säker realiserbarhet då det lättare kan anknytas till idag fungerande applikationer.



Figur 29. Vidareutveckling av "skruv" till "remhake"

Dessutom ökar infästningsmöjligheten då man kan föra in spännbandet från båda sidor om bygelarmen, vilket samverkar väl med tanken att cykelramar kan ligga an mot bygelarmen i flera olika vinklar och håll. Denna komponent kommer vidare att kallas för ”remhake”.

3.10.3.3 Kulhus

En av avgränsningarna som gavs från Thule var att det befintliga kulhuset även skulle finnas på konceptet. Genom undersökningar och tidsstudier framkom det dock att detta kulhus hade flera nackdelar. De största nackdelarna var att monteringen var tidskrävande, arbetet utfördes i en icke ergonomisk arbetsställning och det behövdes ett verktyg för monteringen. På dessa grunder valdes

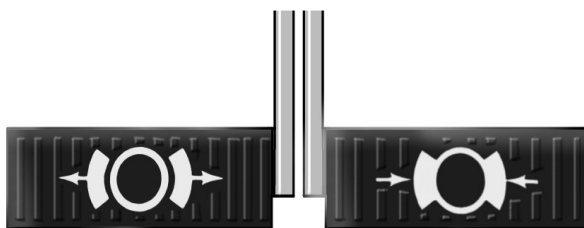
det därför att gå emot Thules avgränsning och utföra ett utvecklingsarbete på kulhuset. Med problemområdena som grund togs olika koncept fram för att lösa problemet på bästa tänkbara vis. Det första konceptet byggde på en skruvlösning där mutterstycket var tvådelat och fjäderbelastat. Detta för att kunna separeras och på så sätt frigöra skruven och ge en kortare monterings-tid. Konceptet gav dock ingen förbättring på arbetsställningen och valdes således bort. Koncept nummer två byggde på en handbromslösning. Likt en bils handbroms skulle användaren spänna åt runt kulan. Även detta koncept föll på den dåliga arbetsställningen samt att det var tveksamt om den skulle vara tekniskt genomförbar. Det tredje och sista konceptet var en lösning där en pedal trampades ner av användaren för fastsättning av cykelhängaren. Detta koncept behandlade alla problemområden väl och därför valdes det att gå vidare med detta.

Kraftberäkningar gjordes för att försäkra att det nya förslaget på kulhuset skulle fästa tillräckligt hårt kring dragkroken. Det räknades även på vilken typ av rullager som skulle behövas för utväxlingen, och hur stor kraft en användare skulle behöva applicera på till exempel en pedal för att klämma fast kulhuset (se bilaga 13).

Symbolundersökning

Denna undersökning resulterade i att ett koncept för ett nytt kulhus utvecklades, vilken kom att involvera pedaler som användaren skulle interagera med. För att få produkten så lättförstådd som möjligt beslutade gruppen att beskriva dessa pedalers funktion med symboler.

En symbolundersökning genomfördes för att se vilka symboler som kunde anses lämpliga att sitta på pedalerna för dragkroksinfästningen. Ett antal passande symboler valdes ut från boken Symbol Sourcebook (Dreyfuss, 1972) och sammanställdes i ett dokument. Dessa arrangerades upp i tre olika symbolpar i ett formulär vilket en grupp försökspersoner fick fylla i vad de förknippade med symbolerna. Vilket symbolpar som passade bäst framgick tydligt av de funktioner försökspersonerna associerade med symbolerna och valet var därför tydligt.



Figur 30. "släpp" (vänster) och "kläm åt" (höger)

3.10.3.4 Led (bygelarm – båge)

Vid sammankoppling av stativ (bågen) och bygelarm krävs någon typ av led som möjliggör reglerbarheten.

Beslut togs att ledens konstruktion skall vara av samma typ av låsmekanismer som referensprodukten har vid upp- & nedfällning av bygelarm. I det nya konceptet behöver detta dock omkonstrueras något då placeringen ändrats:

I referensprodukten sitter låsleden direkt på stativet och bygelarmen regleras mellan två lägen som är parallellt respektive rätvinklig mot stativet.

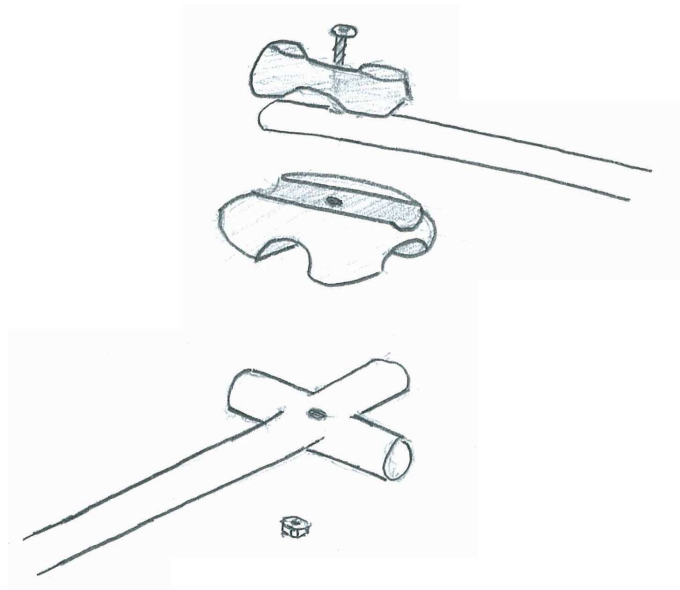
På det nya konceptet sitter låsleden istället på en reglerbar båge som sitter på stativet och bygelarmen regleras här mellan ett parallellt och rätvinkligt läge relativt bågen.

Summerat motsvarar en vertikal belastning på det nya konceptet en horisontell belastning på referensprodukten. Här motsvarar referensproduktens stativ det nya konceptets båge.



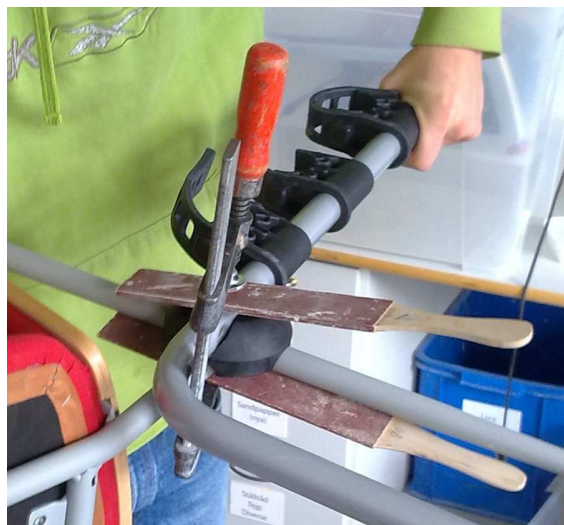
Figur 31. Referensprodukten snedställd för att representera situationen för det nya konceptet.

Vid testbelastning i denna riktning visade sig leden ej vara stabil då bygelarmen tenderar att vilja rotera kring den (på bilden) undre profilen. För att stabilisera konstruktionen så kom dock idén att göra ett "kors" på ändan av den undre profilen som då förhindrar rotation och på så vis stabiliserar konstruktionen. Se bild nedan.



Figur 32. Illustration av "kors"

Denna idé testades praktiskt på en profil med detta korsutförande där låsmekanismens delar spändes fast och bygelarmen testbelastades. Detta visade sig ge ett väldigt robust intryck och gruppen ansåg att detta var en lösning som skulle ge ett gott intryck hos en användare.



Figur 33. Funktionsmodell av låsled

3.10.3.5 Tilt

Tilt-funktionalitet är något som önskas då det är något som återfinns hos referensprodukten. I de undersökningar som gjorts i projektet med referensprodukten har det dock framkommit att denna funktion inte fungerar så väl som önskat. Detta grundas främst i att den är svåråtkomlig då cyklar är monterade på produkten och fodrar besvärliga manövreringsmoment för användaren.

Denna funktion visade sig vara väldigt besvärlig att utveckla, men principen ansågs vara relativt lätt att överföra till ett nytt koncept. Därav kom denna funktion att få en låg prioritet under utvecklingsarbetet i detta projekt.

Framåt slutet ansåg dock gruppen att överföra referensproduktens princip var onödig på grund av det omdöme som denna fått (nämnt ovan) och i samarbete med Thule togs därför fram en ny lösning som möjliggör tilt-funktionalitet. Konceptet för detta delsystem är dock inte helt utvecklat utan mer principiellt förklarat.

3.11 Utvärdering

Efter diskussioner inom gruppen, kontakt med företaget och funktionstester på modeller framkom ett koncept som ansågs vara innovativt och som dessutom uppfyllde de krav som ställts på användarvänlighet och funktion. I detta koncept hade det valts att frångå avgränsningen att inte ändra på kulhuset, vilket diskuterats med företaget och beräkningarna kontrollerade av personer med kunskap om hållfasthet och mekanik.

För att utvärdera det koncept som tagits fram gjordes funktionsmodeller och flertalet beräkningar för att kunna göra de dimensioneringar som behövdes för att konstruktionen skulle hålla för både de statiska och dynamiska belastningar som uppkommer vid användning. Funktionsmodellerna användes för att göra tester på cyklar och kunna skapa jämförelsetal till de som tagits fram i samband med de tidigare användbarhetstesterna, det vill säga monteringstid, monteringsmoment, förvaringsvolym, vikt med mera. RULA- och REBA-utvärderingar gjordes även för jämförelse med referensprodukten och för att se om några skadliga moment kvarstod.

3.11.1 Användningssituation och hantering

Eftersom det är en produkt som likt referensprodukten ska användas utomhus i det nordiska klimatet bör den kunna tåla bland annat fukt och temperaturförändringar utöver att vara beständig mot UV-strålning samt klara vibrationer. Produkten utsätts även för förhöjda halter av partiklar, luftföroreningar och turbulens då den är monterad bak på bilen. Dessutom bör hänsyn tas till den extra värme cykelhållaren och cyklarna kan utsättas för då de sitter nära avgassystemet där det bildas mycket värme vid körning.

Konceptet är, likt referensprodukten, tänkt att användas för mindre familjeutflykter vilket gör att det måste vara smidigt att hantera och lätt att förstå då det kan vara flera olika familjemedlemmar som kan tänkas använda den. Trots tilt-funktionen förväntas användaren montera av cykelhållaren relativt ofta, vilket gör att vikt och antal monteringsmoment begränsas och tiden det tar att montera produkten på dragkroken är av stor betydelse. Konceptet måste även ha en låg förvaringsvolym eftersom användartesterna visade att en stor andel önskar ta med sig cykelhållaren i bagageutrymmet då det inte används.

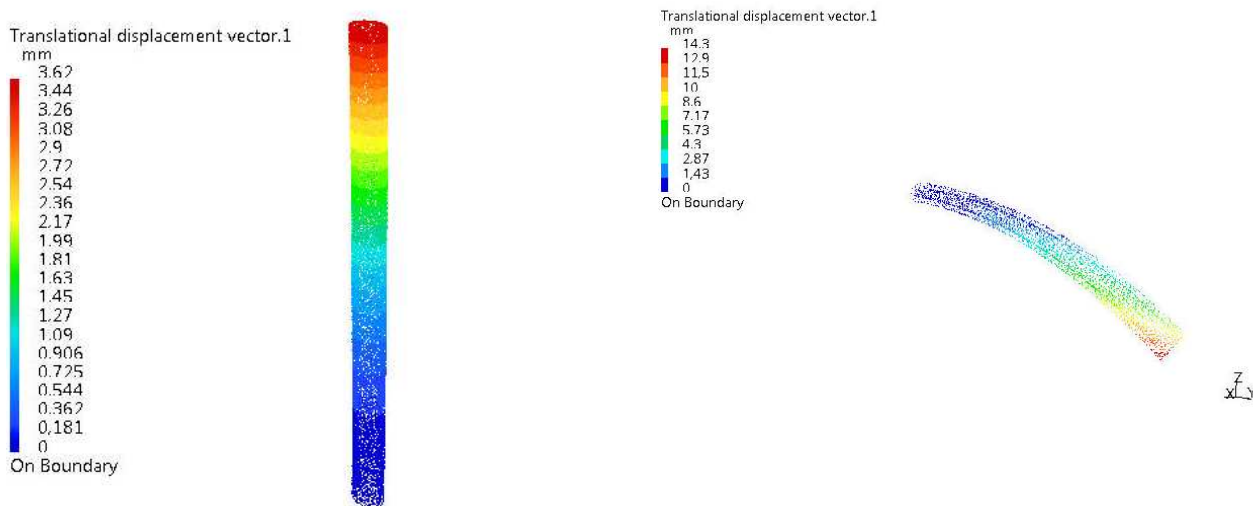
3.11.2 Funktionsmodeller

De funktionsmodeller som gjordes användes först till att utvärdera hur konceptet skulle monteras och hur stor förvaringsvolymen skulle bli. De användes till att räkna antalet moment vid montering eftersom detta skulle ha stor betydelse för hur användarvänligt konceptet upplevdes, samt hur smidig hanteringen skulle bli. Det var viktigt att undersöka hur enkelt det skulle vara att montera på cyklarna på de nya fästena i förhållande till referensprodukten.

3.11.3 Hållfasthet

Konceptet är menat att klara av en långvarig belastning och därför gjordes beräkningar som granskades av personer från institutionen för mekanik och hållfasthetslära. Alla olika delar i konstruktionen skulle hålla för två typer av belastning; den statiska som kommer från att cyklarna vilar på konstruktionen, samt den dynamiska som uppkommer vid användning genom bland annat körning och montering av cyklar. Eftersom det var komplicerat att räkna exakt på delarna utan möjlighet till simulering, gjordes beräkningarna med en god säkerhetsmarginal. Beräkningar på stommen, vingarna och armarna gjordes även i Catia V5 då dessa ansågs uppleva den mest kritiska belastningen. Utifrån beräkningar valdes dimensioner samt godstjocklek på delarna. För de statiska beräkningarna approximerades lasten till 60 kg (3 cyklar á 20 kg), dessutom räknades det med en säkerhetsfaktor på 1,5. Detta gav då en last på 900 N. För stommen och vingar gav det ett vridande moment, som i det värsta fallet hade en hävarm på 0,5 m, vilket gav 450 Nm. Materialet aluminium med kvalitén EN-AW-6063 T6, vilket är det mest förekommande aluminiumet i Thules produkter, var främst i åtanke med tanke på belastningarna. Enligt Thule kunde dem dynamiska lasterna approximeras till 4 gånger de statiska, vilket då enligt tidigare beräkningar gav en last på 3600N samt ett vridande moment på 1800 Nm. Den dynamiska lasten skall simulera när exempelvis bilen kör över ett farthinder. Belastningen på produkten blir relativt högt och därför ställs det höga krav på materialet och delarnas utformning. I det värsta fallet på då stommen utsätts för den dynamiska lasten utböjs den 3,7 mm, vilket kan anses som en acceptabel utböjning. Då vingarna utsätts för en ett vridande moment samt en last enligt det dynamiska fallet, fås en utböjning på 12 mm, vilket även detta anses som acceptabelt. Slutligen beräknades hållfastheten på armarna, vilka böjde ut 7mm.

Det bör understrykas att endast produktens större delar har behandlats i dessa beräkningar. Komponenter som gångjärn och leder kräver väldigt komplexa beräkningar och höga krav på detaljkonstruktion, vilket inte är möjligt att utvärdera inom tidsramen för detta projekt.



Figur 34. Mätningar av utböjning gjorda i Catia V5

3.11.4 Uttryck

Produktens uttryck bygger till största del på det material gruppen har från Thules designmanual, produktkatalog och de krav produktens funktioner ställer på uttrycket. Mindre faktorer har varit hållfasthetsberäkningar, tillverkningsmöjligheter och livscykelanalys som resulterat i materialval. Som tidigare nämnts sammanfattades detta i en expression board.

Arbetet med formen hos produkten skedde kontinuerligt efter delredovisningen. Genom tester med funktionsmodeller smalnade utformningen av och så snart den funktionella konstruktionen var satt började arbetet med uttrycket på allvar.

Produkten måste se komplett ut i olika lägen och därför valdes den böjda formen hos armarna som delvis var inspirerad av Thules sortiment. Längder och avstånd definierade hur stor böjningen skulle vara och noggranna ritningar över detta verifierade att uttrycket inte försämrades i produktens olika lägen.

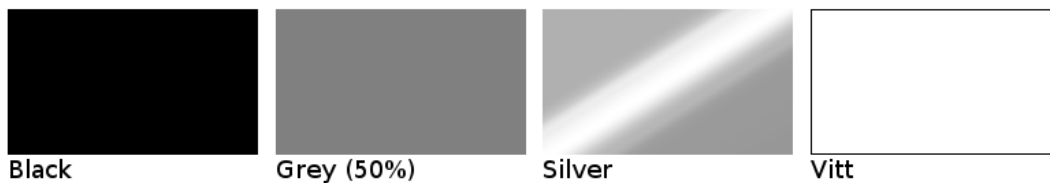


Figur 35. "kettlebell"-associationer

Det centrala fästhuset associerades i originalutförande med en kettlebell (ett träningsredskap), vilket gruppen inte fann önskvärt då det ger ett klumpigt uttryck. Istället beslutades för en ny utformning och former togs från Thules övriga sortiment. Främst användes linjer från handtaget till Thule EuroWay som är en av Thules plattformslösningar för cykeltransport. Fästhuset har också den mest självklara ytan att sätta Thules logotyp och därför hölls denna yta ren från funktioner och dekorerades enbart med logotypen.

Eftersom produkten måste passa in i Thules utbud av produkter var färgskalan begränsad till de fyra färger Thule i huvudsak använder. Svart, grått, silver och, i detaljer, vitt.

Vitt ansågs ha potential som uppseendeväckande färg i skalan och valdes därför till alla aktiva detaljer. Tilt-handtaget, stropparna, spännbanden, symbolerna på pedalerna och Thulelogotypen är alla vita för att tydligt synas och markeras som komponenter.



Figur 36. Färgskala

Ett av problemen gruppen handskades med var att få produkten att ge ett stabilt intryck. Från intervjuer framkom att brukare gärna ser stadiga lösningar och med endast en pelare i mitten gav produkten inte riktigt det intryck gruppen eftersträvade. För att lösa detta gjordes omformningar av profilerna och delar av produkten gjordes större än vad som krävdes för tillräcklig hållfasthet. Dock blev det en balansgång, då produkten heller inte fick bli för tung eller uppfattas som klumpig.

Undersökning av uttryck vid nedböjning av profil

Även om gruppen utfört dimensioneringsberäkningar på komponenter för att säkerställa att hållfastheten är verifierad, så finns ytterligare aspekter att undersöka. Däribland vilket uttryck som produkten utstrålar. Exempelvis när man lastar på cyklarna; profilen håller för lasten utan problem, men om nedböjningen blir alltför stor ger den inget säkert uttryck. Dimensionering behöver alltså även ske utifrån intrycket profilen ger.

Därför har även praktiska test genomförts för att få en klarare bild kring vilka nedböjningar man får för olika dimensioner på profiler och på så vis får en uppfattning av vilka uttryck man får och vad som kan anses vara acceptabelt. Ett aluminiumrör jämfördes med ett stålrör motsvarande referensproduktens dimensioner. Om ett aluminiumrör kunde ge samma känsla av styvhet och säkerhet som stålröret ger vid belastning bör även en konstruktion av aluminium med samma dimensioner uppfattas som säker.

När gruppen funnit ett rör som motsvarade stålrörets känsla antecknades dess dimensioner och dessa mått användes sedan för hållfasthetsberäkningar, viktberäkningar och utformning.



Figur 37. Nedböjningstest

3.12 Materialstudie

Valet av material till produktens olika komponenter gjordes till största delen övergripande. I valet togs det hänsyn till flera faktorer såsom miljö, hållfasthet, tillverkning, estetik, samt även Thules åsikter. För att samla information inom detta område användes litteratur i materialteknik och tillverkningsteknik samt databasen CES. Utefter vad de olika komponenterna skulle utföra för uppgift valdes material efter dess egenskaper. Thules expertis användes också i form av rådgivning kring materialval och tillverkningsmetoder. För att säkra hållfastheten hos produkten användes hållfasthetsberäkningarna, vilka utgjorde en grund för vilka material som var bäst lämpade ur hållfasthetssynpunkt.

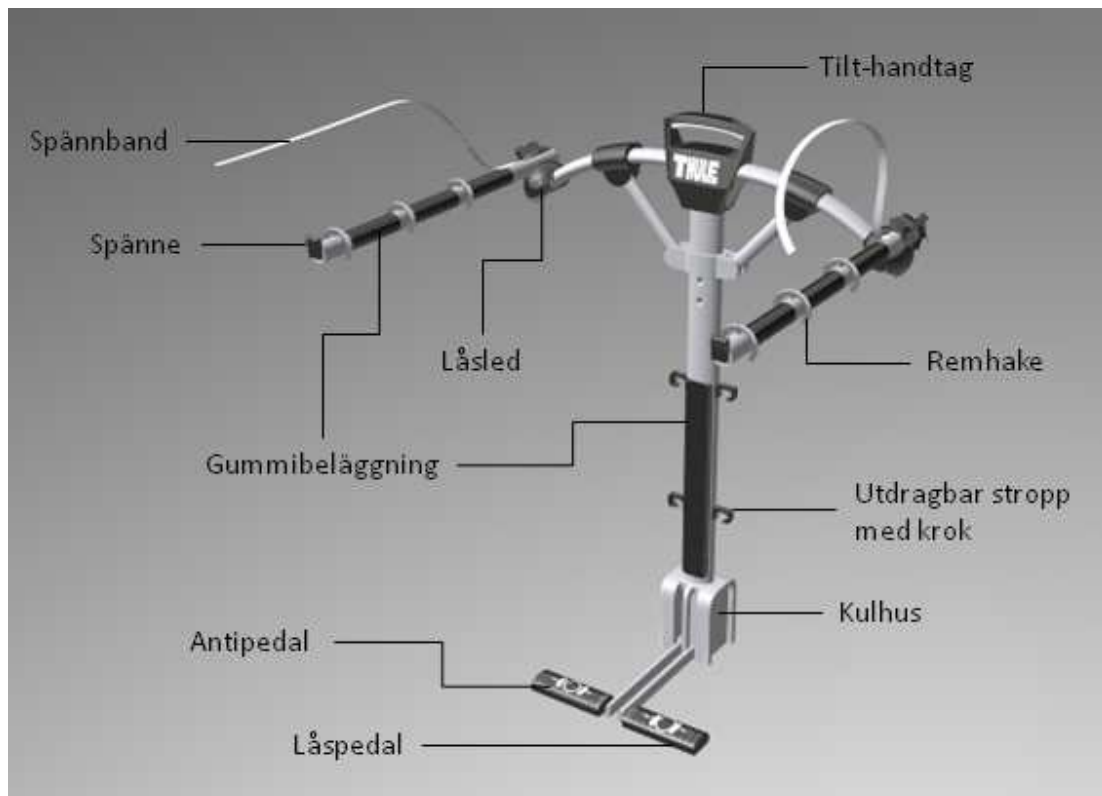
Produkten bröts ned i mindre komponenter för att lättare kunna avgöra vilket material som var bäst lämpat för uppgiften. Viktreducering var också en av de viktigare aspekterna när materialet skulle väljas. En lätt konstruktion leder till mindre bränsleåtgång vid såväl användning som transport, vilket i sin tur leder till mindre miljöpåverkan.

Vilka val som gjorts presenteras för respektive komponent i nästa kapitel.

4: Slutresultat

I detta kapitel presenteras det slutkoncept som projektet resulterade i och dess funktioner, hantering och utvärderingar går igenom grundligt.

4.1 Slutkoncept



Figur 38. Slutkonceptet

4.1.1 Stativet

Principen för cykelupphängningen är densamma som för referensprodukten, det vill säga två bygelarmar som fälls ut och på vilka cyklarna (vinkelrätt mot bagagelucka) kan hängas. Dessa är genom en speciell led monterade på en båge. Denna låsled möjliggör att armarna kan fällas ned vid förvaring och transport av själva konceptet och kan på så vis undvika skrymmande delar. Detta är något som billigare varianter av denna produkttyp saknar, exempelvis saxkonstruktionen. Konceptet kommer i uppmonterat läge att ha en höjd på 790 mm, en bredd 620 mm samt ett djup på 540 mm. Höjden bestämdes av den minsta höjd en hängande cykel är tvungen att ha över marken.

Bågen är reglerbar i tre olika lägen med hjälp av två stag som är kopplade till en ring som löper längs med stativet. På så vis kan man få olika avstånd mellan bygelarmarna (60 cm, 57cm, 54 cm). Dessa lägen är specificerade av de undersökningar kring fästpunkter som gjorts (se avsnitt 3.10.1.1), och ska på så vis kunna passa majoriteten av cykelmodeller. För att säkra bågen i de olika lägena (1 hål för varje) så används en fjäderbelastad sprint låser ringen.

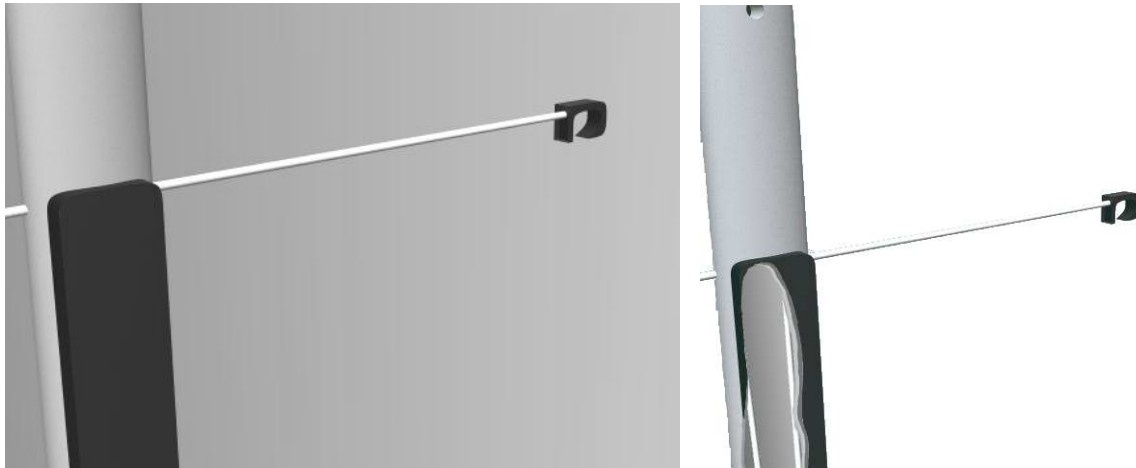
Bågen kan på samma sätt även fällas ned fullständigt, vilket tillsammans med de invikbara bygelarmarna gör produkten väldigt kompakt och enkel att transportera.



Figur 39. Konceptet utfällt (vänster) och hopfällt (höger)

Skavskydd

På fronten av stativet är ytan gummerad för att skydda och dämpa cyklarna som ligger an. Inuti stativets profil finns elastiska stroppar med krokar. Stropparna är gömda inuti profilen då de inte används och fjädrar själva tillbaka om de inte fästs. När brukaren monterat på cyklar kan dessa dras ut för att säkra cyklarna mot stativet och förhindra att de sätts i gungning vid transport. De kan även användas för att fixera cyklarnas framhjul så att dessa inte svajar under transport.



Figur 40. Utdragbar stropp med krok

Figur 41. Profil i genomskärning som visar hur stropparna göms inuti konstruktionen

Materialval - Stommen, vingarna och armarna (EN-AW-6063 T6)

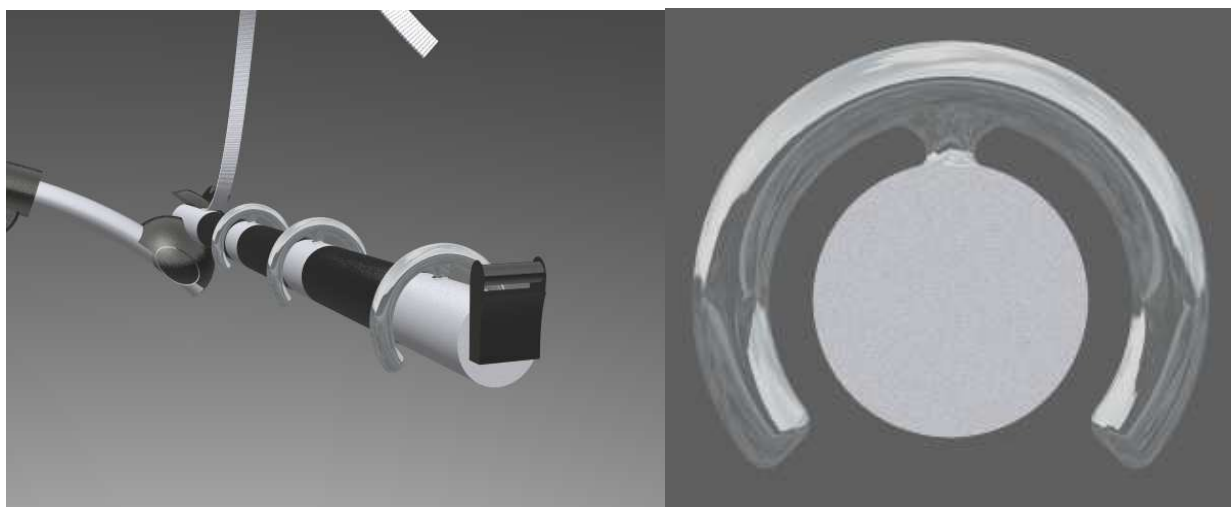
För att få ner produktens vikt och samtidigt få en hållbar konstruktion valdes aluminium som material för produktens större delar. Aluminium av kvalitén EN-AW-6063 T6 är ett välbeprövat material hos Thule, med goda materialegenskaper. Efter beräkningar på hållfasthet, samt med kostnaden i åtanke, valdes därför denna sort av aluminium. Då många av produktens komponenter utgörs av detta material är det viktigt att det håller sig inom rimliga gränser även ur ett ekonomiskt perspektiv, vilket denna typ gör. Med höga värden på sträckgräns och brottsgräns utgör materialet ett bra alternativ som konstruktionsmaterial för detta ändamål. Tillverkningen och bearbetningen för dessa komponenter är förhållandevis enkel då det till största del handlar om extrudering.

Materialval - Gummering (EPDM)

Beläggningen som skall sitta på stommen för att skydda emot nötning måste både vara slitstarkt och skyddande samtidigt som den skall väderbeständig och ha goda åldringsegenskaper. Därför är en lista av EPDM-gummi ett passande material.

4.1.2 Bygelarmar

På respektive bygelarm finns tre avsedda positioner för vilka cykelram kan ligga an mot. Dessa positioner är gummerade så att cyklarna ligger säkert och stadigt på position. För att säkra cyklarna på dessa positioner spänns ramarna mot bygelarmarna med hjälp av ett spännband. Mellan varje avsedd cykelposition sitter på bygelarmen en specialutformad remhake, en sorts krok som man för spännbandet genom och på så vis spänner ned varje enskild cykel. Remhaken är utformad så att brukaren har möjlighet att spänna spännbandet från flera olika vinklar, vilket då medför större möjligheter för infästning av cyklar.



Figur 42. Bild på bygelarmen (vänster) och remhake (höger). Inspiration togs delvis från krokarna på segelbåtar, delvis från en tidigare idé.

Materialval - Spännband

Spännband finns i flera olika slag, huvudsakligen dock i två olika polymertyper: icketermisk, samt termisk. Termiska är lämpliga för återvinning då den är möjlig att smälta ned och återanvända. Bandet här kommer därför vara tillverkat av en flätad väv av PE (polyester) och/eller PP (polypropen), vilka är vanligast. Spännbandet som monteras på armarna gjuts i zink.

Materialval - Remhake

Remhakarna som skall hålla spännbandet på plats skall vara tåliga och glatta för att fördela spännkraften över alla cyklar. Den relativt komplexa strukturen gör att det skulle vara fördelaktigt att exempelvis tillverka dem av polyamid liksom låslederna. Dock så sitter remhakarna på väldigt utsatta lägen då de är exponerade för stötar, vilket gör att man inte vill välja ett allt för skört material. Ett lämpligt material är då stål. En tillverkningsmetod man då skulle kunna använda är pressgjutning, då det är relativt billigt och passar för detaljer av denna sort. Det finns goda möjligheter till olika fastmonteringsätt beroende på Thules preferenser. Komponenten kan mot den axiella ytan ha en gjuten plattform med hål för fastnitning som syns i Figur 29.

4.1.3 Låsleder

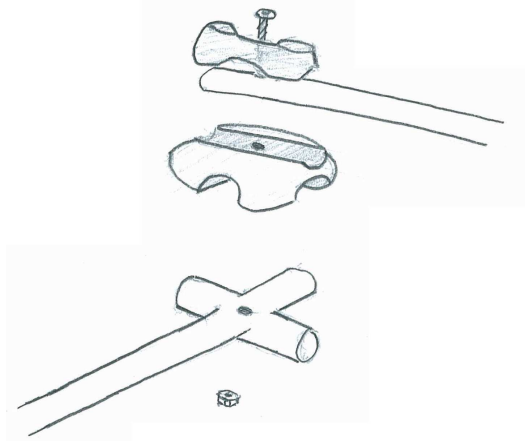
Leden fungerar på samma sätt som låsmekanismen för bygeln på referensprodukten. Mot bågens profil sitter en komponent som har två spår vilka bygelarmen kan låsas i, ett för utfällt respektive infällt läge. När bygelarmen placerats i det läge man önskar så låses leden genom att skruva ned vredet.

Materialval- Låsled och stroppekrokar (PA)

Låsleden som används i produkten liknar låsmekanismen för bygeln på referensprodukten, där PA (Polyamid) används som material. PA är en polymer som används flitigt inom olika industrier i flera olika sammanhang. Den lämpar sig bra då den erhåller goda hållfasthetsegenskaper så väl som beständig mot oorganiska föreningar, organiska lösningsmedel, oljor, fett och så vidare. Med hänsyn till PA:s passande egenskaper valdes detta material även till handtaget och kåpan.



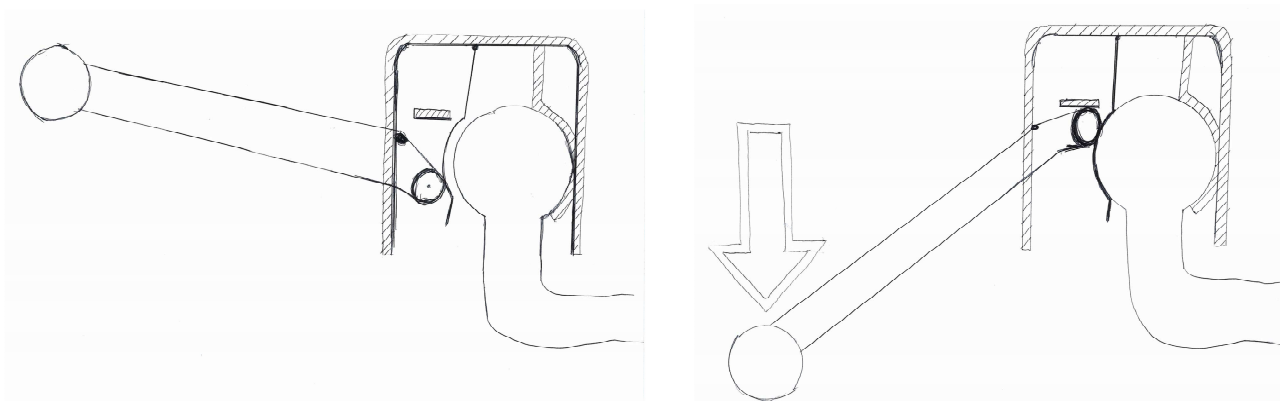
Figur 43. Låsleden i monterat läge sett från sidan



Figur 44. Sprängskiss av låsled

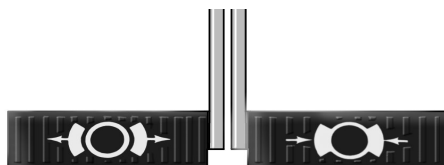
4.1.4 Kulhuset

Det gamla kulhusets problem var monteringsstiden där främst fastskruvandet var flaskhalsen. Dessutom ledde skruvandet till en icke ergonomisk arbetsställning då användaren måste stå böjd under detta moment. Fördelen med skruvanordningen var att när skruven drogs åt genererade detta mycket höga klämkrifter för att klämma runt kulan. Om personen drog åt skruven med ett åtdragningsmoment på 70-90Nm gav det en åtdragningskraft på kulan på 35-45kN. För att lösa monteringsproblemet med en god ergonomi samt uppnå höga krafter infördes en pedal med hög utväxling. I beräkningarna antogs det att en person med enkelhet kan generera en kraft med ett ben på 350N. För att komma upp i tillräckligt med kraft krävdes det då en utväxling från pedalen till kulan med en faktor 100. På grund av pedalens utformning, och med ett rullager för att övervinna friktionskrafterna, klara konstruktionen de höga kraven på krafterna. Därmed kan till exempel ett rullager av typen NNCF 5004 CV med diameter 42mm som klarar en statisk belastning på 57kN passa.

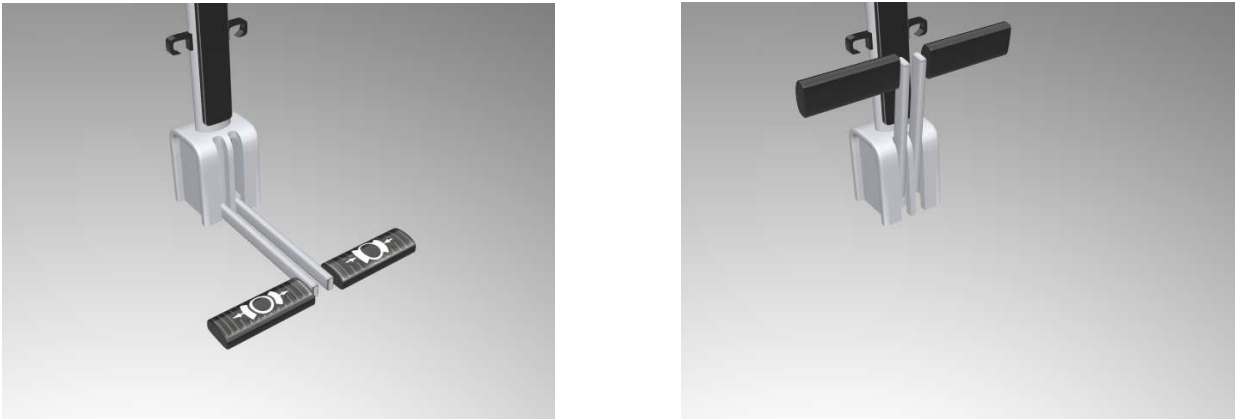


Figur 45. Illustration över hur dragkrokshuset fungerar. Pedalen trampas ned och spänner åt dragkulan.

Vid fastsättning av cykelhållaren placeras denna på dragkroken, användaren håller då i handtaget samtidigt som han/hon trampar ned pedalen. Det som då händer i kulhuset är att pedalens inre del, där rullagret är placerat, trycks förbi kulans högsta punkt och stället sitter nu fast i ett låst läge. För att frigöra produkten trampar användaren på en antipedal som trycker tillbaka den andra pedalen till sitt ursprungsläge och cykelhängaren kan då lyftas av från kulan. På pedalerna finns symboler som indikerar vad pedalerna gör.



Figur 46. Symbolerna på pedalerna, låspedal till höger & antipedal till vänster



Figur 47. Illustration av pedalerna i monterat läge (vänster) och i hopfällt läge (höger)

Materialval – Kulhus och pedal (EN10149-2 S420 MC)

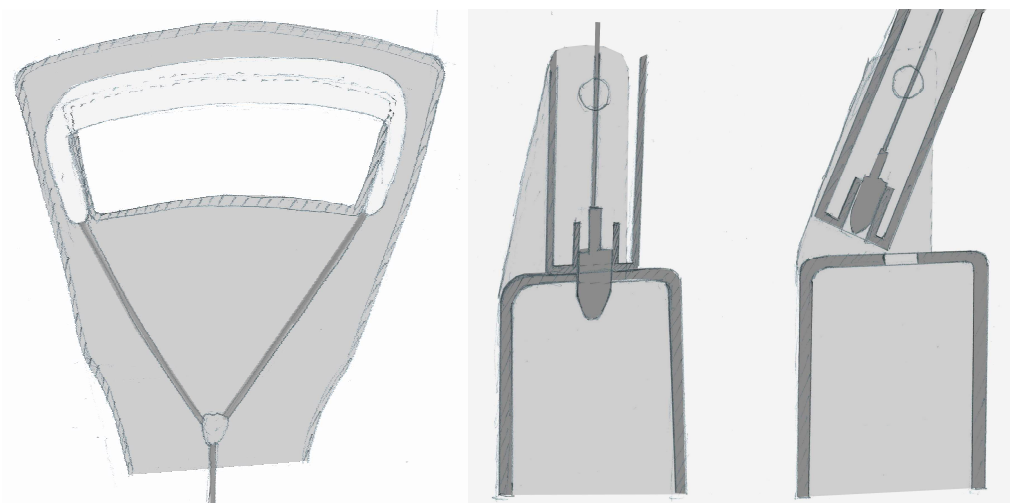
Anordningen för att fästa cykelhängaren på dragkroken utgörs av ett kulhus med en låsningsmekanism. Vid momentet då fastlåsningsen sker genererar pedalen höga krafter och därför ställs det höga krav på materialets hållfasthet. För alla delar som ingår i låsningsmekanismen (inkl. pedalen) väljs därför ett stål av standarden EN10149-2 S420 MC som har en sträckgräns på 420Mpa. Själva huset utsätts inte för lika höga krafter som låsmekanismen och kräver därför inte lika höga krav på exempelvis sträckgräns, därför kan ett stål som EN 10305-3 FORM 370 Z-275M väljas.

4.1.5 Tilt

Liksom referensprodukten har denna produkt även en tilt-funktion. På referensprodukten anses denna funktion inte vara fullt så bra som önskat; den är svåråtkomlig och kräver relativt mycket styrka för att användas. Det har funnits svårigheter med att hitta en bättre lösning för denna funktion, men ett konceptuellt förslag har tagits fram.

Inuti stativet så finns en fjäderbelastad cylinder mellan två profilskarvar. Denna cylinder är kopplad till en vajer. När vajer förs uppåt frigörs skarven vilket medger att den övre profilen kan vikas undan och på så vis möjliggör tilt-funktion. (Se Figur 48 och Figur 49)

Vajern löper längs med inuti stativet upp till toppen och kan enkelt och åtkomligt manövreras med ett handtag, likt en handbroms till cykel. Detta delkoncept beskriver dock endast hur separeringen av profilerna sker.



Figur 48. Illustration av principen för tilt-funktionen

Figur 49. Illustration av vajern som löper upp till tilt-handtaget

Principen med att styra mekanismen med ett vajer-kopplat handtag återfinns hos bland annat cykelbromsar, trädgårdsredskap och liknande.

4.2 Utvärdering av valt koncept

När utformningen av slutkonceptet var klar utvärderades den med hjälp av den kravspecifikation som tagits fram, samt i jämförelse med de tester som gjorts på de två referensprodukterna.

4.2.1 Scenario

En regnig kväll i oktober då Kristina Anderson kör hemåt från jobbet ringer hennes mobiltelefon. Mamma Kristina svarar och hör sin son Niclas i luren. Niclas förklarar för sin mamma att han har gjort sig illa på fotbollsträningen och kan därför inte cykla hem i oktoberregnet som öser ner. Som vilken mamma som helst skulle göra, vänder Kristina bilen och kör vägen om klubbstugan där den genomblöta sonen sitter och fryser och väntar. Niclas vill bestämt inte att cykeln skall lämnas kvar då han precis fått den och vill inte låta den stå ute i regnet, där någon kan ta den.

Existerande

I det envisa regnet plockar Kristin fram sin cykelhängare ur bagageutrymmet på bilen. Hon lyfter ur den tunga hållaren men kan inte hitta verktyget hon måste ha för att kunna montera den. Det är säkert Pappa Henry som slarvat bort det igen. Till slut hittar hon det och börja skruva ut skruven för att kunna sätta på cykelhängaren på dragkroken. Därefter får hon stå böjd för att skruva åt skruven med verktyget. I en handvändning monterar hon sedan upp resterande delar av hängaren. Tänk om det vore lika lätt att få på den på bilen.

När hon slutligen lyckats montera hängaren lyfter hon på cykeln som Niclas hämtat. Den passar inte riktigt, för ramen är lite för liten och de stora gummiklossarna kommer i vägen när hon trär på cykeln. Men hon har gjort det ett par gånger förr och snart har hon fått fast cykeln och spänner åt spännbandet som skall hålla cykeln still. Det blir inte så bra, men nu är hon genomblöt och frusen och Niclas sitter redan i bilen och väntar. Kristina sätter sig blöt i bilen och åker hemåt.

Konceptet

Kristina skyndar från skyddet av klubbstugans tak, ut i regnet, fram till bilen. I bagagelucka har hon sin cykelhängare som hon placerar på dragkroken och trampar till på pedalen för att sätta fast den. I en handvändning monterar hon upp resterande delar av hängaren. Under tiden har Niclas hämtat sin cykel som mamma Kristina lyfter upp på cykelhängaren. Förutseende har hon fällt den till det läge som hon vet passar Niclas cykel och hon säkrar cykeln med hjälp av remmarna. Snabbt och smidigt drar hon ut de fyra stropparna och fäster runt cykelram och framhjul. Redan efter en knapp minut sitter både mamma Kristin och Niclas i den varma bilen på väg hem.

4.2.2 Förvaring

När produkten är i hopfällt har den måtten 790 x 250 x 140 (mm), jämfört med referensproduktens mått 480 x 810 x 150 mm, vilket innebär att den passar i näst intill alla bagageutrymmen. Den smala formen gör dessutom att den kan stuvas längst in i ett bagageutrymme för att vara så lite i vägen som möjligt när den inte används. Om användaren inte vill ha med sig cykelhängaren i bilen kan den förvaras i garage eller förråd utan risk för korrosion, tack vare materialval och ytbehandlingar.



Figur 50. Konceptet hopfällt.

Undersökningsresultat: Bilars bagageutrymme			
Bilmodell	Bredd (mm)	Djup (mm)	Höjd (mm)
Volvo V50	900	960	690
Volvo V70	1130	1070	770
Audi A6	1050	1150	700
Passat	1000	1120	710
BMW Coupé	900	450	Ingen uppgift



Figur 51. Europapall med mått 1200 x 800 mm

Under frakt från fabrik eller underleverantör kan cykelhängaren packas på standardiserad Europapall. Lastkapaciteten blir då sex enheter per lager eller 84 enheter per pall, antaget att den lastas i lastbil eller container.

4.2.3 Ergonomi

Eftersom på- och avlastningsarbetsmomenten är likadana i den gamla och den nya produkten insåg gruppen snabbt att ergonomiska utvärderingar av dessa arbetsställningar blir likadana. Vad gruppen däremot kunde förbättra är tilt-funktionshanteringen och montering av produkt.

Förbättringen av tilt-funktionen sänkte REBAs utvärdering av monteringsarbetsställningen från referensproduktens grad 5 (medium risk level) till det nya konceptets grad 2 (low risk level) och arbetsställningen vid tilt-hanteringen från 5 (medium risk level) till 1 (negligible risk level). Se bilaga 16.



Figur 52. Ergonomi-tester av slutkoncept

4.2.3.1 Kognitiv ergonomi

Guessability: Konceptet anses ha en högre guessability än referensprodukten. Förståelsen av infästningen på dragkroken förenklas i och med symbolerna på pedalerna, samt att handtaget blir en naturlig grepppunkt. Montering av cyklarna liknar referensprodukten så pass mycket att igenkänningsfaktorn bidrar till att ge konceptet samma värde som referensen för detta moment. Ett moment som anses ha förbättrats avsevärt är tilt-funktionen i och med att endast ett handtag behöver hållas in för att uppnå önskad effekt. Dock kan det vara en nackdel för konceptet att det finns

så många fler möjligheter att fästa cyklarna, det kan vara svårt för en förstagångsanvändare att se alla möjligheter. Alla komponenter användaren hanterat har fått färgen vit, vilket ökar förståelse för att dessa har en funktion.

Learnability: Denna faktor anses vara relativt lik referensprodukten då de är uppbyggda på samma sätt.

Experienced user potential: En van användare väntas enkelt kunna hantera produkten på ett effektivt sätt då alla möjligheter upptäckts då till exempel problem med att cykeln fastnar i cradles då den ska monteras har minimerats.

System potential: Konstruktionen av en HTA för referensprodukten och konceptet underlättade utvärderingen av denna aspekt. Det kan ses att antalet moment som krävs för att uppnå önskad effekt har minskats, likaså tidsåtgången vid montering och användning. Detta bidrar till en ökad system potential relativt referensprodukten.

Re-usability: Möjligheten att förstå användningen av konceptet även efter ett långt uppehåll anses som god. När användaren lärt sig använda produkten krävs det inte mycket minneskapacitet för att komma ihåg det eftersom konceptet har en funktionell utformning och tydliga funktioner.

4.2.4 Tillverkning

Enligt de kontakter gruppen har med företaget kan Thule, eller deras underleverantörer, tillverka och montera alla delar av produkten i en storskalig produktion.

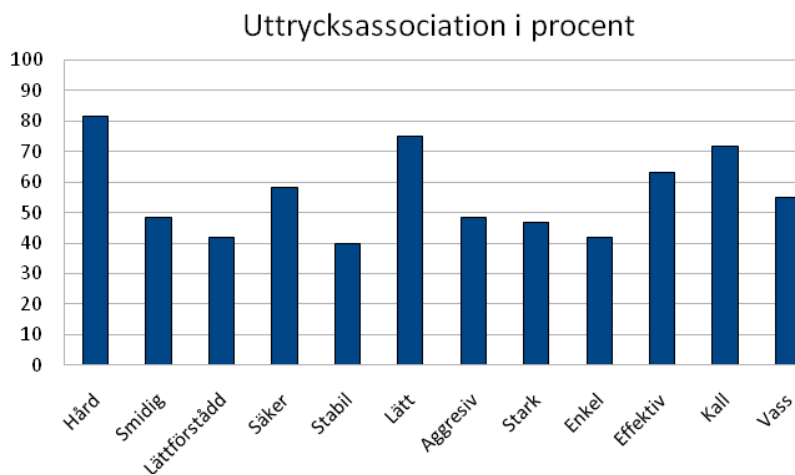
4.2.5 Uttryck

Uttrycket testades genom att jämföra med den tidigare *expression boarden* och samtal med Thule. Efter det sista mötet hos Thule där slutkonceptet presenterades sådes: "*absolut något vi kan se i vårt produktsortiment*" (Chefsingenjör vid Thule, Anders Lundgren, 27/4-2011).

För att undersöka hur konceptet uppfattades hos brukare gjordes en enkätundersökning där 12 testpersoner ur målgruppen fick fylla i hur väl de tyckte konceptet passade olika motsatta adjektiv. Dessa egenskaper togs direkt från *expression boarden* och ansågs av gruppen representera ett önskvärt uttryck. Enkäten återfinnes i bilaga 14.

Resultatet sammanställdes sedan utifrån hur högt testpersoner graderat en egenskap på skalan 1 till 6. Detta delades sedan på den maximala poäng som gick att få, för att ge ett jämförbart resultat.

Hård, Säker, Lätt, Effektiv och Kall var alla uttryck som fick högre än medelpoäng medan de som sämst kopplades till konceptet var Stabil, Lättförstådd och Enkel.



Figur 53. Högre stapel betyder starkare association med uttrycket.

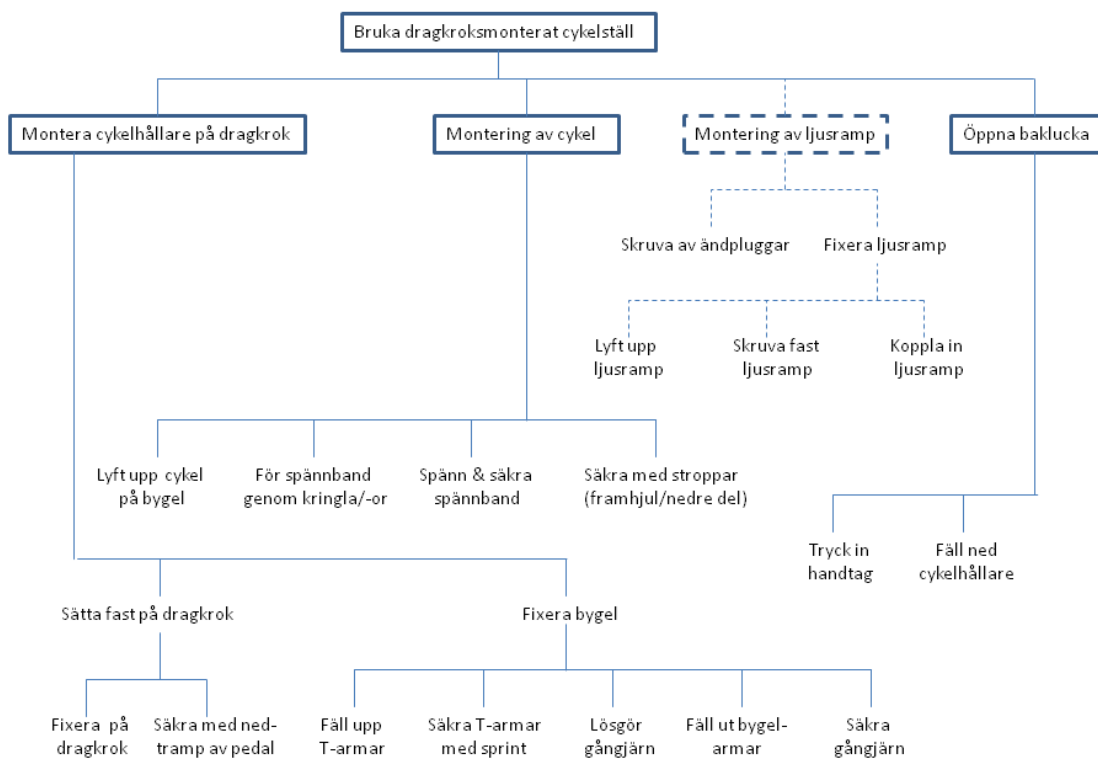
4.2.6 Användbarhet

Användbarheten utvärderades i detta skede främst utifrån den tid det tar att montera och använda den då detta var något som det fanns numeriska värden på för alla modeller.

Moment	HangOn	Saxkonstruktion	Nytt koncept
Montering på dragrok	27sek	9sek	5sek
Montera 1 cykel	36sek	31sek	30sek
Montera 3 cyklar	91sek	53sek	72sek
Totaltid	118sek	62sek	77sek

4.2.7 Användningsmoment

En HTA för konceptet gjordes för att få en överskådlig bild över hanteringen i jämförelse med referensprodukten (se Figur 54). Det som konstaterades var att hanteringen överlag förenklats och antal moment minskats, men att antalet moment för montering av bygelarmarna ökat. Eftersom det inte är utvecklat hur ljusrampen ska monteras på slutkonceptet så togs detta inte med i utvärderingen men skrevs ändå med i HTAn då funktionen är tänkt att finnas.



Figur 54. HTA för slutkonceptet

4.3 Livscykelanalys (LCA) på det nya konceptet

Efter utformning av slutkonceptet så gjordes en livscykelanalys på det nya konceptet, detta för att enkelt se var skillnader finns och vad dessa har för betydelse.

4.3.1 Livscykel faser

Material och komponenter

Aluminium är den vanligast förekommande metallen i jordskorpan, men den förekommer dock inte fritt i naturen utan är bundet till andra grundämne och måste därför utvinnas. Utvinningsprocessen sker vid höga temperaturer och kräver därför en hög energiåtgång, 150 MJ/kg. Detta kan jämföras med energiåtgången för framställning av stål, som endast är 30MJ/kg. Dock är aluminium väldigt lättbearbetat, vilket gör att energiförbrukning är låg vid bearbetningen. Aluminium är dessutom fördelaktigt att återvinna då det har goda egenskaper efter nedsmältning. Även stål är fördelaktigt att återvinna, dock kan vissa legeringsämnen försvåra processen.

Skruvar, brickor, bultar och liknande komponenter som förekommer i konstruktionen är inget som specificeras i detalj, men dessa antas vara i någon typ av härdat stål eller aluminium för nitar, vilket är standard.

Spännbandet är av termisk typ av miljöhänsyn, och består då av PE (polyeten) och/eller PP (polypropen); vilket även är standard för spännband av denna typ.

Låslederna, handtaget samt kåporna kommer att bestå av PA (polyamid). Energiåtgången för framställningen är relativt höga, dock ger PA önskade egenskaper specifik styrka och är dessutom återvinningsbart.

På grund av gummimaterialens fördelaktiga egenskaper i form av väderbeständighet och åldringsegenskaper är det motiverat att användas trots dess inverkan på miljön. Dessutom används det i mindre utsträckning än i referensprodukten.

Tillverkning

För att underlätta och minska energiåtgången vid tillverkningen har passande material valts. Tillverkningsaspekterna för detta koncept är i princip detsamma som för referensprodukten, med skillnaden att merparten av bärande komponenter i stål har ersatts med aluminium. Tillverkningen antas ha goda möjligheter att utan större problem kunna ske hos befintliga leverantörer som man idag har en relation med, samt den egna tillverkningen. Detta baseras på att de material och tillverkningsmetoder som detta koncept behandlar respektive kräver/önskar redan återfinns i Thules produktsortiment.

”Aluminium ersätter ofta ståldetaljer i personbilar. En viktminskning med 100 kg är fullt realistisk och man har då ersatt 182 kg stål med 82 kg aluminium.

Om inget återvunnet aluminium eller stål används: Aluminiumdelarna kräver 2 740 MJ mer energi vid tillverkningen än de ersatta ståldelarna. Under bilens livslängd sparar man emellertid 640 liter bensin genom den lägre vikten, vilket motsvarar hela 23 000 MJ.” (Sapa Group, 2009)

Detta exempel ger en tydlig bild på hur mycket energi som kan sparas genom att göra en lättare konstruktion.

Produkten som till stora delar består av aluminium är ur tillverkningsynpunkt lättbearbetat. Dessutom är energiåtgången liten vid bearbetningen av aluminium. Detaljerna som tillverkas av PA formsprutas. Med denna metod kan man tillverka detaljer med hög komplexitet och hög hållfasthet. Metoden ger dessutom lite spill och den överblivna plasten kan smältas om på nytt.

Materialen har delvis valts för att underlätta tillverkningen och därmed kunna hålla ner kostnaderna. Hänsyn har även tagits till vilka tillverkningsmetoder Thule använder sig av i dagsläget, då de inte skulle behöva lägga om sin produktion i någon större utsträckning.

Distribution och försäljning

Man eftersträvar en liten förpackningsvolym som möjligt, dels för att få en så liten totalvolym som möjligt ur förvaringssynpunkt i de olika leden från tillverkning till kund (yta = pengar), och dels för att få så lite biprodukter som möjligt för att på så vis ha så låg miljöpåverkan som möjligt. Samtidigt är det önskvärt att på ett stilfullt vis kunna presentera produkten med hjälp av förpackningen.

Liksom referensprodukten så kan denna produkt "förpackas" genom en ej helt omslutande wellpapp-skiva som sitter åt runtom (den färdigmonterade) produkten i nedfällt läge. Till skillnad från referensprodukten behövs dock ingen "extra wellpappkartong"; i vilken det extra verktyget + instruktionsblad finns i. Enkla steg-för-steg-instruktioner och liknande kan med fördel tryckas på sidan/baksidan av denna wellpapp-förpackning.

Användning

Användningsaspekten är i princip densamma för denna nya produkt som för referensprodukten; då denna produkt är en ersättning till referensprodukten så är det samma livslängd på 8-10 år och av konstruktionsmässiga skäl så har den samma felmöjligheter där skruvar och så vidare kan komma att bli lösa över en viss tid, och att inre tilt-komponenter kan vara svåråtkomliga för reparation på egen hand. De två mest känsliga komponenterna är de som även utsätts för mest slitage, vilka är de stroppar och spännband som finns i konceptet. Stropparna antas vara den komponent som lättast och tidigast fördärras då de är tunna och elastiska. Inget av ovanstående problem bör ej uppstå inom livslängden dock.

Då den nya produkten helt saknar lösa delar så har man eliminerat möjligheten att tappa bort något som hör produkten till – vilket är en klar förbättring.

På bekostnad av flexibilitet vid förvaring finns dock en ökad risk för instabilitet då den nya produkten har fler leder eller rörliga delar gentemot referensen. Per automatik ger detta en sämre utgångspunkt, men detta kan man ha i åtanke vid konstruktion och det bör inte generera några problem inom specificerad livslängd.

Referensprodukten ansågs vara relativt lätt, i jämförelse med övriga lösningar från Thule, men i jämförelse med budgetvarianter som exempelvis "saxen" uppfattas den som klart mycket tyngre. I och med att man fokuserat på aluminium som huvudmaterial istället för stål, och samtidigt lyckats hålla nere konstruktionsvolymen som har man lyckats få ned vikten något, och blir då viktmissigt ett

mellanting mellan referensprodukten och budgetvarianterna; Referensprodukt: 8 kg, Nya konceptet: 4.5 +/- 0.5 kg (se bilaga 12) Saxlösning: 3,2 kg.

Resthantering

Produkten är konstruerad med miljötank i baktanken och kan helt demonteras till komponentnivå genom att skruva isär de olika delarna. På så vis kan de olika komponenterna smidigt sorteras och på ett effektivt vis källsorteras på en återvinningscentral. Miljöaspekten har i så god mån som möjligt iakttagits vid val av material för varje komponent för att produkten i sin helhet skall vara miljövänlig i en hög grad. En så stor del av komponenterna som möjligt har därför gjorts återvinningsbara.

4.3.2 Socialt perspektiv

Vid utvärdering av det sociala perspektivet hade en fysisk modell eller prototyp varit väldigt tacksamt, då en analys på visuella modeller inte kan bli lika omfattande eller exakta. En fysisk modell eller prototyp uteblev dock inom tidsramarna för detta projekt, vilket man får ha i åtanke i följande avsnitt – beskrivna intryck och liknande blir således hur det framtagna konceptets målbild som en slutprodukt.

Märkning

Thules produkter marknadsförs som högkvalitativa och säkra, därför har man ambitionen att denna produkt skall godkännas i det så kallade City Crash-testet som även referensprodukten genomgått. I övrigt saknas någon typ av märkning, eller ambition till märkning, i nuvarande skede.

Funktion

Konceptet har tydliga drag från referensprodukten. Ett koncept med genomtänkta och smarta lösningar som på ett smidigare och effektivare sätt fyller samma roll som referensprodukten – och därmed kan ersätta referensprodukten på marknaden. Den känns mer flexibel och smidig vid hantering så väl som förvaring. Detta tack vare en mindre konstruktion med större möjlighet till att vika ihop konceptet, samt materialval som haft viktreducering i åtanke.

Genom en smart design så skall den trots antalet rörliga delar förmedla ett robust och säkert intryck till användaren.

Gentemot referensprodukten så har konceptet en förhöjd kompatibilitet av cykelmodeller då det är ställbart i bredd, samt har större möjlighet att montera och säkra cyklar från olika vinklar.

Etik

Det nya konceptet kommer ersätta referensprodukten på samtliga plan och kommer då inte heller bryta mot några etiska regler.

Ekonomiskt perspektiv

Då denna produkt har utvecklats utifrån referensen som utgångspunkt och med avsikten att kunna *ersätta* denna så är även tanken att den ska placera sig i samma ekonomiska kategori; det vill säga medel/premium-segmentet. På grund av de materialval som gjorts med viktreducering i åtanke, samt utveckling av en mer avancerad dragkroksinfästning så hamnar denna produkt över medelsegmentet och tillhör därmed uteslutande i premiumsegmentet.

Med de förbättringar som gjorts skall priset dock kännas motiverat, då den även ska förmedla samma kvalitets- och säkerhetskänsla som övriga produkter från Thule.

5: Diskussion

5.1 Resultat

I detta kapitel diskuteras de resultat som framkommit under projektet. Uppdraget låg i att utveckla den nya generationens cykelhållare för Thule inom produktserien RMS Hang On och därmed bestod många av målen med projektet i att komma fram med nya lösningar som medger god användarvänlighet.

5.1.1 Funktion

Anledningen till projektets uppkomst är att Thule känner att konkurrenterna kommit ikapp och de behövde nya idéer som skulle få användare att köpa just Thules lite dyrare produkt istället för en av budgetlösningarna. Redan detta kan diskuteras, för bör inte behovet av en produkt komma ur köparnas krav och inte vad företaget tror skall sälja?

Detta åsido finns i varje fall behovet hos användarna, dock inte enligt Thules bild av problemet.

Ett av de största problemen var att Thules modell endast passar 53% av dagens cykelmodeller, främst på grund av ramvariationer, och förvåningen var stor hos gruppen när detta undersökningsresultat presenterades och Thules utvecklingsansvariga inte hade någon aning om detta.

Så förbättringsmöjligheterna var stora och gruppen utnyttjade detta för att förbättra produktens huvudfunktion, vilket då leder till att det nya konceptet uppfyller huvudfunktionen bättre än referensprodukten. Skulle detta mätas i mängden cykelmodeller gruppen ökat cykelställets bärighet för kan detta uppskattas till nästan dubbelt så stor bärighet, vilket ju gör konceptet dubbelt så bra på huvudfunktionen som den gamla produkten. Dock måste antas att cykelhängaren nog kommer att ha problem när flera cyklar av väldigt olika storlekar skall kombineras. Visserligen är de största cyklarna till stor del racingcyklar och fraktas därför ofta i andra, säkrare, anordningar än dragkroksmonterade hängare. Dessutom är det alltid lättare att fästa en för stor herrcykel på ett för litet ställ än att fästa en för liten cykel på ett för stort ställ. Detta på grund av den horisontella biten av ramen som herrcyklar har och som de flesta hängare fäster i.

Så det svåraste uppgiftsscenario konceptet skulle kunna utsättas för skulle således antagligen vara en stor damcykel, en fjädrad mellanstor BMX och en barncykel, men detta hade förmodligen varit ett större problem för nästan alla andra cykelhängare som bygger på de principer nuvarande produktsegment använder.

De avsevärda förbättringar som skett inom ergonomi och hantering har också en bidragande effekt till produktens kvalitet och om Thule kan sätta detta som standard och saluföra det kan de nog säkerställa sitt försprång i utvecklingen i ännu ett antal år. Därefter kommer förmodligen konkurrenter plocka upp tråden, vilket kommer ge en positiv trend inom branschen och gynnar brukaren.

5.1.2 Uttryck

Under det sista besöket hos Thule presenterades slutkonceptet och de ansåg att det skulle passa väl in på deras produktsortiment i fråga om uttryck och att designen fyllde en funktion. Konceptet är stilrent och smidigt vilket passar in på den avsedda marknaden. Dessutom ansågs konceptet ha en igenkänningsfaktor från referensprodukten vilket förmodligen skulle vara positivt i marknadsföringssyfte.

Inspirationen som togs från expression boarden bestod främst i böjda element och den vingprofil som bildas av bågen. Dock anser gruppen delvis att remmarna på konceptet inte bidrar till att ge konceptet det uttryck som önskas, då de kan uppfattas som en budgetlösning snarare än en exklusiv kvalitetslösning. Men det är också en väldigt ren och funktionell lösning, vilket faller in under Thules designprinciper.

Vid jämförelse med de riktlinjer som sattes i början av projektet (avsnitt 1.3.2) anser gruppen att dessa efterföljts och att de uppfyllts i slutkonceptet. Materialvalet gjordes även med dessa i åtanke, vilket bidrog till att göra produkten lätt men tålig.

Den enkät som användes för att utvärdera konceptet gav delade resultat. Det anses positivt att den klassas som säker, lätt och effektiv då detta var något som eftersträvades under utvecklingsarbetet. Dock är det konstigt att det ger ett säkert intryck samtidigt som stabil fick ett lågt resultat. Även "hård" borde bidra till att konceptet ger ett säkert och stabilt intryck. Gruppen tror att konceptet fick låga resultat på "lättförstådd" på grund av att infästningen av cyklarna är omgjord, men att det inte skulle vara något problem efter första användningen av den färdiga produkten.

För att få en jämförelse borde samma undersökning gjorts även för referensprodukten, men tidsramen för projektet tillät inte detta.

5.1.3 Hantering

Ur ett ergonomiskt synsätt har hanteringen förbättrats avsevärt, främst eftersom användaren inte längre behöver böja sig ned när det ska fästas på dragkroken. Det gör även stor skillnad att fastsättandet görs med kraft från foten istället för det skruvande momentet då det blir en behaglig arbetsställning för personen. Dock fanns det inte tid att undersöka huruvida det blir dyrare att tillverka pedallösningen, men förmodligen blir det dyrare än referensprodukten, främst för att ett rullager kostar mer än en skruv.

Momentet där cyklarna ska monteras på konceptet har inte förändrats mycket. Det som har ändrats är att de cradles som tidigare var i vägen när cyklarna skulle sättas på stången inte finns kvar i samma utförande. Det lyftande moment som krävs för att få på cyklarna kvarstår dock, vilket gör att värdena för detta moment inte har ändrats; för att förbättra detta skulle det krävas någon typ av lyftanordning.

Men på grund av att tvärsnittet hos de nya armarna är så mycket mindre än cradles kommer förmodligen tiden brukare spenderar med cykeln i händerna kortas ner. Detta leder i sin tur till mindre belastning av armar, rygg och axlar och att uppgiften att hänga på cykeln kommer att anses lättare.

Handtagen för bygelarna har behållits i konceptet trots att vissa testpersoner upplevde dem som hårda. Visserligen skulle en ny lösning kunna tas fram men genom att knyta produkten till verkliga, garanterat fungerande, lösningar kan gruppen öka trovärdigheten hos ett koncept som aldrig funnits fysiskt. Ökad trovärdighet ger produkten större chans hos både företag och köpare. Sättet att fälla in bygelarmarna på har dock gjorts om så att det ska vara smidigare att fälla ut och in, men frågan är förstås hur stor förändringen här blev. Gruppen resonerade sig fram till att vridhandtagen var en billig och enkel lösning som det skulle vara svårt att optimera till ett rimligt pris, men eftersom ingen prototyp kunde bekräfta det gruppen anser så finns inga data på om det är en förbättring eller inte. På grund av sin höga hopfällbarhet lider monteringen lite eftersom det blir fler moment i det nya konceptets uppmontering än i det gamla. Men brukare har efterfrågat låg packvolym och gruppen anser avvägningen balanserad.

Det element av referensprodukten som gruppen tidigt var eniga om behövde ändras var de cradles som används för att fästa cykeln på cykelhållaren, men frågan är hur denna förändring påverkar funktionen. Den lösning som togs fram har fördelen av den passar för i stort sett alla cykelmodeller, men inga praktiska tester för om det håller eller inte har utförts. För detta skulle en prototyp behöva byggas och testas. Dock har Thule ett eget testlabb där de utan problem kan testa detta om de väljer att gå vidare med denna del av produkten.

Det som gruppen valt att bortse ifrån är de allra minsta barncyklarna då deras konstruktion inte är proportionerlig mot vuxenmodeller vilket gör det svårt att hitta fästpunkter, som dessutom skulle dessa sitta för tätt ihop för att möjliggöra montering på konceptet. Istället antas att så pass små barncyklar lättare och säkrare förflyttas i bagageutrymmet på bilen.

5.1.4 Lösningar

Varje del av konceptet utvärderades kontinuerligt samt även när de satts ihop till ett slutgiltigt koncept. Framst gjorde jämförelser med referensprodukten och tester på funktionsmodeller.

Pedaler:

Pedalerna på kulhuset gjordes främst för att minska monterings tiden på dragkroken och undvika det skruvande momentet som krävdes på referensprodukten. Det förhindrar även att användaren behöver böja sig ned eftersom fötterna då gör arbetet. Problemen pedalerna upplever är främst när det gäller trovärdighet hos Thule. Enligt dem själva har de arbetat mycket med utvecklingen av kulhuset på nuvarande produkter och funnit det svårt att klara de krav som ställs. Dock har gruppen

gjort sitt bästa för att med beräkningar och modeller visa att det är, ur användarens synpunkt, mycket attraktivt och möjligt att lösa problemet. Hade utförligare modeller byggts hade det kanske varit lättare att visa att det fungerar.

Tilt:

Den tekniska lösning som finns presenterad i slutkonceptet är en väl beprövad konstruktion som Thules egna ingenjörer föreslagit. Gruppen har därför stor tilltro till dess funktion och användning. Den diskussion som finns kring tilten är dess nödvändighet och dess placering.

Från Thules sida är tilt en nödvändig funktion, dels för att använda som prestandajämförelse och för att användare skall kunna komma åt bagagelucka med cyklar monterade. Projektgruppen tvivlar på marknadens efterfrågan på tilt-funktion, då detta aldrig framkommit i undersökningar, men inser att prestandajämförelsen är värdefull. Dock går det emot miljömässigt tänkande, då minimering av antal delar och funktioner ofta bidrar till lägre miljöpåverkan.

Placeringen av tilt-funktionens utlösare i handtaget är inte helt självklar för en användare men en klar förbättring jämfört med referensprodukten, vars tilt-funktion både av Thules utvecklare och produkttestare beskrivits med ord som "nödlösning", "bedrövlig" och "värdelös".

Om tilten överhuvudtaget behövs för produkten är också en relevant diskussion. På grund av Thules krav inkorporerades tilt, men brukare kan mycket väl finna det enklare att helt enkelt lyfta av både cykelhängare och cyklar och ställa på marken bredvid för att komma in i bagagen. Kanske inte med tre cyklar på, men en stark man kan klara både en och två. Hade tilten funnits kvar i originalutförande, eller liknande svårbegripligt utförande, hade gruppen mer bestämt ifrågasatt tilt-funktionens nödvändighet.

Stroppar med krokar:

Det anses fördelaktigt att dessa inte hänger löst när de inte används, utan då göms inne i produktens stomme. Genom att de är flexibla bidrar de även till att hålla cyklarna på plats och kraften ser till att de inte lossnar under användning. Det kan dock innebära en skaderisk, främst på bilen, om användaren skulle tappa stroppen och den fjädrar tillbaka och slår i bilen eller något annat. Problemet dessa skulle kunna uppleva är om brukare använder dem fel eller får uppfattningen att stropparna inte behöver spännas så mycket som de gör. Risken blir då att cyklarna skadas eller att brukaren avfärdar lösningen som ofullständig.

Justerbarhet:

Att ge användaren möjligheten att justera avståndet mellan fästpunkterna grundar sig i de statistiska undersökningar som gjordes, samt ett förslag från Thules sida. Dock är det inte så fördelaktigt ifall de cyklar som ska monteras på har väldigt olika mått, men det kan ge större flexibilitet för fler modeller av cyklar.

Infästning:

Tanken bakom den nya infästningen av cyklarna är att det ska gå att fästa från många olika håll, därav utseendet på infästningen och flexibiliteten som spännbandet ger. Det har gjorts beräkningar på vilket material som skulle klara den påfrestning det innebär för en så liten detalj, men det skulle även behövas några praktiska tester. Lösningen svaghet ligger i att så många cyklar fästs med samma rem, lite som alla ägg i samma korg. Visserligen anses riskerna med detta inte överhängande, men brukare kan få fel uppfattning om lösningen om remmen skulle spännas för löst eller om cyklarna skulle röra sig.

Spännband:

Spännbanden har en svaghet i att de måste vara längre än normalt nödvändigt, eftersom olika sorters cykelramar kan vara olika stora och kräva olika mycket band för att korrekt spännas fast. Detta innebär att spännbandet ofta kommer att hänga löst och fladdra i fartvinden, vilket medför att de slits fortare. Troligen är detta den detalj som kommer att slitas mest. Dock klarar spännband mycket slitage innan dess funktion förloras. Tyvärr försämras intrycket av produkten om spännbandet ser slitet ut.

Till dess fördel kan dock läggas att det är en lösning som finns hos nuvarande produkter och trots att Thule HangOn använder spännband uppfattas produkten som av hög kvalitet.

5.1.5 Miljöpåverkan

Inför detta projekt fanns en avsaknad av direktiv vad gäller miljöpåverkan från företaget sett, däremot har egna krav och önskemål formulerats och miljöaspekter har under hela projektet beaktats för att i så god mån som möjligt minska miljöpåverkan. Fokus har då legat på att välja material som är återvinningsbara, och att försöka ha en låg materialvolym.

Ur ett materialperspektiv är konceptet till stor del återvinningsbar. Komponenterna är förhållandevis enkla att demontera och konceptet är tillverkad av få olika material.

Om man skulle göra en jämförande analys av energiåtgången för tillverkningen i förhållande till referensprodukten skulle denna visa på att konceptet kräver mer energi för framställning av råmaterial. Då aluminium är mer energikrävande att framställa och materialåtgången är nästintill

likvärdig går det åt mer energi till en färdig produkt. Ur ett lite längre perspektiv kan man dock se till viktminskningen och minskningen av åtgången av energi som fås vid användandet av aluminium. Lägre vikt på en slutprodukt sparar avsevärt med energi vid transporter. En stor del energi går åt vid transporten ifrån tillverkning till kund, men även då produkten används. Om produkten exempelvis förvaras i bilens bagageutrymme då den inte används bidrar den till en ökad vikt hos bilen (och en ökad energiåtgång). Om slutprodukten då har en reducerad vikt kommer då även energin som förbrukas minskas. Frågan kan då ställas om det är försvarbar, ur ett miljötankande perspektiv, att förvara cykelhållaren i bilen då den ökar energiåtgången.

5.1.6 Innovation

Som tidigare sagts ville Thule lägga stort fokus på att komma fram med nya lösningar. Därför började idégenererandet väldigt fritt och alla tänkbara lösningar togs med. Under projektets fortgång kom fler begränsningar fram vilket till slut gjorde konceptet genomförbart trots de nya lösningarna. För att öka innovationen på konceptet och kunna optimera dess funktioner frångicks även avgränsningen att kulhuset skulle behållas, samt att tilt-funktionen gjordes om. Detta ledde till att konceptet erbjuder nya lösningar som inte liknar något på marknaden, men den har även kvar den igenkänningsfaktor som är viktig för Thuleprodukter.

5.1.7 Konkurrensförmåga

En viktig aspekt inom utvecklingsarbetet var att erbjuda användaren något som konkurrenterna inte har och som ger produkten ett mervärde.

Det som främst skulle kunna förbättra detta ansågs vara kompatibiliteten med fler cykelmodeller och vilket var viktigt i utvecklingsarbetet. Detta tros vara ett gott argument i marknadsföringen då de flesta konkurrerande produkterna liknar referensprodukten och därmed har samma inneboende problem. Om Thule kan säga att de kan ta alla cyklar som finns idag på marknaden skulle det ge en avsevärd fördel i jämförelse med andra märken på marknaden. I så fall kan det som tidigare var en nackdel, det högre priset, för en cykelhållare från Thule antas vara mer motiverat för kunden. Men risken finns förstås att andra delar av produkten, som kulhuset, skulle öka detta pris.

5.2 Metoder

Valet av metoder är en viktig del för ett lyckat projekt då man vill kunna nå slutsatser och komma fram till resultat. Därför valdes metoderna främst med hänsyn till de mål som satts upp och i vilken form slutresultatet skulle vara.

Då gruppens medlemmar har olika erfarenheter var det i varje steg viktigt att definiera metoderna och varför vi borde använda oss av dem. Detta bidrog även till en ökad förståelse för varandras kunskaper inom gruppen, även om det ledde till en långsammare arbetsgång. Främst användes teori och metoder för att få fram en kvantitet av lösningar, men även sedan för att vikta dessa.

Under idégenereringsfasen användes bland annat slumpord för att få igång tankarna. Detta visade sig dock inte inspirera alla medlemmar i gruppen, men det gav resultat hos andra. En morfologisk matris gjordes men det visade sig att de avgränsningar som gjorts i början gjorde att användningen av denna inte ledde till några nya resultat. Men till slut kunde alla bidra med idéer och lösningar som kompletterade varandra. I efterhand är gruppen även säkra på att det prioriterades rätt när så mycket fokus lades på detta steg i projektet.

Intervjuer och undersökningar på cykelmodeller gjordes kontinuerligt under projektets gång eftersom gruppen upptäckte nya saker som behövdes testas, men även när en ny lösning framkom som behövde nya mätvärden. Även om det blev mycket letande efter cyklare och lämpliga intervjupersoner kändes det motiverat för att ge stöd till det koncept som togs fram. Symbolundersökningen som gjordes gav ett tydligt resultat då de tillfrågade personerna lyfte fram ett symbolpar mer än de övriga. För att få ett annat resultat kanske man istället skulle bett försökspersoner själva rita upp symboler utifrån ord som skulle representera uppgiften.

För att beräkna hållfasthet, samt bestämma dimensioner och material, användes till stor del Catia V5. Dock gjordes endast övergripande CAD-modeller då en detaljkonstruktion för det slutgiltiga konceptet inte hanns med inom projektets ramar. FEM-beräkningar gjordes på alla stora bärande delar där en last fyra gånger så stor som den största statiska lasten applicerades, detta för att simulera ett dynamiskt fall. Vid dessa höga laster fick en utböjning av delarna i konceptet, men dock inom vad som kan anses som rimliga gränser. Vad beräkningarna inte omfattar, och som kan anses som en kritisk del, är leder och tilt-funktionen. Vad det gäller lederna så användes liknande leder som i referensprodukten plus en förstärkning. Detta borde vara tillräckligt för detta koncept men vidare beräkningar borde göras vid en eventuell vidareutveckling av detta koncept. Då remhakarna hade en väldigt komplex utformning var beräkningar av dessa ett stort problem. Efter rådfrågning på Institutionen för Mekanik och Hållfasthet inte resulterade i någon lösning valdes det att helt göra dessa beräkningar i Catia V5.

I efterhand hade det förmodligen varit fördelaktigt att göra antropometriska och ergonomiska tester i Jack, för att utnyttja det verktyget mer. I slutundersökningen gjordes endast REBA-beräkningar på tagna positioner.

5.3 Genomförande

Tidigt i projektet lades en planering upp som hjälp för att se vad som skulle göras härnäst. Det sattes även upp ett dokument med gruppregler som skulle hjälpa till att förhindra irritation inom gruppen, samt se till att klargöra vilka mål medlemmarna hade. Det gjordes ett flertal andra dokument som var till för att underlätta samarbetet inom gruppen även när medlemmar saknades under möten.

De avgränsningar som gavs i början av projektet ändrades avsevärt under arbetet fram till det slutliga konceptet. Detta berodde mycket på att användbarhetstester visade på att dessa borde ändras, samt att det fanns uttryckta önskemål om detta under intervjuerna.

Mycket tid lades på idégenerering för att gruppen skulle ha tid att tänka på egen hand och låta uppdraget sjunka in. I efterhand anses detta motiverat då tiden användes väl och gav resultat i form av en mångfald av idéer. Dessa var inte styrda av avgränsningar eller krav vilket gjorde att många fick sällas bort.

Efter delredovisningen hos Thule framkom ett flertal nya krav vilket gjorde att gruppen fick sälla bort fler idéer och vidareutveckla den som fanns kvar, samt undersöka den nya idé som framkommit under mötet. Detta hade förmodligen kunnat undvikas om kontakten med företaget varit tydligare, men samtidigt ville företaget ha en mångfald av idéer att starta med.

Under projektets gång hade det förmodligen gått att effektivisera arbetet genom att ha delat upp det mer, men då upplevdes det som att medlemmarna missade helhetsintrycket och hade svårt att få en känsla för hur mekanismerna skulle fungera, samtidigt som delarna var så beroende av varandra vid infästningar och liknande. Därför gjordes större delen av utvecklingsarbetet i grupp. Dock delades mindre uppgifter ut, såsom hållfasthetsberäkningar och modellering, utefter gruppmedlemmarna kunskapsområden. Även kontakten med olika kontaktpersoner delades upp så att kommunikationerna skulle bli smidigare.

Ett moment som gruppen tänkt genomföra vid planeringen av projektet var prototypbygget. Dock uteblev detta då det saknades tid att kunna göra en fullskalig modell som skulle fungera till användbarhetstester, därmed kändes det inte motiverat att göra en lättare version. Istället gjordes mindre funktionsmodeller för att kunna illustrera hur separata delar av konstruktionen fungerade, och tiden som satts åt sidan för prototypbygge lades istället på att förfina konceptet. I övrigt upplevdes skisser och modelleringar tillräckliga för att få fram resultat.

5.4 Vidareutveckling

Då målet med projektet var ett koncept och inte en färdig produkt finns det självklart aspekter där förbättringar kan göras, samt att vissa ändringar kan behöva göras vid tillverkningen även om detta tagits i åtanke under utvecklingsarbetet. Det finns även en möjlighet att vidareutveckla de bortsållade lösningarna så att de kan anpassas på det slutgiltiga konceptet.

Tilt:

Den delkonstruktionen som inte är helt utvecklad är den nya tilt-funktionen då den endast är formulerad mer övergripande hur den ska fungera och inga beräkningar har gjorts. Utöver det som *har* beskrivits om denna funktion så finns ett flertal kompletteringslösningar att välja mellan. Undersökning och fastställning av dessa utelämnades dock på grund av tidsbrist. Det måste dessutom undersökas om den i slutändan blir för dyr för att användas i konceptet.

Kulhus:

Prissituationen är något som måste utvärderas även för dragkroksinfästningen, det vill säga om det koncept för kulhus som utvecklats är en alldeles för komplex lösning för denna produkt.

Infästning av cyklar:

Infästningarna för cyklarna skulle helst göras med ett band som är expanderbart eller på något vis utdragbart, men vid tester kom det fram att risken för skador på bilen skulle bli för stor om användaren skulle råka tappa bandet så det fjädrar tillbaka. Därför är det i nuläget ett spännband för att minimera kostnaden, men detta skulle förmodligen kunna utvecklas vidare.

Tillbehör – Light Board:

Det skulle kunna gå att montera på light boarden på slutkonceptet, men det skulle kräva att nya adaptrar för denna utvecklades. I nuläget används också ett liknande lösning så det anses inte vara orimligt för slutkonceptet. Det kräver dock att infästningen för spännbandet inte är längst ut på bygelarmarna.

Låsbarhet:

Låsbarhet är ytterligare en punkt som man kan titta närmare på då det är något som inte presenterats i det framtagna konceptet. Detta är dock något som man haft i beaktning vid utformning av konceptet och det finns goda möjligheter till att tillämpa låsbarhet både för monterade cyklar så väl som produkten i monterat läge.

6: Slutsats

Målet med projektet var att genom innovativ produktdesign skapa ett nytt koncept för Thules produktserie för dragkroksmonterade cykelhållare, HangOn, vilket skulle bidra till att öka Thules konkurrensförmåga på marknaden då många konkurrenter kommit ikapp i utvecklingen. Detta anses som uppfyllt då gruppen lyckats ta fram ett nyskapande koncept samtidigt som det fortfarande kan passa in bland Thules övriga produkter. Konceptet har en betydligt högre kompatibilitet för cykelmodeller än referensprodukten, och den uppfyller Thules höga krav på hållfasthet och säkerhet för transport av upp till tre cyklar. Det är ett innovativt men samtidigt realiserbart koncept som dock kräver vidareutveckling inom dimensionering för att säkra mot bland annat dynamiska laster, samt undersökningar om lämpliga tillverkningsmetoder och miljöpåverkan.

Källförteckning

Böcker:

Bohgard, M. et al. (2008) Arbete och teknik på människan villkor. Stockholm: Prevent

Carlsson, Raul och Pålsson, Ann-Christin (2008) Livscykelanalys Ringar på vattnet. Första utgåvan, Stockholm: SIS Förlag

Dreyfuss Henry, 1972 , Symbol sourcebook, New York: Mcgraw-Hill

Hågeryd et al. (2002) Modern produktionsteknik, Del 1. Liber

Jordan, Patrick W (1998) An Introduction to Usability. Tredje upplagan

Kaulio, M (1996) *PRE : product requirements engineering : att skapa ett företagsspecifikt arbetssätt för att hantera kundkrav*, Mölndal:Institutet för verkstadsteknisk forskning

Lundh, Hans (2000) Hållfasthetslära. Tredje upplagan, Stockholm: KTH

Nielsen, J. (1993). Usability engineering. Boston, MA

Smith, William F. och Hashemi, Javad (2006) Foundations of Materials Science and Engineering. Forth edition, New York: McGraw-Hill

Österlin, Kenneth (2010) Design i fokus för produktutveckling. Första upplagan, Malmö: Liber AB

SKF koncernen (2008) Huvudkatalog skolupplaga.

Kompendium:

Karlsson, MariAnne (2008) Lyssna till kundens Röst- Kurskompendium. Chalmers Tekniska Högskola, inst. för Produkt- och produktionsutveckling

Utdrag ur Thule Brand Manual (2007).

Webbkällor:

Transportstyrelsen (2011) Svenska registreringskyltar

http://www.transportstyrelsen.se/Global/Publikationer/Vag/Fordon/201143_Svenska_registreringskyltar.pdf
(2011-05-10)

Sapa group (2009) Energibesparingar i flera led <http://www.sapagroup.com/sv/Company-sites/Sapa-Profiler-AB/Aluminium/Energihushallning/> (18 Maj. 2011).

Thule (2011) www.thule.com (2011-05-15)

Kuntze (2011)

<http://www.kuntze.se/index.asp?sidid=25&oldSidid=27&ArtGruppenr=511&UnderArtGrupp=A&ProduktOmrade=Gummilister+%26+borstlister&SokOrd=undefined> (2011-05-15)

Kursföreläsningar:

MMT031 Usability – metoder och verktyg. 2009/2010

Mjukvara:

CES Selector (2009) Granta design limited, <http://www.grantadesign.com/products/ces/index.htm>
(2011-05-15)

<http://www.rula.co.uk/>
(2011-05-22)

Bilagor

Bilaga 1: CW/PHEA för referensprodukten

CW – Cognitive Walkthrough

Resultat

De problem som gruppen resonerade sig fram till handlade mest om att användaren inte skulle förstå att rätt handling finns tillgänglig och att det va problem då det krävdes flera olika steg för att nå önskad effekt.

Däremot var det inga problem med att förstå när rätt effekt är utförd.

- Det kan vara otydligt att de "cradles" som används för att spänna fast cyklarna behöver så pass mycket kraft för att användas. När användaren behöver ta i vid användning kan det uppstå tvivel om man gör rätt.
- Användaren kan ha problem att förstå "tilt"-funktionen då det krävs många olika steg för att kunna luta cykelstället. Det finns inga tydliga indikationer på att funktionen ens existerar.
- Vreden som används för att fälla upp cykelstället skulle kunna vara tydligare för att visa att man ska vrida dem ett kvarts varv för att låsa upp/fast den horisontella stängen som cyklarna vilar på.
- Spännbandet har ingen tydlig funktion och det är inte tydligt att det behövs för att säkra cyklarna.

PHEA – Predictive Human Error Analysis

Resultat

Genom diskussioner och hantering av produkten kom gruppen fram till följande problem:

- Det uppstår förmodligen problem med "tilt"-funktionen då cykelstället är lastat eftersom det är svårt att komma åt reglagen. Alltså måste användaren ta bort cyklarna innan bagageluckan kan öppnas.
- Om den fälls upp innan den monteras på bilen kan den vändas åt fel håll eftersom det inte finns något hinder för att fälla upp bågen som cyklarna vilar på bakåt. Detta gör att de inte går att montera fast cykelstället på dragkroken då det är en skruv som sticker ut. Det kan vara så att användaren inte upptäcker att hängbygel är monterad åt fel håll eftersom det går att vrida på cradles.
- Produkten ger ett gediget och stabilt intryck endast då den är monterad korrekt vilket hjälper användaren förstå när korrekt handling är utförd.
- Det kan vara risk för klämning vid montering
- Det är möjligt att montera en cykel på stället utan att fälla upp hängbygel.
- Användaren kan tänkas montera cykeln upp-och-ned så att den hänger i cradles istället för att vila på hängbygel. Detta gör att produkten går sönder snabbare eftersom gummit slits, samt att cykeln inte hänger lika säkert.

Övriga observationer

Cykelstället kan vara relativt tungt för en person att montera.

Risk att smuts och annat försämrar rörliga delar, såsom "tilt"-funktionen.

Bilaga 2: CW/PHEA för slutkonceptet

CW – Cognitive Walkthrough

Resultat

Med hjälp av funktionsmodeller och diskussion drogs följande slutsatser:

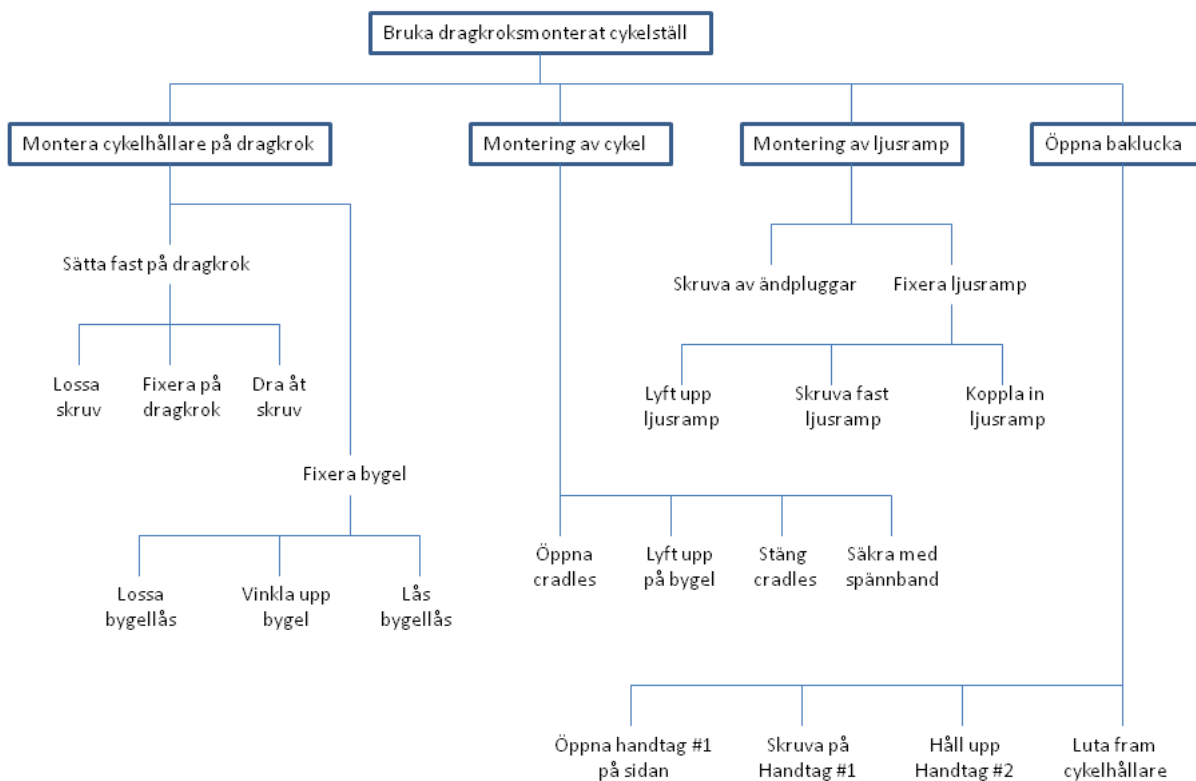
- Igenkänningsfaktorn hos konceptet i relation till referensprodukten gör att användaren vet hur cyklarna ska monteras. Det är även det enda sättet som användaren kan lyfta på cyklarna.
- Det kan vara svårt för användaren att förstå de olika möjligheterna för montering av olika cykelmodeller då det inte liknar andra produkter på marknaden.
- Spännbandet som ska spänna fast cyklarna har en tydlig funktion.
- Stropparnas betydelse kanske inte anses som viktig vilket gör att de inte används som tänkt.
- Förståelsen av tilten och infästningen av konceptet på dragkroken har förbättrats.

PHEA – Predictive Human Error Analysis

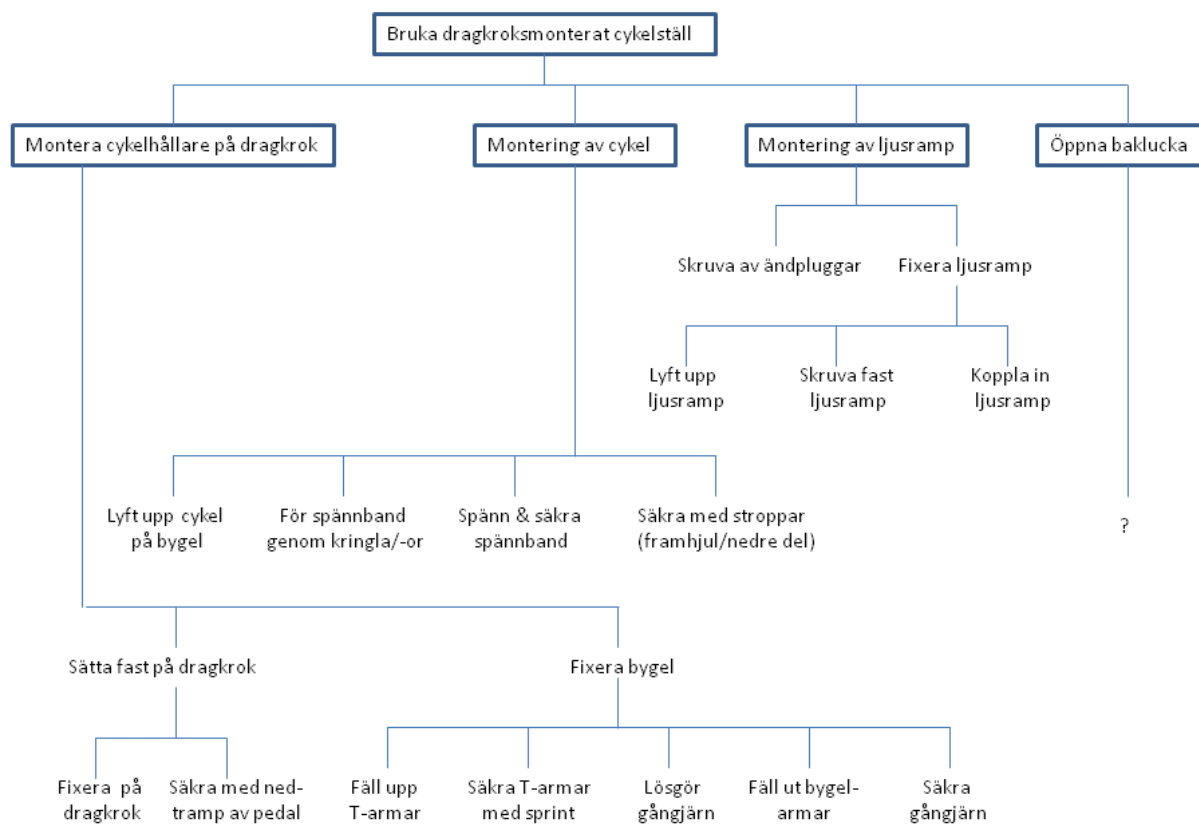
Resultat

- Användaren kan ha svårt att förstå att spännbandet ska fästas under remhakarna mellan cyklarna vilket gör att cyklarna inte sitter fast ordentligt.
- Ihopfällningen av konceptet kanske missförstås vilket resulterar i att den inte blir ordentligt ihopfälld och packningsvolymen ökar.
- Om spännbanden som håller ner cyklarna inte spänns åt ordentligt kan det lossna ur remhakarna vilket gör att cyklarna inte spänns fast mot bygelarmen och kan skadas.

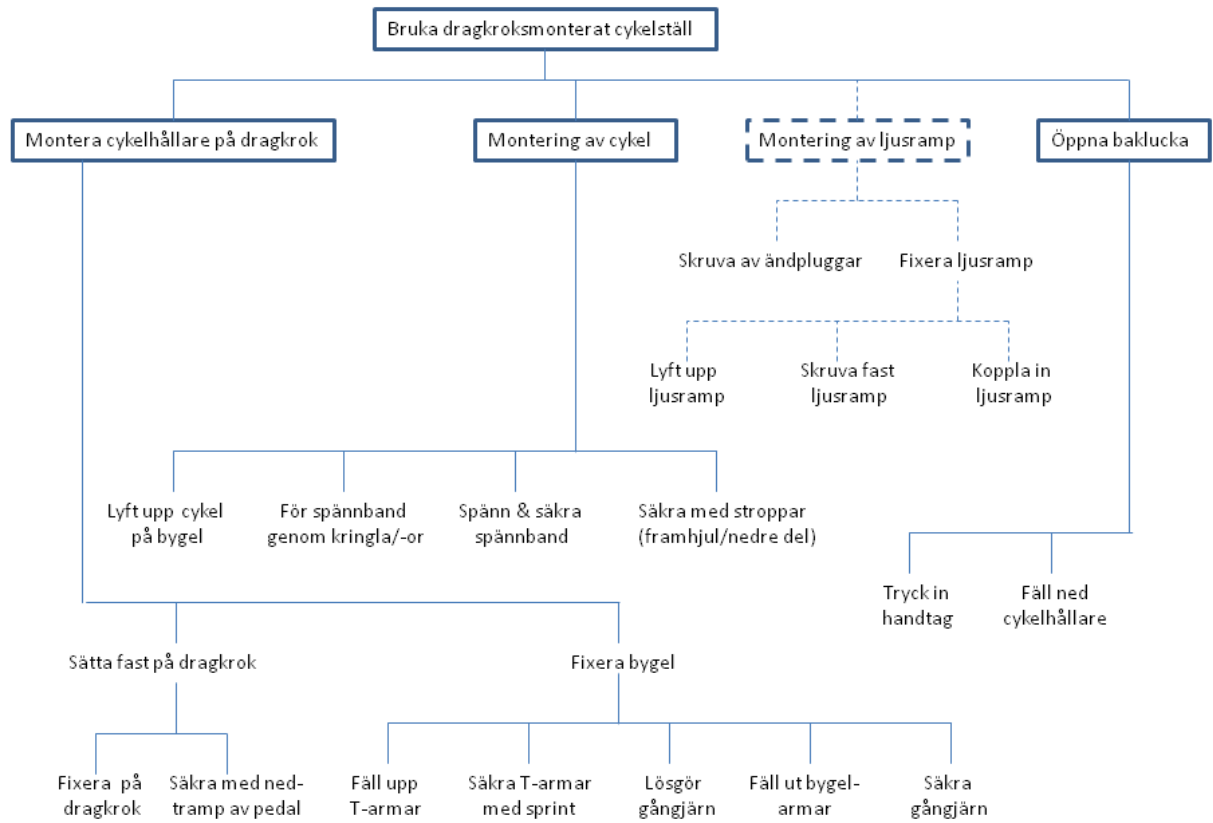
Bilaga 3: HTA referensprodukt



Bilaga 4: HTA av nytt koncept(utan tilt)



Bilaga 5: HTA av nytt koncept(med tilt)



Bilaga 6: Pughmatrix

Chalmers		Pughmatrix (Relativ beslutsmatrix):					
Utfärdare: Projektgrupp Thule				Skapad: 2011-02-21		Sid 1	
				Modifierad: 2011-02-28			
Kriterier	Alternativ						
	Ref	A	B	C	D	E	F
Montering av cykelställ (3)	0	0	0	+	0	+	0
Demontering av cykelställ (3)	0	0	0	+	0	+	0
Montering av cykel (3)	0	+	0	+	+	+	+
Minimering av skador/nötning (3)	0	0	0	+	+	+	0
Medge proj. av belysning och reg. skylt (2)	0	-	0	+	-	-	0
Medge stöldskydd (1)	0	+	+	+	+	+	+
Frigörning av bagagelucka (3)	0	0	0	0	0	+	+
Vikt (3)	0	+	+	+	+	+	+
Ej skrymmande i demonterat läge (1)	0	0	0	0	-	+	0
Montering av dam- & barncyklar (2)	0	+	-	+	+	+	+
Medge sikt bakåt (2)	0	0	0	-	-	-	0
Antal +	-	4	2	8	5	9	5
Antal 0	-	6	8	2	3	0	6
Antal -	-	1	1	1	3	2	0
Nettovärde	-	3	1	7	2	7	5
Värde med viktning	-	7	2	18	7	18	10
Rangordning	5	3	4	1	3	1	2
Vidareutveckling	-	Nej	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej

Bilaga 7: Kravspecifikation

Chalmers		Kravspecifikation		Sida 1	
Uppdrags: Grupp Thule		Bilmonterat cykelställt			
Kriterier		Skapat: 2011-01-31			
Funktion		Modifierad:			
Möjliggöra transport av cyklar		Målvärde		Referens (kravställare)	
		K/O/I	Vikt		
		K			
1.	Prestanda				
1.1	Bärighet	K	Hållfasthetsberäkning	Thule Sweden	Uppfyllt/ ej uppfyllt
1.2	Bärighet	O	4 Hållfasthetsberäkning	Thule Sweden	Uppfyllt. Verifierat genom beräkningar.
1.3	Bärighet	O	2 Hållfasthetsberäkning	Thule Sweden	Uppfyllt. Verifierat genom beräkningar.
1.4	Produkten skall i monterat läge medge transport av cyklar	K	Hållfasthetsberäkning	Thule Sweden	Uppfyllt. Verifierat genom beräkningar.
1.5	Produkten skall i monterat läge medge transport av cyklar	O	2 Test	Projektgruppen	Uppfyllt. Hängaren kan transportera 2 cyklar
1.6	Produkten skall i monterat läge medge transport av cyklar	O	5 Test	Projektgruppen	Uppfyllt. Hängaren kan transportera 3 cyklar
1.7	Vid transport skall verken produkt, cyklar eller bil skadas	O	2 Test	Projektgruppen	Ej uppfyllt. Verifierat genom HTA-jämförelse
1.8	Vid monteringen skall verken produkt, cyklar eller bil skadas	K	Test	Projektgruppen	Ej testat. Kan ej testas utan färdig produkt.
1.9	Vid demontering skall verken produkt, cyklar eller bil skadas	K	Test	Projektgruppen	Ej testat. Kan ej testas utan färdig produkt.
1.10	Produkt med monterat last skall medge sikt bakåt	O	3 Test	Projektgruppen	Ej testat. Kan ej testas utan färdig produkt.
1.11	Montering på dragkrok ska följa standard	K	Test	Projektgruppen	Uppfyllt.
1.12	Klara City Crash-test	K	Test	Thule Sweden	Ej testat. Kan ej testas utan färdig produkt.
1.13	Enheten (produkt och cyklar) får ej avvika mer än 200mm i sidled från bil	K	Mätning	Projektgruppen	Uppfyllt. Verifierat genom konstruktion.
1.14	Enheten får ej avvika mer än 1000mm i längsled från bil om ej utmärkt med reflex	K	Mätning	Projektgruppen	Uppfyllt. Verifierat genom konstruktion.
1.15	Enheten skall ej skymma fordonets lampor. Alternativt skall skall Thules tillbehör 976 kunna monteras.	K	Test	Projektgruppen	Uppfyllt. Verifierat genom konstruktion.
1.16	Enheten skall ej skymma fordonets registreringskylt.	K	Test	Transportstyrelsen	Ej testat. Kan ej testas utan färdig produkt.
1.17	Alternativt skall Thules tillbehör 976 kunna monteras beaggeupprymme.	K	Test	Transportstyrelsen	Ej testat. Kan ej testas utan färdig produkt.
1.18	Enheten skall i monterat läge medge tillgänglighet till bilens cykelhjulare	O	4 Test	Thule Sweden	Uppfyllt. Verifierat genom test.
1.19	Enheten skall i monterat läge medge stötskydd åt cyklar	O	4 Test	Thule Sweden	Ej uppfyllt men möjligheten finns i vidareutveckling.
1.20	Kunna bära alla sorters cyklar	O	4 Test mot statistik	Projektgruppen	Uppfyllt. Verifierat genom tester.
2.	Livsänd				
2.1	Produkten skall ha en livslängd	K	Utmattningsprov	Thule Sweden	Ej testat. Kan ej testas utan verklig produkt
2.2	Produkten skall ha en livslängd	O	10 år	Thule Sweden	Ej testat. Kan ej testas utan verklig produkt
2.3	UV-beständighet	K	Utmattningsprov		Uppfyllt. Testat genom simulering
2.4	Korrosionsbeständighet	K	Simulering		Uppfyllt. Testat genom simulering
3.	Underhåll				
3.1	Möjlig att rengöra	K	Test	Projektgruppen	Uppfyllt.
3.2	Smutsavblände	O	Uppskattning		Uppfyllt. Verifierat genom uppskattning.
4.	Tillverkningskostnad				
4.1	Tillverkningspris/enhet	O	Uppskattning		Ej testat. Ofullständiga kunskaper i ämnet.
5.	Tillverkningsanläggning				
5.1	Produktionsvolym	K	Simulering	Thule Sweden	Uppfyllt. Verifierat genom Thule.
6.	Storlek				
6.1	Antal lösa delar	K	Brukare	Planeringsavdelningen	Uppfyllt. Verifierat genom konstruktion.
6.2	Förvaringsvolym	O	5	Brukare	Ej uppfyllt, då produkten är längre.
7.	Vikt				
7.1	Låg vikt	K	Beräkning mha CAD-modell	Projektgruppen	Uppfyllt. Verifierat genom beräkningar.
7.2	Låg vikt	O	Beräkning mha CAD-modell	Projektgruppen	Uppfyllt. Verifierat genom beräkningar.
8.	Estetik och yttfinish				
8.1	Följa Thules designprinciper	K	Jämföra med Thules "brand manual"		Uppfyllt.
9.	Material				
9.1	Existerande material	K		Projektgruppen	Uppfyllt.
9.2	Material som existerar i nuvarande tillverkning	O		Projektgruppen	Uppfyllt. Verifierat genom Thule.
10.	Patent och litteratur				
10.1	Produkten skall ej inträffa på annat patent	K	Patentsökning	Projektgruppen	Uppfyllt. Kontrollerat genom databassökningar.
11.	Ergonomi				
11.1	God ergonomi	K	Mätning	Brukare	Uppfyllt. Verifierat genom ergonomisk utvärdering.
12.	Användningsmoment				
12.1	Färre användningsmoment	O	Mätning	Brukare	Ej uppfyllt. Verifierat genom HTA-jämförelse.
12.2	Kortare monteringsid	K	Mätning	Projektgruppen	Uppfyllt. Verifierat genom tester.
12.3	Kortare cykelmonteringsid	K	Mätning	Projektgruppen	Uppfyllt. Verifierat genom tester.

Bilaga 8: Användartest frågeformulär

Användbarhetsenkät – Thule Hang On

Försöksperson:

Beskrivning:

Vad upplevde du att du hade problem med?

Hur enkelt förstod du hur produkten skulle brukas?

Kändes några moment fysiskt ansträngande? I så fall, vilka?

Hur hade du velat att produkten utförde det den gör om du fick förändra den?

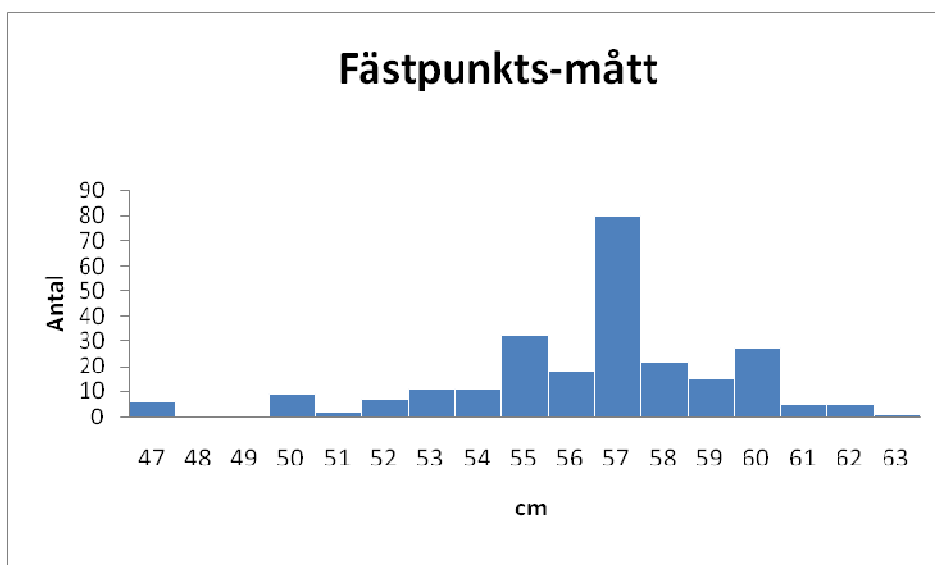
Vad skulle du vilja se i en bättre produkt?

Bilaga 9: Undersökningsresultat & jämförelse

Cykelstatistik:

Triangel (Herr)	53,0769231	%
Rektangel (Dam1)	21,2820513	%
dubbelBöj (Dam2)	19,4871795	%
Enkelböj(Dam3)	1,28205128	%
Y med stötdämpare	2,56410256	%
Barn ("rak/herr")	0,25641026	%
Barn ("sne/dam")	1,02564103	%
Special1 ("cruiser")	0,76923077	(se s53 i Thule-katalog)
Special2	0,25641026	(låg ram, hög sadel & styre)
Tot (kontrollsumma)	100	%

Rammått (fästpunkt till fästpunkt):



Från frågeformulär:

Problemområden:

- * Passning av cykel/cyklar på produkt
- * Passning av produkt på dragkrok
- * Skygger ljus

Eftersökes:

- * Lättare förvaring - Större mobilitet av produkt

* Mer lätthanterlig - Färre arbetsmoment vid montering

(* Mer stabil/robust - Hjul fladdrar)

(* Möjlighet att komma åt bagageutrymme)

MONTERING:

Montera cykelhållare på dragkrok:

Saxlösning: 9 sek

HangOn: 27 sek

(varav Skruvande: 20 sek, 75%)

Nytt koncept: 5 sek (uppskattning, film)

Montera cykel (1st):

Saxlösning: 11 sek (-stroppar/remmar), 31 sek inkl stroppar/remmar

HangOn: 27 sek (-rem), 36 sek inkl. rem (varav Cradles: 15 sek)

Nytt koncept: 30 sek (Saxlösning + 2*remtid (4 sek) + 2*inspänning (7.5 sek)) (uppskattning)

Montera 3 cyklar:

Saxlösning: 33 sek (-stroppar/remmar), 53 sek inkl stroppar/remmar

HangOn: 81 sek (-rem, -tid för nästa cykel), 91 sek inkl rem

Nytt koncept: 72 sek (3*Saxlösning (11) + 2*inspänning (7.5 sek) + 6 *remtid (4 sek))

Montera cykelhållare + 3 cyklar (totaltid):

Saxlösning: 62 sek

Thule HangOn: 118 sek

Nytt koncept: 77 sek

PACKBARHET: (max BxHxD)

Mått Saxlösning: 135 x 750 x 310 mm

Mått Thule HangOn: 480 x 810 x 150 mm

Mått Nytt koncept: 250 x 790 x 140 mm

Bilaga 10: Användartest – Program

Under hela testet observerar gruppen användaren, diskret. Foton tas efteråt, då blixtn eller ljud av kamera kan störa användaren och orsaka fler fel eller mer nervositet än vad gruppens närvaro redan gör. Användaren får då rekonstruera arbetsställningar hon använde. En gruppmedlem är ansvarig för att anteckna fel användaren gör under testet. Var noga med att specificera hur många gånger och vilka fel användaren gör.

Under testet svarar gruppen på frågor, men hjälper inte användaren fysiskt.

Presentation av grupp och uppgift, samt program. Användaren får bekanta sig med produkten.

En potentiell användare skall montera och demontera cykelhängare & cyklar:

- Montera cykelställ på dragkrok

- Montera cykel/cyklar på ställ

- Fälla ned ställ (då vår referensprodukt har denna funktion)

- Öppna bagagelucka

- Fälla upp ställ

- Demontera cyklar från ställ

- Demontera cykelställ från dragkrok

Användaren fyller i intervjuenkät

Fika!

Tänk på att:

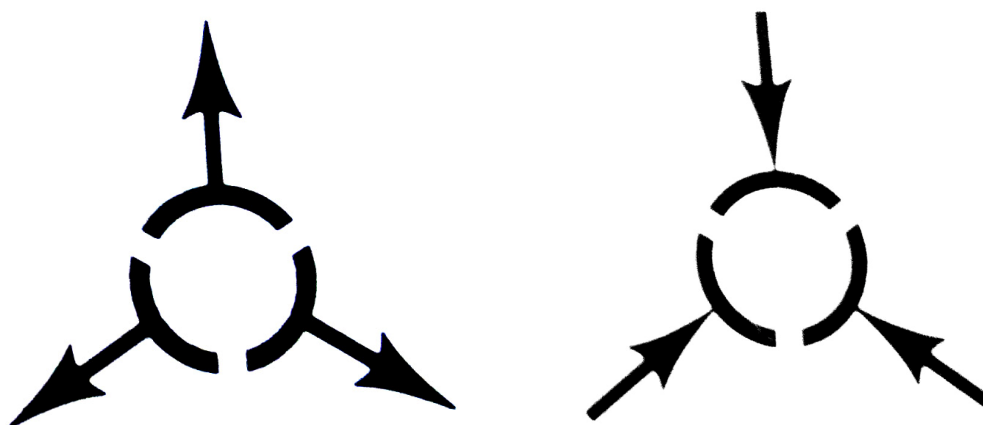
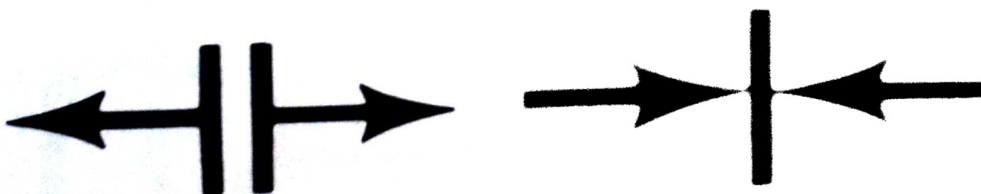
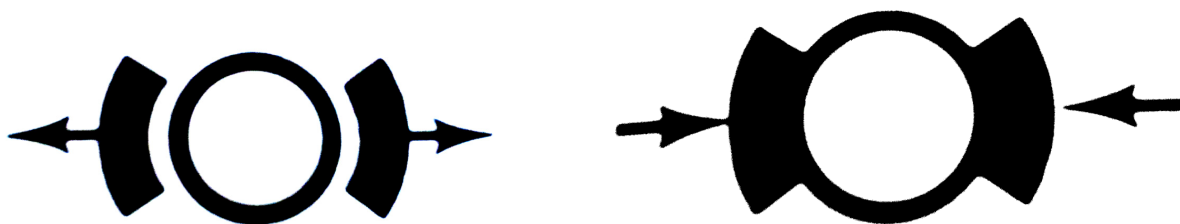
- Samma cykel (eller motsvarande) bör användas i alla test

- Samma miljö bör användas (inte för mörkt eller regnigt eller likn.)

- Samma utförande bör användas (för att få reliabelt testresultat)

- En naturlig spridning av brukare bör användas (för att få valit testresultat)

Bilaga 11: Symbolundersökning



Bilaga 12: Vikberäkningar

Vikten för huvudkomponenterna fås ut av:

$$m = \rho V =$$

$$\rho \left(2 (\pi r_{1y,båge} r_{2y,båge} - \pi r_{1t,båge} r_{2t,båge}) l_{båge} + 2 (\pi r_{y,bygelarm}^2 - \pi r_{t,bygelarm}^2) l_{bygelarm} + (\pi r_{1y,stativ} r_{2y,stativ} - \pi r_{1t,stativ} r_{2t,stativ}) l_{stativ} \right)$$

Ekvationen ser ut som den gör då den består av 2 st ellipsformade bågar, 2st cirkulära bygelarmar och ett ellipsformat stativ.

Med följande data:

$$\rho_{\text{Aluminium}} = 2700 \text{ g/m}^3$$

$$\rho_{\text{stål}} = 8000 \text{ g/m}^3$$

Och med dimensioner: (Tvärsnittets bredd x Tvärsnittets höjd x Komponentens längd)

Båge: 30 x 40 x 300 mm

Stativ: 50 x 70 x 780 mm

Bygelarm: 30 x 30 x 460 mm

Godstjocklek 4 mm för aluminium och 2 mm för stål.

Antag: $m_{\text{Kulhus}} = 2 \text{ kg}$

$m_{\text{Övriga komponenter}} = 1.5 \text{ kg}$

Med dessa uppskattade antagelser så fås en totalvikt på:

Aluminium	4.1390 kg
Stål	5.2815 kg

Bilaga 13: Kraftberäkningar av kulhuset

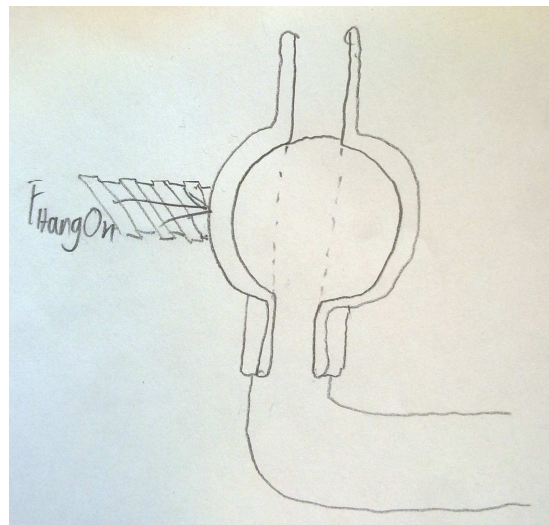
Kulhuset

$$F_{\text{HangOn}} = 35-45 \text{ kN}$$

$$F_{\text{in}} = 350 \text{ N}$$

$$= 40 \text{ kN}$$

$$M_{\text{åtdragning}} = F_{\text{in}} * L_{\text{verktyg}} = 350 * 0.25 = 87,5 \text{ Nm}$$



F_{kula}

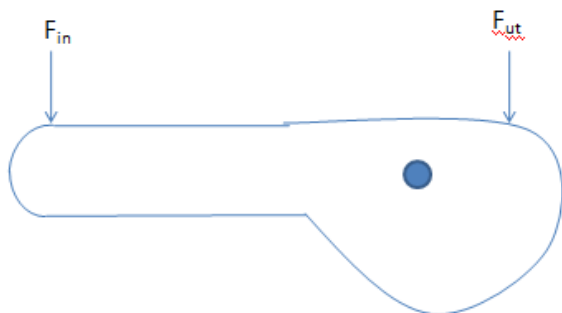
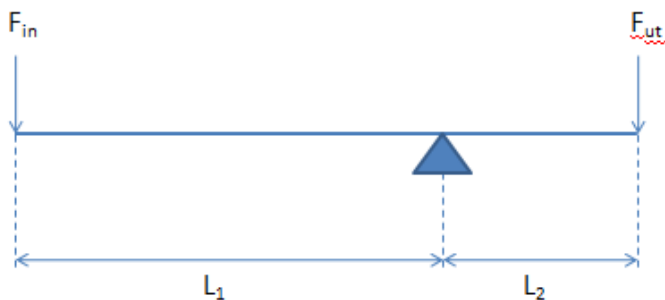
Två utväxlingar

Fig. X. Illustrerar hur

kulhuset på referens fungerar.

Pedals utväxling: 1:10

Friläggning:



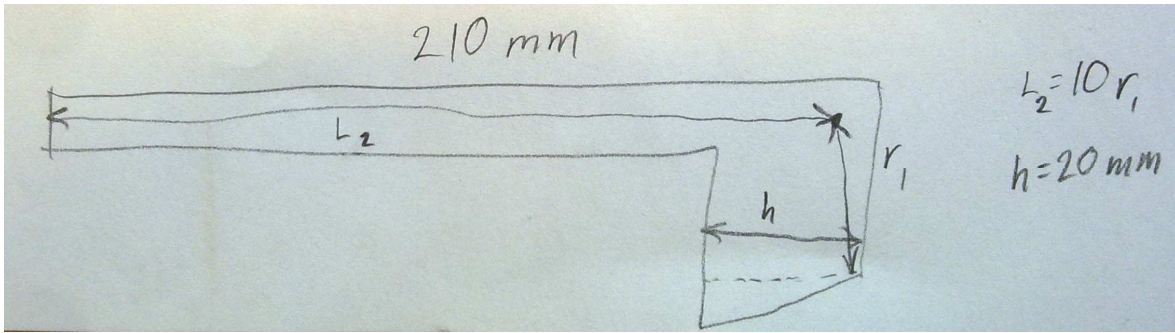
$$F_{\text{in}} * L_1 = F_{\text{ut}} * L_2$$

$$L_1 = 10 * L_2 \Rightarrow F_{\text{in}} = F_{\text{ut}} / 10$$

$$F_{\text{ut}} = 3,5 \text{ kN}, L_2 = r_1$$

$$\text{Kil: } F_{\text{ut}} = F_{\text{kula}}$$

Approximera pedal med rullager som pedal med kil:



$L_2 = 10 \cdot r_1$
 $h = 20 \text{ mm}$

Antag: Rullager reducerar friktion till försumbar.

Frilägg kil:

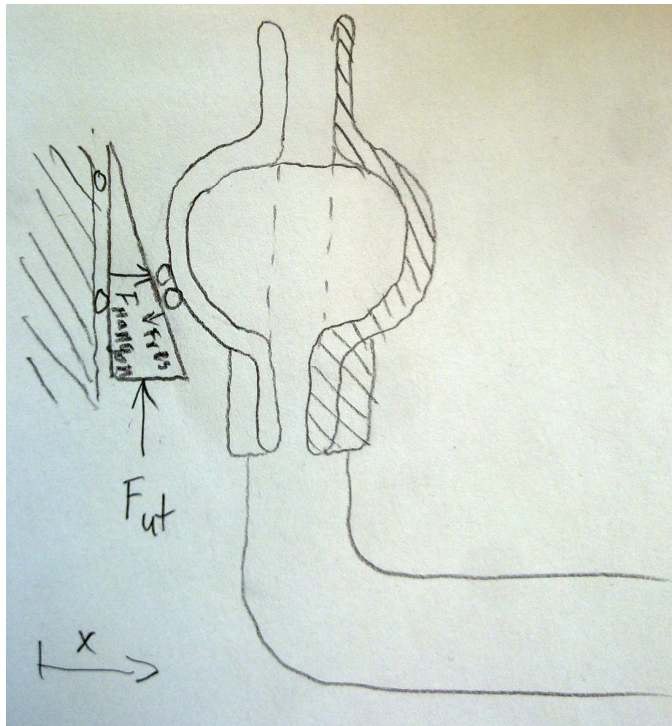
Töjning, ϵ , som krävs i x-led för att uppnå

F_{HangOn} :

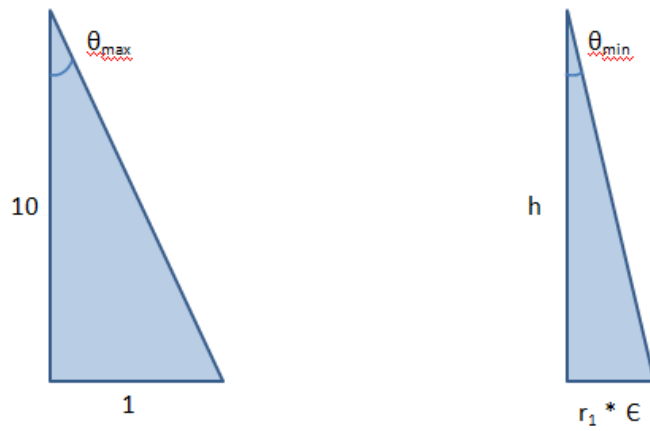
$\epsilon = F_{\text{HangOn}} / (A \cdot E_{\text{stål}}) = 0.002 = 0.2 \%$

$\sigma_{\text{material}} = 4 \cdot 10^8 \text{ Pa} < \sigma_s$

Materialet klarar påfrestningarna!



Utformning av kil:



- Kilstigning Max
Dimensioneras av utväxlingen $F_{\text{ut}}:F_{\text{HangOn}} = 1:10$
 $\theta_{\max} = \arctan(1/10) = 5.7^\circ$
- Kilstigning Min
Dimensioneras av materialtöjningen som skall uppnås
Med ($r_1 * \epsilon$) = 0.04 mm & $h = 20$ mm fås:
 $\theta_{\min} = \arctan(0.04/20) = 0.115^\circ$

Slutsats: Placera rullager så att angreppsvinkel blir mellan 0.12° och 5.7° .

Bilaga 14: Uttrycksenkät

Vilka egenskaper har denna produkt?



Hård	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mjuk
Otymlig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Smidig
Lätförstådd	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kryptisk
Säker	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Riskfylld
Stabil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Instabil
Lätt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tung
Aggressiv	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Passiv
Stark	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Svag
Komplicerad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Banal
Effektiv	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Omständig
Kall	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Varm
Vass	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Avrundad

Bilaga 15:

Frågeformulär - cykelhållare

Försöksperson:

Beskrivning:

1. Har du använt cykelhållare för bilmontering tidigare? Ja→2, Nej→5

2. Vilken typ av cykelhållare var det?

3. Upplevde du några problem med den?

4. Dess bästa egenskap(er) enligt dig?

5. Om **inte** använt: varför har du inte använt ett?

6. Något du vill du se hos en framtida cykelhållare? (saknade hos den dem använt?)

7. Övrigt – några tillägg?

Bilaga 16:

REBA utvärdering för referensprodukten och slutkonceptet

REBA
Rapid Entire Body Assessment (REBA) Date: / /

Task Thule HangOn - Montering			Analyst		
Group A			Group B		
Posture/Range	Score	Total	Posture/Range	Score	Total: Left and Right
Trunk		4	Upper Arms (Shoulders)		L 1 3 R
Upright	1	If back is twisted or tilted to side: +1	Flexion: 0-20° Extension: 0-20°	1	Arm Abducted / Rotated: +1 Shoulder Raised: +1 Arm Supported: -1
Flexion: 0-20° Extension: 0-20°	2		Flexion: 20-45° Extension: >20°	2	
Flexion: 20-60° Extension: >20°	3		Flexion: 45-90°	3	
Flexion: >60°	4		Flexion: >90°	4	
Neck		2	Lower Arms (Elbows)		L 2 1 R
Flexion: 0-20°	1	If neck is twisted or tilted to side: +1	Flexion: 60-100°	1	No Adjustments
Flexion: >20° Extension: >20°	2		Flexion: <60° Flexion: >100°	2	
Legs		1	Wrists		L 1 1 R
Bilateral Wt Bearing; Walk; Sit	1	Knee(s) Flexion 30-60°: +1	Flexion: 0-15° Extension: 0-15°	1	Wrist Deviated / Twisted: +1
Unilateral Wt Bearing; Unstable	2		Flexion: >15° Extension: >15°	2	
Score from Table A		5	Score from Table B		L 1 3 R
Load / Force		0	Coupling		L 1 1 R
< 5 kg < 11 lb	0	Shock or Rapid Buildup: +1	Good	0	No Adjustments
5 - 10 kg 11 - 22 lb	1		Fair	1	
> 10 kg > 22 lb	2		Poor	2	
Score A [Table A + Load/Force Score]		5	Unacceptable	3	Left Right
Activity		0	Score B [Table B + Coupling Score]		L 2 4 R
One or more body parts are static for longer than 1 minute	+1	Activity Score	Score C (from Table C)		L 4 5 R
Repeat small range motions, more than 4 per minute	+1		Activity Score		L 0 0 R
Rapid large changes in posture or unstable base	+1		REBA Score [Score C + Activity Score]		L 5 5 R

V1.1 5/4/01 © 2001 Thomas E. Bernard

REBA

Rapid Entire Body Assessment (REBA)

Date: / /

Task	Nytt koncept - Montering	Analyst
------	---------------------------------	---------

Group A			Group B		
Posture/Range	Score	Total	Posture/Range	Score	Total: Left and Right
Trunk		1	Upper Arms (Shoulders)		L 1 1 R
Upright	1	If back is twisted or tilted to side: +1	Flexion: 0-20° Extension: 0-20°	1	Arm Abducted / Rotated: +1 Shoulder Raised: +1 Arm Supported: -1
Flexion: 0-20° Extension: 0-20°	2		Flexion: 20-45° Extension: >20°	2	
Flexion: 20-60° Extension: >20°	3		Flexion: 45-90°	3	
Flexion: >60°	4		Flexion: >90°	4	
Neck		1	Lower Arms (Elbows)		L 1 1 R
Flexion: 0-20°	1	If neck is twisted or tilted to side: +1	Flexion: 60-100°	1	No Adjustments
Flexion: >20° Extension: >20°	2		Flexion: <60° Flexion: >100°	2	
Legs		3	Wrists		L 1 1 R
Bilateral Wt Bearing; Walk; Sit	1	Knee(s) Flexion 30-60°: +1 Knee(s) Flexion >60°: +2	Flexion: 0-15° Extension: 0-15°	1	Wrist Deviated / Twisted: +1
Unilateral Wt Bearing; Unstable	2		Flexion: >15° Extension: >15°	2	
Score from Table A		3	Score from Table B		L 1 1 R
Load / Force		0	Coupling		L 0 0 R
< 5 kg < 11 lb	0	Shock or Rapid Buildup: +1	Good	0	No Adjustments
5 - 10 kg 11 - 22 lb	1		Fair	1	
> 10 kg > 22 lb	2		Poor	2	
Score A [Table A + Load/Force Score]		3	Unacceptable	3	Left Right
Activity		0	Score B [Table B + Coupling Score]		L 1 1 R
One or more body parts are static for longer than 1 minute	+1		Score C (from Table C)		L 2 2 R
Repeat small range motions, more than 4 per minute	+1		Activity Score		L 0 0 R
Rapid large changes in posture or unstable base	+1		REBA Score [Score C + Activity Score]		L 2 2 R

V1.1 5/4/01 © 2001 Thomas E. Bernard

REBA

Rapid Entire Body Assessment (REBA)

Date: / /

Task Thule HangOn - Tilt	Analyst
---------------------------------	---------

Group A			Group B		
Posture/Range	Score	Total	Posture/Range	Score	Total: Left and Right
Trunk		4	Upper Arms (Shoulders)		L 1 3 R
Upright	1	If back is twisted or tilted to side: +1	Flexion: 0-20° Extension: 0-20°	1	Arm Abducted / Rotated: +1 Shoulder Raised: +1 Arm Supported: -1
Flexion: 0-20° Extension: 0-20°	2		Flexion: 20-45° Extension: >20°	2	
Flexion: 20-60° Extension: >20°	3		Flexion: 45-90°	3	
Flexion: >60°	4		Flexion: >90°	4	
Neck		2	Lower Arms (Elbows)		L 2 1 R
Flexion: 0-20°	1	If neck is twisted or tilted to side: +1	Flexion: 60-100°	1	No Adjustments
Flexion: >20° Extension: >20°	2		Flexion: <60° Flexion: >100°	2	
Legs		1	Wrists		L 1 1 R
Bilateral Wt Bearing; Walk; Sit	1	Knee(s) Flexion 30-60°: +1 Knee(s) Flexion >60°: +2	Flexion: 0-15° Extension: 0-15°	1	Wrist Deviated / Twisted: +1
Unilateral Wt Bearing; Unstable	2		Flexion: >15° Extension: >15°	2	
Score from Table A		5	Score from Table B		L 1 3 R
Load / Force		0	Coupling		L 1 1 R
< 5 kg < 11 lb	0	Shock or Rapid Buildup: +1	Good	0	No Adjustments
5 - 10 kg 11 - 22 lb	1		Fair	1	
> 10 kg > 22 lb	2		Poor	2	
Score A [Table A + Load/Force Score]			5	Unacceptable	
Activity		0	Score B [Table B + Coupling Score]		L 2 4 R
One or more body parts are static for longer than 1 minute	+1	Score C (from Table C)		L 4 5 R	
Repeat small range motions, more than 4 per minute	+1	Activity Score		L 0 0 R	
Rapid large changes in posture or unstable base	+1	REBA Score [Score C + Activity Score]		L 5 5 R	

V1.1 5/4/01 © 2001 Thomas E. Bernard

REBA

Rapid Entire Body Assessment (REBA)

Date: / /

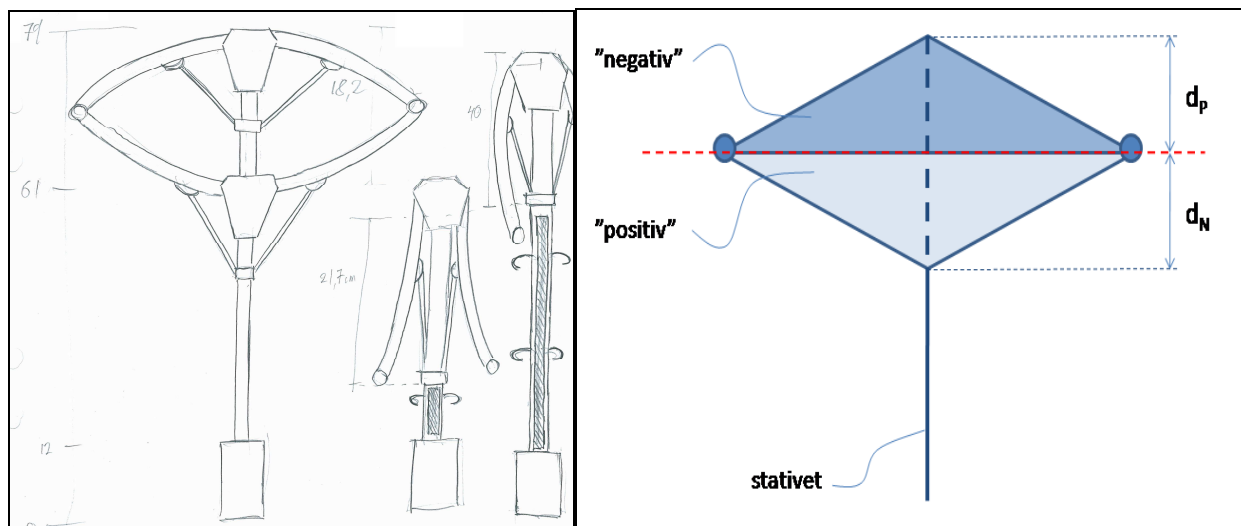
Task Nytt koncept - Tilt	Analyst
---------------------------------	---------

Group A			Group B		
Posture/Range	Score	Total	Posture/Range	Score	Total: Left and Right
Trunk		1	Upper Arms (Shoulders)		L 1 1 R
Upright	1	If back is twisted or tilted to side: +1	Flexion: 0-20° Extension: 0-20°	1	Arm Abducted / Rotated: +1 Shoulder Raised: +1 Arm Supported: -1
Flexion: 0-20° Extension: 0-20°	2		Flexion: 20-45° Extension: >20°	2	
Flexion: 20-60° Extension: >20°	3		Flexion: 45-90°	3	
Flexion: >60°	4		Flexion: >90°	4	
Neck		1	Lower Arms (Elbows)		L 1 1 R
Flexion: 0-20°	1	If neck is twisted or tilted to side: +1	Flexion: 60-100°	1	No Adjustments
Flexion: >20° Extension: >20°	2		Flexion: <60° Flexion: >100°	2	
Legs		1	Wrists		L 1 1 R
Bilateral Wt Bearing; Walk; Sit	1	Knee(s) Flexion 30-60°: +1 Knee(s) Flexion >60°: +2	Flexion: 0-15° Extension: 0-15°	1	Wrist Deviated / Twisted: +1
Unilateral Wt Bearing; Unstable	2		Flexion: >15° Extension: >15°	2	
Score from Table A		1	Score from Table B		L 1 1 R
Load / Force		0	Coupling		L 0 0 R
< 5 kg < 11 lb	0	Shock or Rapid Buildup: +1	Good	0	No Adjustments
5 - 10 kg 11 - 22 lb	1		Fair	1	
> 10 kg > 22 lb	2		Poor	2	
Score A [Table A + Load/Force Score]			1	Unacceptable	
Activity		0	Score B [Table B + Coupling Score]		L 1 1 R
One or more body parts are static for longer than 1 minute	+1	Score C (from Table C)		L 1 1 R	
Repeat small range motions, more than 4 per minute	+1	Activity Score		L 0 0 R	
Rapid large changes in posture or unstable base	+1	REBA Score [Score C + Activity Score]		L 1 1 R	

V1.1 5/4/01 © 2001 Thomas E. Bernard

Bilaga 17

Frågeställningen "Vad händer om man vänder bågen upp-och-ned?" mynnade ut i en undersökning kring vad en sådan konstruktionsändring praktiskt skulle innebära. Initialt kunde man förutspå att konstruktionen kunde bli lägre, men hur mycket lägre? Och vad skulle en sådan förändring innebära mer?



Figur 55. Jämförelse mellan två alternativa böjar på bågen. Övre triangeln representerar den ursprungliga böjen, "negativ". Nedre representerar den upp-och-ned-vända, "positiv".

Om man tittar på den illustrerande bilden ovan ser man att man får en vinst i höjd om man väljer den positiva konstruktionen:

$$\text{Vinst i höjd} = (d_p + d_N)$$

Och för att få nå samma utgångsläge i bågändarna (dvs. höjd över marken) så ger det att:

$$d_p = d_N = d$$

Med $d = 9$ cm så får man att den totala höjdvinsten är 18 cm om man väjer att vända bågen upp-och-ned (positiv böjning).

Minskar man höjden så innebär detta även att stativet minskas lika mycket. Detta innebär i sin tur att det blir en minskad funktionell yta på stativet, en yta som är tänkt att utnyttjas till att dämpa/skydda monterade cyklar då denna yta mot cyklarna är gummibelagd. På sidan av stativet sitter även de utdragbara stropparna med krok (se Figur 24) där dessa funktioner ingår i skissen.

Problematik kan uppstå när produkten fälls ihop för förvaring; stagen + positioneringsringen förs då nedåt längs med stativet och riskerar att hamna i konflikt med ovan nämnda funktioner. Att minska

denna yta är därför inte något helt självklart att man vill göra då det begränsar ovan nämna funktioner.

Skillnaden blir alltså totalt sett minst 18 cm mindre funktionell yta. I jämförelse mellan dessa två alternativ så ansågs det att den upp-och-nedvända (positiv böjning) konstruktionen hade en alldeles för liten återstående funktionell yta.

Undersökningen resulterade då i att den ursprungliga utformningen valdes, det vill säga att den ursprungliga (negativa) böjningen valdes.