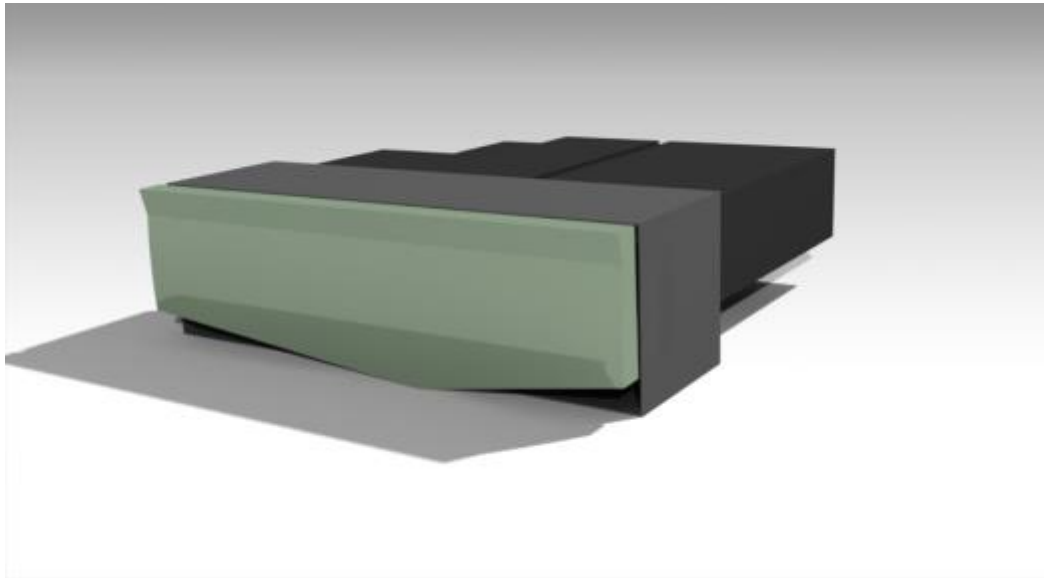


CHALMERS



Förbättring av tätningsförmågan på Second Storage Improvements upon sealability of Second Storage

*Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom
Maskiningenjörsprogrammet*

Jonas Hallgren
William Karlsson

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Avdelningen för Avancerad oförstörande provning
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sweden, 2017
Examinator: Håkan Wirdelius
Examensarbete No. 172/2017

FÖRORD

Detta examensarbete på 15 högskolepoäng har utförts hos ÅF AB på Lindholmen i Göteborg och är en del av det program vi studerar, maskinteknik (180hp) på Chalmers Tekniska Högskola.

Vi vill börja med att tacka David Johansson och handledaren Tomas Alexandersson på ÅF som har stött oss under projektets gång med feedback och vägledning.

Vi vill också tacka Håkan Wirdelius, vår handledare för detta examensarbete på Chalmers.

Det har varit en väldigt lärorik och inspirerande vårtermin med många givande diskussioner. Framför allt har vi utvecklat våra kunskaper om tätningar, de fysikaliska teorierna bakom och de praktiska strategierna i verkligheten.

Slutligen vill vi också tacka Peter Blomgren på ÅF och Friedrich Bosch på Volvo Cars som har engagerat sig i vårt projekt och aktivt stöttat oss med inspiration.

Göteborg 2017, Jonas Hallgren och William Karlsson

SAMMANFATTNING

Second Storage är ett yttre förvaringsutrymme på Volvos Lastvagn FH. Via ÅF har detta examensarbete utförts med syftet att lösa problemet med vatten som letat sig in i förvaringsutrymmet.

En fördjupning i hur statiska tätningar fungerar fysikaliskt analyserades som ett första steg i examensarbetet för att sätta sig in i ämnet. Sedan utfördes en benchmarking för att se hur Second Storage förhåller sig jämfört med liknande förvaringslösningar på långfärdslastbilar. En fältstudie utfördes även på Stigs Center där en djupare intervju utfördes med en användare och bilder på hur Second Storage ser ut i användning dokumenterades.

Sedan upprättades en kravspecifikation grundad i de krav och önskemål som Volvo hade satt upp och de som lyftes under användarintervjun.

Baserat på en genomförd brainstorming och två efterföljande workshops anordnade på ÅF, togs 44 koncept fram. Dessa ritades upp och kategoriserades beroende på vilken del av Second Storage som påverkades. Konceptet genom gick sedan en elimineringsmatris, morfologisk matris, Pughs urvalsmatris och Kesselrings matris. Slutligen fanns de två stycken snarlika koncept som hade fått nästan samma antal poäng i Kesselrings matris. Efter en diskussion, gjordes en kombination av de två koncepten, för att framhäva vardera konceptets starkare sidor.

För att ge en tydligare bild av hur Second Storage skulle se ut efter att det vinnande konceptet hade implementerats, presenteras en CAD-modell av förslaget baserat på Catia V5.

SUMMARY

Second Storage is an external storage space on Volvo Trucks FH. Through ÅF, this thesis work has been carried out with the purpose of solving the problem of water leakage in the storage space.

A study on how static seals work was done early in the project to get informed about the subject. A benchmarking was executed in order to see how Second Storage compares to similar storage solutions on long-haul trucks. A field study was also conducted at Stig's Center where a deeper interview was conducted with a trucker and images of how Second Storage appears in use were documented.

Then a requirement specification was established based on the requirements and wishes that Volvo had set up and those lifted during user interviews.

Brainstorming and two workshops were organized at ÅF and resulted in 44 concepts. These were drafted and categorized depending on what part of Second Storage it was affecting. The concept then underwent an elimination matrix, morphological matrix, Pugh matrix and Kesselring matrix. Finally, there were two very similar concepts that came out on top with almost the same number of points in the Kesselring matrix. After a discussion, a combination of the two concepts was made to highlight each of the stronger parts of each concept.

To give a clear picture of how Second Storage would look after the winning concept had been implemented, a CAD model was made in Catia V5.

Innehållsförteckning

BETECKNINGAR	1
1. INLEDNING	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Precisering av frågeställningen	3
2. TEORETISK REFERENSRAM	4
2.1 Allmänt om tätningar	4
2.2 Nuvarande Second Storage	5
2.3 Brister med nuvarande Second Storage	6
3. METOD	7
3.1 Litteratursökning	7
3.2 Benchmarking	7
3.3 Marknadsundersökning	7
3.4 Kravspecifikation	7
3.5 Idégenerering/Workshop	8
3.6 Elimineringsmatris	8
3.7 Morfologisk matris	9
3.8 Pughs matris	9
3.9 Kesselrings metod	9
3.10 Reduce/Refine-analys	9
4. FÖRSTUDIER	10
4.1 Benchmarking	10
4.1.1 Lastbilsrelaterade lösningar	10
4.1.2 Alternativa lösningar	12
4.2 Marknadsundersökning	15
5. KRAVSPECIFIKATION	17
6. KONCEPTGENERERING	19
6.1 Idegenerering/workshop	19
6.2 Idéskisser	20
6.3 Elimineringsmatris	22
6.4 Morfologisk matris	22
7. UTVÄRDERING AV KONCEPT	24
7.1 Pughs urvalsmatris	24

7.2 Kesselrings matris	25
7.3 Reduce/Refine-analys.....	26
8. VINNANDE KONCEPTET	27
8.1 Flera fästpunkter	27
8.2 Armerad lucka	28
8.3 Liten kant	28
8.4 Tätning.....	29
8.5 Integrerat skydd	30
9. SLUTSATS	31
REFERENSER	32
Bilaga 1: Kravspecifikation.....	33
Bilaga 2: Dellösningar	34
Bilaga 3: Elimineringsmatris	46

BETECKNINGAR

CAD – Computer Aid Design

TR – Technical Requirement

1. INLEDNING

I det här kapitlet redovisas inledande delar till projektet. Detta innefattar bakgrund, syfte, avgränsningar, samt precisering av frågeställning.

1.1 Bakgrund

Under de senaste åren har fokus hos Volvo AB främst legat på kvalité, för att på så sätt ta en större del av premiumsegmentet på marknaden. Anledningen är att konkurrensen från Asien har pressat vinstmarginalerna i budgetsegmentet och därför är det viktigt att ständigt förbättra och utveckla produkter för att behålla marknadsposition och få ett jämnt inflöde av inkomster. (1)

Second Storage är ett avlångt förvaringsutrymme som går att bygga in på vardera sida av förarhytten på Volvo Lastvagn FH. Second Storage består av två utrymmen som öppnas av samma lucka. Luckan består av en platta som pressas horisontellt mot en tjock gummilist. När luckan öppnas med en knapp vid nedre kanten på dörren så faller den ut ungefär 90 grader och plattan bildar en mindre avlastningsyta som stöds upp av två diagonala stålstänger. I Second Storage förvaras primärt verktyg för lastbilen som chauffören vill ha enkelt tillgängligt.

ÅFs hyttsatellit på Lindholmen, som bland annat jobbar mot Volvo Trucks, har länge arbetat med att försöka förbättra Second Storage. Begränsningarna på utrymme och utformning har gjort det svårt att generera lösningar på vattenläckaget och projektet har stagnerat. Därför har ÅF ett behov att ta fram nya koncept och att hitta nya vägar att utveckla Second Storage vidare.

1.2 Syfte

Uppdraget är att utveckla nya innovativa koncept till Second Storage som klarar av att hålla tätt mot vatten under mer utsatta förhållanden, såsom regn och vått väglag. Koncepten ska sedan ställas emot varandra och den bäst lämpade lösningen som har tagits fram genom beslutsmatriser presenteras i form av en CAD-modell.

1.3 Avgränsningar

Projektet kommer inte ta hänsyn till geometriska begränsningar, det kommer att utgå från de existerande måtten på Second Storage men kringliggande detaljer på lastbilen kommer inte beaktas. Låsmekanismen som finns på Second Storage kommer inte heller att behandlas. Ekonomiska aspekter kommer endast göras i grova drag för att underlätta urvalsmetoderna. Inga fysiska prototyper kommer tas fram, och inte heller kommer materialval eller miljöanalyser att genomföras. Rapporten gör ingen helhetsanalys av Second Storage då det kommer bli för komplext att i teoretiskt undersöka hur dellösningarna samverkar med varandra i det slutliga konceptet. Inga ergonomianalyser kommer genomföras.

1.4 Precisering av frågeställningen

I rapporten har ett antal frågorna sammanställt i punktform. Frågorna är som hjälp för att processen i arbete skall kunna gå vidare. De grundas på syftet med examensarbetet, 1.2 Syfte, samt delmål som skall uppnås under arbetets gång. Vid ett färdiggjort examensarbete skall följande frågor kunna besvaras:

- Vad gör att dagens lösning inte är helt tät?
- Hur påverkas den tätande funktionen av gummilisten utformning?
- Vilka alternativa lösningar finns det på marknaden idag?
- Hur kan förvaringsboxen designas så att läckage minimeras?

2. TEORETISK REFERENS RAM

I kapitlet 2.1 *Teoretisk referensram* beskrivs dels allmän teori om tätningar, och dels information om nuvarande Second Storage. Syftet med detta är att få förståelse för bakomliggande teori till projektet, samt att ge författarna en bra grund att stå på inför projektets början. Det ger även bra information om hur produkten ser ut idag och vad som skall utvecklas eller undersökas.

2.1 Allmänt om tätningar

Tätningar är ett maskinelement med huvuduppgift att förhindra medietransport in/ut i känsliga områden. Läckaget beror oftast på att det uppstår tryckdifferenser mellan två sidor av ett barriärområde. Mediet som då kommer från det högre trycket vill tränga sig igenom till det lägre trycket för att få jämvikt i systemet.

Tätningar kan beskrivas utifrån tre grunder: *Kinematiska*, *Geometriska* och *Funktionssätt*. *Kinematiska* indelningsgrunder är statiska och dynamiska. De *Geometriska* indelningsgrunderna består av plan-, rotationssymmetriska- och oregelbundna tätningar. *Funktionssätt* omfattar berörande tätningar samt beröringsfria tätningar. Second Storage tillhör berörande-, statiska tätningar och därför kommer endast dessa delar att beröras.

För att bedöma tätningens prestanda analyseras trycket som uppstår i mediet intill tätningen, samt kontaktzonen mellan tätningen och samverkande maskindel(ar). Har kontaktzonen ett högre tryck än vad själva medietrycket är (på båda sidorna om tätningen), så anses tätningen vara lämplig i sin tillämpning. Andra sätt att bedöma duglighet hos tätningar är:

- Tättningsförmåga (läckmängd/tidsenhet)
- Trycktålighet (Maximal tryckdifferens i mediet)
- Kemisk resistens
- Rörelsemotstånd (genomsnittligt samt differensen mellan start och stationär rörelse)
- Nöttningsbeständighet
- Inbyggnadsmått (Minimal inbyggnadsvolym)

Det finns ett antal orsakande faktorer som bidrar till läckage. Bland annat så är skadade tätningssytor en orsak. Det gör så att trycket i kontaktytan förändras och mediet har då lättare att rinna igenom. Även skador i maskindelnarna kan påverka dugligheten. Exempel kan vara bearbetningsrepor som bidrar till krypläckage, det vill säga mediet "kryper" via reporna då kontaktrycket har minskat just i dessa områden. Vibrationer är även ett problem som kan orsaka läckage. Det bildas då "mikrorörelser" i kontaktzonen, vilket gör att den statiska tätningen nu istället fungerar som en dynamisk tätning. (2)

2.2 Nuvarande Second Storage

Second Storage är ett extra förvaringsutrymme på Volvos lastbilar ur serien FH som kunder kan välja till vid beställning. Utrymmet består av två fack med olika storlek och form. Syftet med utrymmet är förvaring av verktyg, redskap och en specialdesignad vattentank. För placering av Second Storage, se Figur 2.1.



Figur 2.1. Second Storage's placering på Volvo Trucks FH-modeller.

Second Storage plastkropp är formsprutad i två stycken, en övre och en undre halva, se Figur 2.2. Delarna fästs sedan i varandra med skruvar på sidan och i utrymmet mellan de två facken. Två gummitätningar som strängsprutats limmas på kanten till respektive öppning för varje fack.



Figur 2.2. Prototyp av Second Storage.

Luckan består av tre delar. Den yttersta aerodynamiska panelen, den inre plattan som lägger sig emot tätningen när luckan stängs samt en plastplatta mellan som båda delarna fäster mot.

Två gångjärn håller luckan på plats i vardera nedre hörnet och två stångar ger extra stabilitet. Den inre plattan har en markant skrovlig yta som bidrar till ökad friktion när den nedfällda luckan används som avlastningsyta

2.3 Brister med nuvarande Second Storage

Bristerna med Second Storage går att dela upp i två grupper, dels allmänna brister som uppkommer på alla exemplar under rätt förhållanden och dels mer sällsynta brister som uppkommer på grund av kvalitetsvariation i tillverkningen.

De allmänna bristerna gestaltas väl i Figur 2.3 och består av att smuts och vatten skvätter upp från däck. Detta samlas runt om tätningen och på luckans nedre del. Det är krångligt att rengöra och det sprider sig gärna till det som förvaras i utrymmet eller på luckan. Det bör också noteras i Figur 3 att luckans trycker upp lera på tätningen och in i utrymmet när den öppnas. Detta blir sedan till sandkorn när lera torkar som lägger sig mellan tätningen och luckan vilket i längden försämrar tätningsförmågan. En mindre vanlig allmän brist som har noterats på prototypen är en utböjning av luckan i de övre kanterna samt i den nedre mitten. Detta beror troligen på de tre fästpunkternas placering. Utböjningen är direkt kopplad till fördelningen av kraften över tätningen. Istället för att kraften ger en jämn fördelning av trycket över tätningen så blir den till en elastisk deformation i luckan. Detta är tydligt kopplat till läckage och bedöms vara en bidragande faktor. Värt att understryka är prototypen inte hade ytterpanelerna monterade, vilket kan ha en bidragande effekt på utböjningen.

De sällsynta bristerna bedöms komma från brister i kvalitén hos själva gummitätningen samt monteringen av denna, vilket leder till att den förslutande kraften försämrats och lättar övervinns av vatten och smuts. Detta resulterar dock endast i några enstaka vattendroppar i öppningen som försämrar premiumkänslan.



Figur 2.3. Smuts som har lagts sig på locket och kring tätningen efter användning av Second Storage.

3. METOD

I detta kapitel beskrivs alla metoder som har genomförts under arbetets gång.

3.1 Litteratursökning

En litteratursökning genomfördes via Chalmers biblioteks patentdatabas, ÅFs interna databas och databasen "google.se". Ett liknande exjobb som hade gjorts på låsmekanismen och en hel del information om Second Storage hittades. Bland annat tester av tätningen, som finns befintliga i ÅFs interna databas, beskrev om vilka omständigheter som Second Storage läckte in vatten och vilka krav som Volvo vill att den ska uppfylla. Kunskaper från kurser i mekanik, termodynamik och materialteknik i kombination med kapitlet om tätningar i *Lärobok i maskinelement* (2) låg till grund för förståelsen av hur tätningar fungerar.

3.2 Benchmarking

Benchmarking är en metod för att analysera marknaden för en utvald produkt. Information om konkurrerande produkter hämtas in och jämförs med den utvalda produkten. Detta görs utifrån ett par förutbestämda parametrar som man tror kunden tar hänsyn till vid köpet. Oftast har det att göra med prestanda och pris, vilket har den mest direkta ekonomiska kopplingen. Men även ergonomi, säkerhet och estetik kan användas, även om det är mycket svårare att objektivt mäta.

Benchmarkingen i det här projektet har delats upp i två delar. En där utvändiga förvaringsutrymmen på lastbilar har jämförts för att ge en bild av hur tätningen och tillgängligheten ser ut i jämförelse med konkurrenterna. Men även en där tätningar ses ur ett större perspektiv, för att på så sätt få in lösningar som används utanför lastbilsbranschen. Tätningar som tas upp här kommer ifrån genuina vardagsobservationer och diskussioner, deras applicerbarhet analyseras inte förrän efter benchmarkingen har gjorts.

3.3 Marknadsundersökning

För att få en bild av hur Second Storage används och ser ut när den är i tjänst så gjordes en resa till Stigs Center. Stig Center är ett Truckstop strax norr om Göteborg precis intill E6:an där lastbilschaufförer stannar för att äta och övernatta. Efter att ha promenerat några varv runt parkeringen hittades en chaufför med Volvo FH och Second Storage installerat. Han besvarade våra intervjufrågor, förklarade hur han använde utrymmet och deltog i en diskussion om hur den skulle kunna förbättras. Mötet var mycket givande då det gav ett tydligt användarperspektiv som inte hade gått att få fram ur de övriga förstudierna.

Via ÅF erhöles även en enkätundersökning som utförts i facebook-gruppen "Truckers Paradise". Enkätundersökningen var gjord med fokus på låsmekanismen hos Second Storage, men innehållet var till stor del även relevant för en omkonstruktion av tätningen. Enkätundersökningen gav stöd åt det som kom fram ur intervjun vid Stigs Center.

3.4 Kravspecifikation

I kravspecifikationen samlades alla de krav och önskemål som respektive intressent ställer på Second Storage. Dessa sammanställs under de fem övergripande rubrikerna *Vatten/smuts*, *Geometri*, *Ekonomi*, *Hållfasthet* och *Användaren*. Detta ger ett övergripande perspektiv över ramarna för projektet. Det ger också en bra grund till uppbyggnaden av urvalsmatriserna som genomfördes senare i projektet, och säkrar därigenom urvalsmatrisernas koppling till intressenterna.

De krav och önskemål under vatten/smuts hämtades ur anteckningar från uppstartsmötet då projektet definierades. Hållfasthetskraven kommer ifrån TR som är ett dokument med fastställda krav på Second Storage från Volvo Trucks. Punkterna under användare kom till största delen från intervjun och marknadsundersökningen. Resten av kravspecifikationen togs fram under diskussioner och är subjektiva uppskattning.

Viktningen på önskemålen togs fram med en viktbestämningsmatris. I matrisen vägs önskemålen emot varandra. Bedöms det ena önskemålet viktigare än det andra så får det ett poäng och det andra noll poäng. Är de båda lika mycket värda för projektet så får vardera ett halvt poäng. Poängen för varje önskemål summeras sedan och summan divideras med totalt antal poäng i matrisen. På så sätt fås ett procentuellt värde på hur viktigt varje önskemål är.

Vidare upprättas ekvation nedan för att generera en viktning. Där är q_i är önskemålet procentuella värde, q_{max} är det största procentvärdet och w_{max} är det största viktningsvärdet på den skala som väljs. (3)

$$w_i = (q_i / q_{max}) * w_{max}$$

3.5 Idégenerering/Workshop.

Idégenereringen började med brainstorming, som är ett sätt att ta fram nya kreativa och utvecklande idéer. Syftet är att var och en i gruppen skall få chansen att bidra med tankar kring olika lösningar till problemet. Ingen lösning är bättre än den andra i det här stadiet av utvecklingsprocessen, och det är viktigt att framhäva alla olika sorters lösningar.

För att få ett bredare perspektiv på lösningar så anordnades en workshop där ett antal personer som har olika kopplingar till projektet samlades för att diskutera kring problemet och lösningar. Det är viktigt att erhålla många olika aspekter och därför välja personer som är duktiga inom en specifik del av projektet, men att de nödvändigtvis inte är inom samma problemområde.

3.6 Elimineringsmatris

Elimineringsmatrisen är det första steget i utvärderingsprocessen och har i syfte att eliminera dåliga lösningar som inte uppfyller fem kriterier som ställs på lösningarna. Dessa kriterier säger att lösningarna skall:

- lösa huvudproblemet
- uppfylla alla krav i kravspecifikationen
- vara realiserbar
- vara inom kostnadsramen
- passa företaget.

I bedömningen sätts ett “+” för de lösningar som uppfyller kriteriet, och ett “-” för kriterier som inte gör det. Behöver lösningen undersökas mer sätts ett “?”, och det betyder att mer information krävs för att kunna utvärdera den. Beslut om vilka lösningar som går vidare till nästa steg i processen beror på utfallet av tecken. De lösningar som består av endast “+” går vidare, och det gäller även lösningar med ett enstaka “?”. Innehåller någon lösning ett eller fler “-” blir beslutet att inte gå vidare med lösningen. (3)

3.7 Morfologisk matris

Morfologisk matris är det andra steget i utvärderingsprocessen. Metoden går ut på att skapa fullständiga koncept av de dellösningar som tagits fram tidigare under projektet. Till att börja med delas alla lösningsalternativ upp i kategorier, som sedan skrivs in i en kolumn av matrisen. Dellösningar som tillhör samma slags kategori förs in i matrisen på motsvarande kategoris rad. För att skapa fullständiga koncept så dras polygoner genom matrisen, och där är det förbjudet att plocka mer än en lösning från varje kategori. Varje koncept skall innefatta lösningar från alla kategorier. (3)

3.8 Pughs matris

Pughs matris är en systematisk metod för att urskilja vilket koncept som är bättre än de andra koncepten som har tagits fram. Här jämförs koncepten utifrån olika kriterier som är viktiga för projektet. Dessa kriterier diskuteras innan Pughs matris skall tas fram, och de baseras på de krav eller önskemål som ställs på produkten. De koncept som har tagits fram jämförs mot en referensprodukt som vanligtvis är en liknande produkt till de koncepten som skall tas fram. I det här projektet används den nuvarande Second Storage-boxen som referensprodukt. I matrisen sätts ett "+" för de koncept som uppskattas vara bättre än referens produkten, och "-" för de som uppskattas vara sämre. Ett "s" sätts om konceptet och referensprodukten uppskattas ligga på samma nivå. För att sedan bestämma vilket som blir det vinnande konceptet summerar man antalet "+" och subtraherar det med summan av antalet "-". De fem koncepten som får högst nettovärde går vidare till Kesselrings metod. (3)

3.9 Kesselrings metod

Kesselrings matris är en kriterieviktmetod, det vill säga en utvärderingsmetod, där önskemål som ställs på produkten jämförs mellan olika koncept och en ideallösning. Det är ett sätt att framhäva de koncept som uppfyller önskemål med en högre viktning i kravspecifikationen.

Utförandet går till på så sätt att de viktade värdena för önskemål skrivs i w-kolumnen. Efter det skapas ett ideal, där varje kriterium är maximalt viktad på en skala 1-5, och 5 är högst. Därmed fylls hela v-kolumnen för idealet med viktningen 5. Ta sedan v-kolumnen multiplicerat med w-kolumnen för att få ett meritvärde (t) för idealet. På samma sätt görs detta även för alla koncept som har tagits fram. Skillnaden är att v-kolumnen för dessa nödvändigtvis inte behöver vara maximalt viktad, utan det är utföraren som uppskattar hur väl det konceptet klarar av det önskemålet. (3)

Viktningen skall helst hållas så objektiv som möjligt, men vid bristande tester eller information kan även subjektiva sådana göras.

3.10 Reduce/Refine-analys

Under arbetets gång beslutades det att genomföra ytterligare en analys, "Reduce/Refine"-analys, för att ta fram ett optimalt koncept. Metoden bygger på att reducera konceptet från svaga dellösningar, och istället förstärka med starkare dellösningar.

Med den här metoden analyseras de två starkaste koncepten som vann efter genomförandet av Kesselrings matris. Detta medför att vardera konceptets starka sidor framhävs och kan kombineras till ett vinnande koncept.

4. FÖRSTUDIER

Här redovisas resultatet från den första delen av projektet som har gjorts. Förstudierna är en del av förarbetet som ger grunden till senare delar i arbetet som skall genomföras. 4.

Förstudier behandlar bland annat benchmarking, marknadsundersökning, samt litteratursökning. Resultatet för den sista delen, litteratursökning, ligger under 2. *Teoretisk referensram*.

4.1 Benchmarking

Kapitlet 4.1 *Benchmarking* delas upp i två underrubriker där 4.1.1 *Lastbilsrelaterade lösningar* behandlar nuvarande lösningar som existerar på lastbilar, medan i 4.1.2 *Alternativa lösningar* berör lösningar som finns inom andra branscher, till exempel tvättmaskiner.

4.1.1 Lastbilsrelaterade lösningar

Volvo FM First Storage:

Luckan fälls uppåt med hjälp av två gångjärn monterade på insidan av tätningarna och hålls på plats av två gastrycksfjädrar. Luckan agerar som ett tak för användaren när användaren står framför utrymmet. Utrymmet är enkelt att komma åt utan några uppenbara samlingsplatser för smuts. En lampa är placerad längst in på vissa modeller och ger välbehövligt ljus i det mörka utrymmet. Tätningen är monterad i öppningen och är utformad med en skarp kant utåt. För Volvo FM First Storage, se Figur 4.1.



Figur 4.1. First Storage som finns tillgänglig på Volvo Trucks FM-modeller.

Renault First Storage:

Luckan fälls uppåt med hjälp av två gångjärn monterade på utsidan av tätningarna och hålls på plats av en gastrycksfjädrar. Luckan agerar som ett tak för användaren när hen står framför utrymmet. Utrymmet är enkelt att komma åt utan några uppenbara samlingsplatser för smuts. En lampa är placerad längst in på vissa modeller och ger välbehövligt ljus i det mörka utrymmet. Tätningen är förhållandevis bred och töjs ut av den utbuktande luckan likt ett gummibands diameter kan töjas. För Renault First Storage, se Figur 4.2.



Figur 4.2. First Storage som finns befintlig på Renaults lastbilar.

Renault Second Storage:

Utrymmet är valbart och sitter strax under First Storage. Luckan fälls uppåt med hjälp av två gångjärn monterade på utsidan av tätningarna och hålls på plats av en utfällbar stålstång. Luckan hamnar ungefär i höjd med naveln. För att komma åt utrymmet behöver användaren böja sig under luckan. Utrymmet är mörkt och på grund av öppningen utformning bildas en flaskhals där smuts kan samlas. Tätningen är förhållandevis hög och utrustad med en skarp kant på utsidan. Tätningen matchar dessutom ett spår runt öppningen, vilket underlättar för vattnet att rinna bort från tätningen. För Renault Second Storage, se Figur 4.3.



Figur 4.3. Renaults motsvarighet till Volvo Trucks Second Storage.

Volvo FH First Storage:

Luckan fälls uppåt med hjälp av två gångjärn monterade på insidan av tätningarna och hålls på plats av två gastrycksfjädrar. Luckan agerar som ett tak för användaren när hen står framför utrymmet. Utrymmet är enkelt att komma åt utan några uppenbara samlingsplatser för smuts. Tätningen är monterad i öppningen och är utformad med en skarp kant utåt. För Volvo FH First Storage, se Figur 4.4.



Figur 4.4. First Storage som sitter på Volvo Trucks FH-modeller. På bilden visas även Second Storage.

4.1.2 Alternativa lösningar

För att bredda perspektivet och få en mer innovativ konceptgenerering så lyftes lösningar på tätningsproblem från andra produkter.

Husvagnsbox

En förvaringslåda, se Figur 4.5, i ABS-plast som rymmer 320 liter och kan monteras utanpå en husvagn/husbil med botten mot bilkroppen. Förvaringslådan öppnas vertikalt uppåt och hålls på plats en gastrycksfjäder. Ett nät som täcker den undre tredjedelen av öppningen ser till att innehållet inte ramlar ut när lådan öppnas. Längs kanten mellan lådan och locket så ligger en smal gummlist som agerar som tätning. En plastkant från locket ner över själva glipan med listen, cirka 5 cm, vilket tvingar vattnet att rinna uppåt för att ta sig till tätningen.



Figur 4.5. Förvaringsbox för husvagnar (4).

Burk med lock (syltburk)

Övre delen av burken består av ett glaslock som är sparat för att en gummitätning, samt en rundad aluminiumstång skall passa in. Tillsammans pressar det mot burkens undre del som består av glas. Tätningen består av en gummiring som omsluter glaslocket och lägger sig mellan locket och burken. Glaslockets underkant samt undre delen av glasburken är formad efter gummiflärpens beteende när de båda delarna pressas mot varandra. Aluminiumet är utformat som ett lås för burken, samt som gångjärn på motsvarande sida av burken. Detta medför ett jämnt fördelat tryck mellan lock och burk. Tillsammans medför dessa mekanismer en maximal tätning på burken. För syltburken, se Figur 4.6.



Figur 4.6. Syltburk (5).

Burk med lock (Matlåda)

Matlådan består av två delar, en glasbotten och ett plastlock med klamrar och gummitätning, se Figur 4.7. Klamrarna är fördelade så att vid omslutning så uppnås maximal tätning. För att klamrarna skall kunna fästas på bottendelen så är glasburken utformade med en tjockare kant längst upp på burkens sida.



Figur 4.7. Matlåda (6).

Tvättmaskin

En cirkulär dörr som öppnas horisontellt med en tjock gummiring monterad på locket. Om ett snitt av gummiringen betraktas så syns en flärp, en dal och tjock gummivägg som ligger emot luckan. När dörren stängs pressas flärpen in över dalen och emot väggen, det vatten som pressas förbi den spända flärpen rinner då ner i dalen som agerar som en kanal genom att leda tillbaka vattnet in i tvättutrymmet. För tvättmaskinen, se Figur 4.8.



Figur 4.8. Tvättmaskin.

SKB 3I-2918-10

Amerikanska SKBs väskor är gjorda för att klara vatten, smuts och damm. Rekommenderade användningsområden är förvaring och transport av kamera, elektronik och verktyg. Lådan är gjord i polypropylene och är utrustad med gångjärn av rostfritt stål. Lådan stängs med åtta klamrar, tre på vardera långsida och en på vardera kortsida, vilket ger ett fördelat tryck över hela tätningen. Lådan är konstruerad med en gummitätning i locket samt kanter som täcker för både på in- och utsidan. Lådan är även utrustad med en backventil för automatisk tryckutjämning. För förvaringsväskan, se Figur 4.9.



Figur 4.9. SKB 3I-2918-10 (7).

4.2 Marknadsundersökning

Projektets marknadsundersökning har bestått av ett studiebesök vid Stigs Center och analys av liknande förvaringslösningar hos konkurrenter. Via kontakter på ÅF har även tidigare marknadsundersökningar på Second Storage analyserats.

Vid studiebesöket på Stigs Center, gjordes en djupare intervju med en lastbilschaufför med Volvo FH där Second Storage är installerat på vänster sida. Lastbilen används för att forsla bort lera och grus från ett infrastrukturprojekt i Göteborg. Lastbilen kördes på asfalt och lerigt underlag. Vid undersökning av Second Storage noterades att en stor mängd lera hade skvätt upp från däck, se Figur 4.10. Leran låg runt omkring tätningens underkant och på lockets nedre del. Den pressades in i utrymmet då luckan öppnades. Även en stor mängd finkornig sand noterades i båda förvaringsutrymmet på Second Storage. Detta bedömdes troligen vara lera som torkat.



Figur 4.10. Illustration som visar hålrummen under Second Storage. Här Skvätter det bland annat smuts och vatten upp, som lägger sig på locket och kring tätningen.

Lastbilschauffören berättade att han sällan förvarade annat än silvertejp och handskar i utrymmet då det är så smutsigt i utrymmet.

Analysen av konkurrenters lösningar gjordes hos Volvo Lastvagnars huvudkontor. Där studerades och dokumenterades med bild hur liknande förvaringsutrymme såg ut på bland annat Renault och Volvos andra lastbilsmodeller.

Både studiebesöket och analysen av liknande lösningar utgjorde en bra grund när kravspecifikationen sattes upp. De har bidragit till många av de önskemål som finns under rubriken *Användare*.

5. KRAVSPECIFIKATION

Efter att ha sammanställt information från förstudien har ett antal krav och önskemål tagits fram, se Bilaga 1 för kompletta kravspecifikationen. I detta kapitel förklaras kraven och önskemålen efter de övergripande rubrikerna *Vatten/smuts*, *Geometri*, *Ekonomi*, *Hållfasthet* och *Användaren*.

Vatten/smuts

Vatten/smuts innefattar huvudsyftet för det här projektet, det vill säga öka tätningsförmågan. Detta handlar om både ovanifrån, men även underifrån i form av smuts eller vatten som stänker upp via hjulhuset. Boxen skall även konstrueras så att den skyddar låsmekanismen från dessa medier.

Geometri

Den här rubriken syftar på boxens placering och påverkan på närliggande delar i lastbilen och inne i boxen. Konstruktionen av boxen skall alltså inte påverka den inre volymen, men samtidigt får boxen inte bli för stor så att omkringliggande delar tvingas omkonstrueras. Ett önskemål är även att konstruera boxen så att den är integrerad med karossen på lastbilen. Detta skulle medföra att smuts och vatten inte kan skvätta upp underifrån. Ett krav som ställs under Geometri är att boxen skall vara placerad på samma ställe som i nuläget. Detta för att minimera efterkonstruktion av omkringliggande delar i lastbilen.

Ekonomi

Att minska kostnaden på boxen, minska mängden material, och antalet detaljer är saker som tas hänsyn till under den här rubriken. Även att boxen skall vara enkel att montera är ett önskemål som bidrar till ekonomisk förbättring. Vikten på boxen är även viktig, då den påverkar lastbilens totala tyngd och bränsleförbrukning. Detta är möjligtvis försumbart, men att hålla boxen på samma vikt som innan eller att minska den är någonting som är önskvärt.

Hållfasthet

Dessa krav beskriver de förväntningar som ställs på locket och boxens hållfasthet. Både last- och temperaturkrav ställs. Även ett krav är att boxen inte få innehålla några ljudalstrande komponenter.

Användaren

Den här rubriken tar hänsyn till användaren. Ett av önskemålen som togs fram från förstudierna var att boxen skall behålla sin avlastningsyta. Det är även önskvärt att bibehålla en lätt konstruktion så att tillgängligheten och rengöringen av boxen är enkel. Kravet som ställs här är att locket skall stängas/öppnas med maximal kraft på 10N.

Viktningen för önskemålen bestämdes enligt tabell 1 och 2 nedan.

Tabell 1. Viktbestämningsmatris 1.

Kriterium	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	5.1	5.3	5.4	Sum	Sum/Tot
2.1 Inre geometri	x	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0,5	0	1	0,02
2.2 Yttre geometri	1	x	1	1	0,5	1	0,5	0,5	1	1	1	8,5	0,15
2.3 Slät övergång	0,5	0	x	1	1	1	0,5	1	0,5	0	0	5,5	0,10
3.1 Minska antal detaljer	1	0	0	x	0	0,5	0	0	0	0	0	1,5	0,03
3.2 Minska kostnaden	1	0,5	0	1	x	1	0,5	0,5	0	0	0	4,5	0,08
3.3 Minska mängden material	1	0	0	0,5	0	x	0	0	0	0	0	1,5	0,03
3.4 Enkel montering	1	0,5	0,5	1	0,5	1	x	1	0	0	0,5	6	0,11
3.5 Minska vikten	1	0,5	0	1	0,5	1	0	x	0	0	0	4	0,07
5.1 Avlastningsyta	1	0	0,5	1	1	1	1	1	x	1	1	8,5	0,15
5.3 Tillgänglighet	0,5	0	1	1	1	1	1	1	0	x	0	6,5	0,12
5.4 Enkel rengöring	1	0	1	1	1	1	0,5	1	0	1	x	7,5	0,14
												55	1,00

Tabell 2. Viktbestämningsmatris 2.

Yttre geometri	0,15	5
Avlastningsyta	0,15	5
Enkel rengöring	0,14	5
Tillgänglighet	0,12	4
Enkel montering	0,11	4
Slät övergång	0,1	3
Minska kostnaden	0,08	3
Minska vikten	0,07	2
Minska detaljer	0,03	1
Minska material	0,03	1
Inre geometri	0,02	1

6. KONCEPTGENERERING

I följande kapitel presenteras de resultat som berör framtagningen av koncept.

6.1 Idegenerering/workshop

Två workshops hölls med totalt fem personer inbjudna för att ge ett bredare perspektiv och få en mer kreativ process. Tre av personerna har bakgrund från ÅF, varav en har ett flertal års erfarenhet av tätningar. En av deltagarna är en ingenjör med projektledarroll från Volvo. Sista personen är student på Chalmers med inriktning Datateknik. Workshopen började med en powerpointpresentation som introduktion till Second Storage och de problemet som tilldelats projektet. Detta ledde naturligt över till en analys och diskussion kring prioriteringar och orsak till läckage. Problemet kunde ganska snart delas upp i två delar, problem med vatten som tränger in ovanifrån, främst från regn och högtryckstvätt samt problem med lera som skvätter in underifrån.

Underifrån

Det rådde en bred enighet om att leran var det allvarligaste problemet. Främst för att det ger ett dåligt intryck på användaren då Second Storage öppnas, men också för att finkornig sand som bildas av leran som kan skada tätningar eller verktyg. Sand kunde även identifieras som en bidragande faktor till läckage tillsammans med de veck som uppstår i hörnorna där gummitätningen böjs.

Tre möjliga lösningar på detta problem togs upp under workshopen. Antingen kunde man placera en plastmatta mellan lucka och lådan över gångjärnen, montera en elastisk gummiskiva på lucka och lådan över gångjärnen eller en plastskena som sitter fäst i luckan och rör sig fritt under lådan. Gummiskivan bedömdes opraktisk då den skulle få förslitningsskador i materialet. Plastmattan bedömdes som en billig quickfix som kunde monteras på aktiva lastbilar under servicetillfällen, men var inte heller något långsiktigt. Plastskenan däremot kom att utvecklas vidare under diskussioner och gav upphov till en mängd koncept kring skydd i den morfologiska matrisen.

Ovanifrån

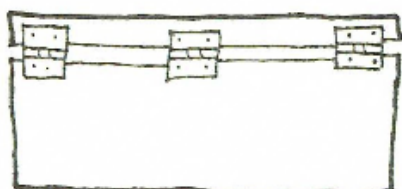
Vattenläckage från regn och högtryckstvätt bedöms kunna undvikas om det förhindrades att hamna mellan lucka och tätningen. En prototyp av Second Storage undersöktes och två möjliga lösningar började utkristallisera sig.

Den första lösningen grundade sig i att ändra tätningen från att täta vertikalt till att istället täta horisontellt. Problem med vatten som blir liggandes i springan mellan lucka och tätning kan då förhoppningsvis att undvikas. Tätningen kunde också läggas runt båda öppningarna istället för en på varje. Men för att ge vattnet möjlighet att rinna bort behövdes stuprör som konstrueras in i mellanpanelen. Detta skulle kunna stärka hållfasthetsegenskaperna hos luckan, vilket var gynnsamt även för tätningsförmågan.

Den andra lösningen visade sig bli mycket enklare att implementera. En liten utstickande kant på ungefär 5 till 10 mm utformades på luckans yttre sida av avlastningsytan. Även en liten lutning utifrån lastbilen skulle bidra till att vatten som annars skulle hamnat på tätningen istället sakta rann ut på ytterpanelen av luckans lock.

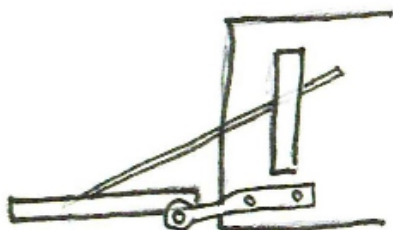
6.2 Idéskisser

Efter sammanställning av idégenereringen och workshopen så har 44 nya dellösningar tagits fram, utöver de fem som nuvarande Second Storage består utav. För att underlätta för rapporten så presenteras större delarna av dessa i Bilaga 2. Lösningar som visar sig ha en mer betydande roll för arbetet presenteras nedan.



Tre Gångjärn

För att fördela trycket jämnare utnyttjas ytterligare en fästpunkt på mitten av lockets undre sida. Detta stärker även upp locket ytterligare vid utfält läge.



Orginal Gångjärn

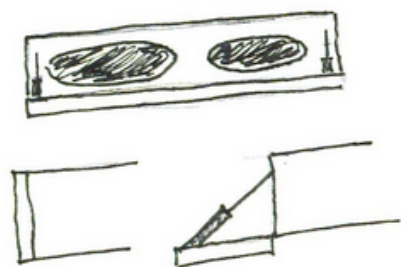
Orginal gångjärnet består av en formad stålplatta som sitter monterad på boxen, och en stålstång som sitter monterat parallellt med lockets underkant, och i locket. Dessa två delar utgör tillsammans ett gångjärn genom att stålplattans ögla sitter placerad runt stålstången.



Armerat Lock

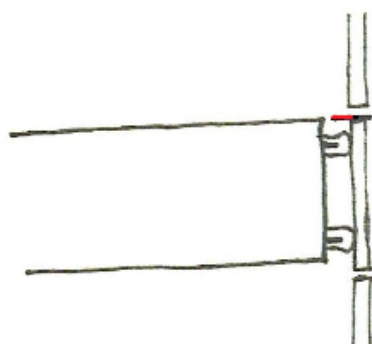
Genom att lägga in ett ramverk av stålpinor mellan den yttre och inre panelen av locket så görs locket styvare. De lokala minskningarna av spänning mellan lock och tätning som orsakar läckage minimeras när locket utböjning minskar och kraften från när låset spänns fördelas jämnare. Den exakta utformningen av ramverket kräver en femanalys av locket och en materialoptimering, bilden är endast ett exempel på utformning.





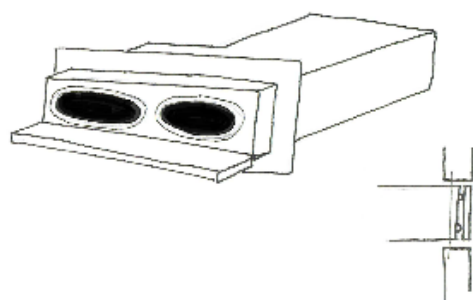
Gasstrycksfjäder

Gasfjädrar består av ett slutet utrymme fyllt med ett trögflytande medium med en vägg som delar upp utrymmet i två. Små hål möjliggör förflyttning av innehållet från ena utrymmet till andra när väggen flyttas. Väggen är kopplad till den smala axel som sticker ut. De trögflytande mediet bromsar på så sätt den smala axelens rörelse. Genom utformningen av gasfjädrarna kan man få den att eftersträva antingen fullt utfällt eller helt ihopfällt läge, vilket gör att gasfjädrarna både hjälper till att stänga och öppna luckan. Gasfjädrarna tillför extra kraft i områden där lokal spänningsminskning mellan tätning och lock är identifierat samtidigt som det stärker premiumkänslan.



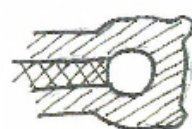
Liten kant

List gjort av plast som har i uppgift att leda bort vatten från tätningen. Den monteras på lockets översida.



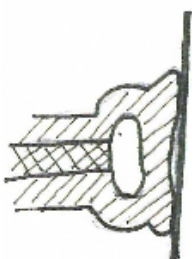
Integrerad kaross

Det är en platta som monteras runt boxen, och långt fram på den. Det är ett sätt att integrera boxen med karossen. Syftet är att motverka smuts och vatten att komma upp underifrån och upp till uppningarna.



Tätning katt

Gummitätning som är formad med två "öron". Vid stängd lucka trycks tätningen enligt den undre bilden, och gör att vattnet leds ner mot infästningen av gummitätningen.



6.3 Elimineringssmatris

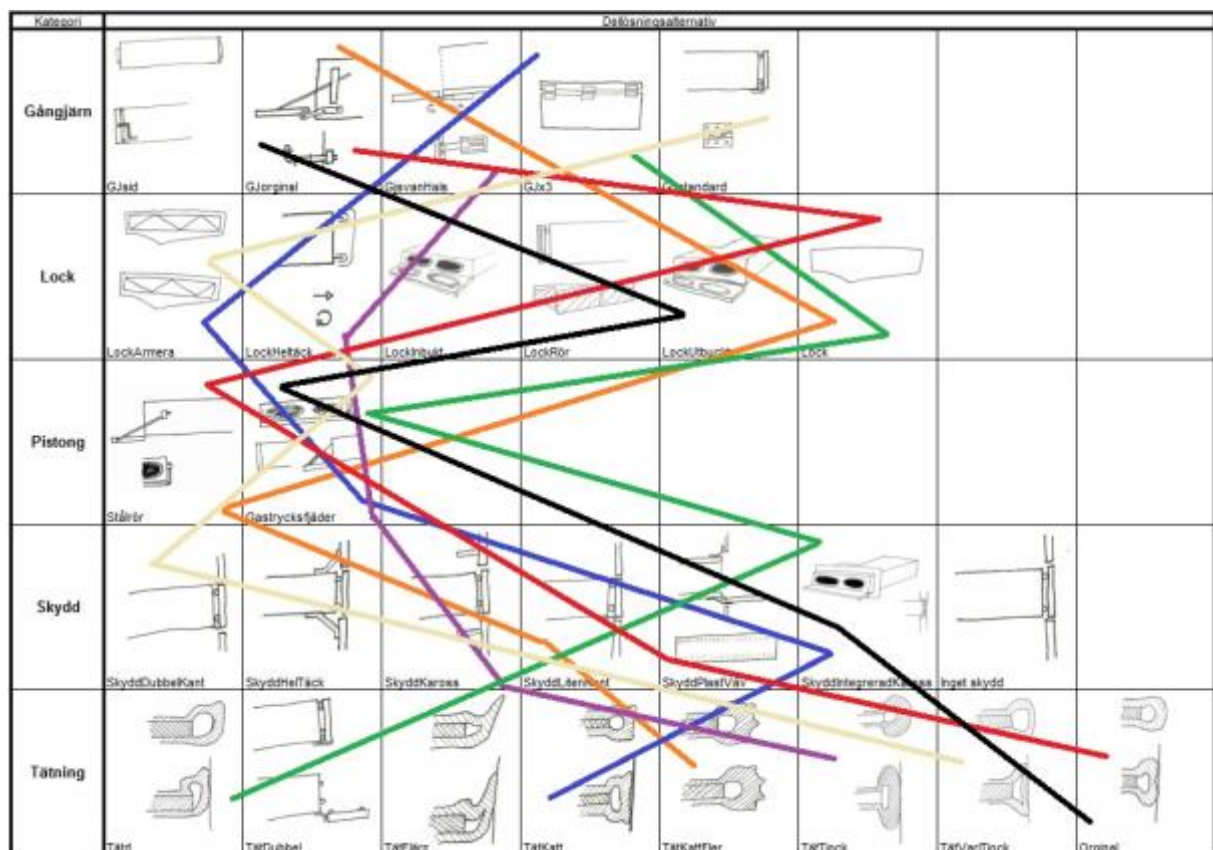
Med hjälp av Elimineringssmatrisen togs beslut om vilka dellösningar som skulle gå vidare i processen, se Bilaga 3.

Av de 44 dellösningar som togs fram så gick 24 stycken vidare i processen. Majoriteten av lösningarna som föll bort ansågs inte passa in hos företaget, det vill säga lösningarna gav ingen ökad premiumkänsla. Stora delar av dessa ansågs inte heller vara realistiska för projektet, och det skulle alltså bli för stora och komplexa förändringar på boxen. Ett annat problem som uppmärksammades var att den del av lösningarna försämrade boxens hållfasthetsegenskaper och skulle därmed inte uppfylla alla krav som ställs på den.

6.4 Morfologisk matris

För att upprätta en tydlig struktur i alla dellösningar så delades de in i fem kategorier, *Gångjärn*, *Lock*, *Pistong*, *Skydd* och *Tätning*. Dessa utgjorde även grunden i den morfologiska matrisen, se tabell 3.

Tabell 3. Morfologisk matris där fullständiga koncept har skapats med hjälp av polygoner.

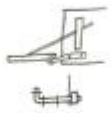
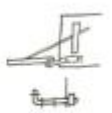
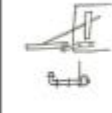
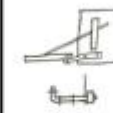
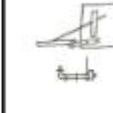
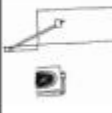
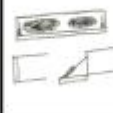
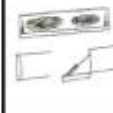


Vid framtagandet av de fullständiga koncepten så valdes sju koncept som var skilda från varandra. Varje koncept konstruerades enligt en viss egenskap. Syftet med detta var att se hur olika koncept motsvarar de krav och önskemål som ställs på Second Storage.

I Tabell 4 sammanställs de sju fullständiga koncept som togs fram i Morfologiska matrisen, samt nuvarande Second Storage. Koncept 1 har en tydlig ekonomisk karaktär i och med

stålrör, original gångjärn, och liten gummilist som skydd. Koncept 2 består av det armerade locket, gastrycksfjädrar, och det integrerade skyddet, vilket utgör en styv och robust konstruktion. Koncept 3 togs fram som ett premiumalternativ. Det heltäckande locket ger en förtroende givande syn på boxen, samtidigt som gastrycksfjädrarna, svanhalsgångjärnet, den tjocka tätningen och skyddet ”Integrerad kaross” ger premiumkänsla. Koncept 4-7 baseras på idéer som diskuterades under workshopen, att skydda boxen från smuts och vatten under- och ovanifrån, men även att det är viktigt att leda vatten bort från tätningen.

Tabell 4. Sammanställning av de koncepten som skapades i tabell 3.

Kategori	Original	1	2	3	4	5	6	7
Gångjärn								
Lock								
Pistong								
Skydd								
Tätning								

7. UTVÄRDERING AV KONCEPT

I det här kapitlet går processen vidare till utvärderingsfasen. De sju koncepten som togs fram i 6.4 *Morfologisk matris* utvärderas här med hjälp av Pughs- och Kesselringmatris och en ”Reduce/Refine”-analys.

7.1 Pughs urvalsmatris

Med hjälp av Pughs urvalsmatris beslutades det att skicka vidare de tre koncept med högst nettovärde, vilka är koncept 2, 6 och 7. Resterande koncept sållades därmed bort. I och med att alla koncept hade ett nettovärde över noll så sållas även referenslösningen bort.

Kriterierna som koncepten jämförs efter baseras helt på kravspecifikationen, och både krav och önskemål tas till hänsyn i Pughs urvalsmatris. För Pughs urvalsmatris, se Tabell 5.

Tabell 5. Pughs urvalsmatris. De tre högst värderade koncepten går vidare till nästa steg i processen.

		Koncept							
		Referenslösning	1	2	3	4	5	6	7
Vatten/smuts	Tättningsförmåga mot regn (uppiifrån)	x	+	+	+	+	s	+	+
	Tättningsförmåga mot vatten+smuts (underifrån)	x	s	+	+	+	+	+	+
	Skyddar låset från rost	x	+	s	+	s	s	+	+
		x							
Geometri	Geometriska begränsningar	x	s	-	-	s	s	s	s
	Slät övergång mellan låda och kaross	x	s	+	s	+	s	s	+
		x							
		x							
Ekonomi	Montering	x	s	s	-	-	-	s	-
	Vikt	x	s	-	-	-	s	-	-
		x							
		x							
Hållfasthet	Robust lock (klara lastkravet, dvs F=10N)	x	s	+	+	s	s	+	+
	Temperaturlålig	x	s	s	s	s	s	s	s
	"Skallrande" ljud	x	s	+	+	+	s	+	+
		x							
Användaren	Avlastningsyta	x	s	s	-	s	s	s	-
	Öppna/Stänga	x	s	+	+	+	s	+	+
	Tillgängliga utrymmen	x	s	s	s	s	s	s	s
	Rengöring	x	s	s	-	s	s	s	s
	Antal "+"		2	6	6	5	1	6	7
	Antal "s"		12	6	3	7	12	7	4
	Antal "-"		0	2	5	2	1	1	3
	Nettovärde		2	4	1	3	0	5	4
	Ranking			2				1	2

Resultatet av ovan är att koncept 6, med ett nettovärde 5, var det koncept som fick högst ranking. Det uppskattas ha en generellt bättre tättningsförmåga jämfört med referenslösningen, på grund av dubbelkantsskyddet som skyddar boxen från vatten och smuts både under- och ovanifrån. Även kombinationen av armerat lock, gastrycksfjädrar och tätningen med varierad tjocklek gör att trycket mellan tätning och lock bättre kan motstå vatten och smuts från att tränga igenom. Gastrycksfjädrarna uppskattas ge en positiv effekt på kravet "skallrande ljud", samt öppna/stänga funktionen. Även det armerade locket gör att locket kan ta upp mer kraft

än vad referenslösningen gör, vilket är positivt. Eftersom koncept 6 består av ett armerat lock så uppskattas det vara det enda som påverkar boxen negativt jämfört med referenslösningen.

Koncept 2, med ett nettovärde 4, kom på en andra plats. Det uppskattas ha en generellt bättre tätningsförmåga jämfört med referenslösningen, på grund av det integrerade skyddet som skyddar boxen från skvätt underifrån. Även kombinationen av armerat lock, gastrycksfjädrar och tätningen med ”kattöron” gör att trycket mellan tätning och lock bättre kan motstå vatten och smuts från att tränga igenom. Eftersom koncept 2 har ett armerat lock samt ett integrerat skydd kommer detta påverka boxens vikt. Även den yttre geometrin påverkas negativt av det integrerade skyddet. Gastrycksfjädrarna uppskattas ge en positiv effekt på kravet ”skallrande ljud”, samt öppna/stänga funktionen. Även det armerade locket gör att locket kan ta upp mer kraft än referenslösningen gör. Sammanfattningsvis ser vi att hållfasthets egenskaperna kan tynga ner för boxen, men i slutändan är det ett starkt koncept.

Koncept 7, som även det hade ett nettovärde 4 kom på en delad andra plats med koncept 2. Det uppskattas ha en generellt bättre tätningsförmåga jämfört med referenslösningen, på grund av det integrerade skyddet som skyddar boxen från skvätt underifrån. Utåtbuktande locket gör även att tätningen ovanifrån förbättras, men utgör även en negativ påverkan med avseende på avlastningsyta. Gastrycksfjädrarna uppskattas ge en positiv effekt på kravet ”skallrande ljud”, samt öppna/stänga funktionen. Vikten och monteringen påverkas uppskattningsvis negativt på grund av armerade locket respektive integrerade skyddet.

7.2 Kesselrings matris

Även här utvärderas koncepten baserat på kriterier som ställs i kravspecifikationen. Det som skiljer den här matrisen åt från Pughs urvalsmatris är att den här endast tar hänsyn till önskemålen och inte några krav. En annan skillnad är att Kesselrings matris jämför koncepten med varandra och inte mot en referensprodukt. Detta gynnas i det här projektet då beställarna (ÅF) vill erhålla nya koncept på Second Storage.

Efter utförandet av Kesselrings matris har koncept 2 fastslagits som vinnare. Det har ett $T/T_{\max}$ värde på 0,82, vilket motsvarar 82 % av idealet. På andra plats kom koncept 6, med ett värde av 81 % av idealet. Sist kom koncept 7 med ett värde av 74 % av idealet. Efter analyserat resultatet, har bedömningen tagits att utformningen av locket har en mycket stor betydelse i och med att önskemålet ”avlastningsyta” är högt viktat. I koncept 7, som skilde sig betydligt från de andra koncepten, kan man se att det utbuktande locket påverkar detta, och medför att konceptet tappar mot de andra koncepten. Skillnaden mellan koncept 2 och 6 beror på till största delen av önskemålet ”slät övergång mellan låda och omgivning”, vilket skiljer fyra poäng i viktning mellan koncepten. Detta baserat på att koncept 2 har ett integrerat skydd, medan koncept 6 endast består av ett dubbelkantsskydd. I och med att koncept 2 och 6 var så pass lika så beslutades det att göra ytterligare en analys för att ta fram det starkaste konceptet. Mer om det finns i 7.3 *Reduce/Refine-analysis*. För Kesselrings matris, se Tabell 6.

Tabell 6. Kesselrings matris.

Kriterium		Koncept							
		Ideal		2		6		7	
	w	v	t	v	t	v	t	v	t
Inre geometri	1	5	5	5	5	5	5	4	4
Yttre geometri	5	5	25	3	15	4	20	3	15
Slät övergång mellan låda och omgivning	3	5	15	5	15	1	3	5	15
Antal detaljer	1	5	5	3	3	3	3	4	4
Kostnad	3	5	15	3	9	4	12	4	12
Mängden material	1	5	5	4	4	5	5	4	4
Montering	4	5	20	5	20	5	20	4	16
Vikt	2	5	10	2	4	2	4	3	6
Avlastningsyta	5	5	25	5	25	5	25	2	10
Tillgängliga utrymmen	4	5	20	5	20	5	20	5	20
Rengöring	5	5	25	4	20	4	20	4	20
T = summa av t			170		140		137		126
T/Tmax			1		0,82		0,81		0,74
Rangordning			-		1		2		3

På grund av bristande material för utvärdering i form av olika tester eller värden att utgå ifrån så utfördes matrisen med uppskattningar. För att underlätta processen jämfördes ett kriterium i taget, och viktningen beror på hur koncepten jämförs med varandra.

7.3 Reduce/Refine-analysis

Gemensamma nämnare för koncept 2 och 6 är det armerade locket och gastrycksfjädrar, vilka även kommer ingå i det vinnande konceptet då dessa anses vara optimala lösningar.

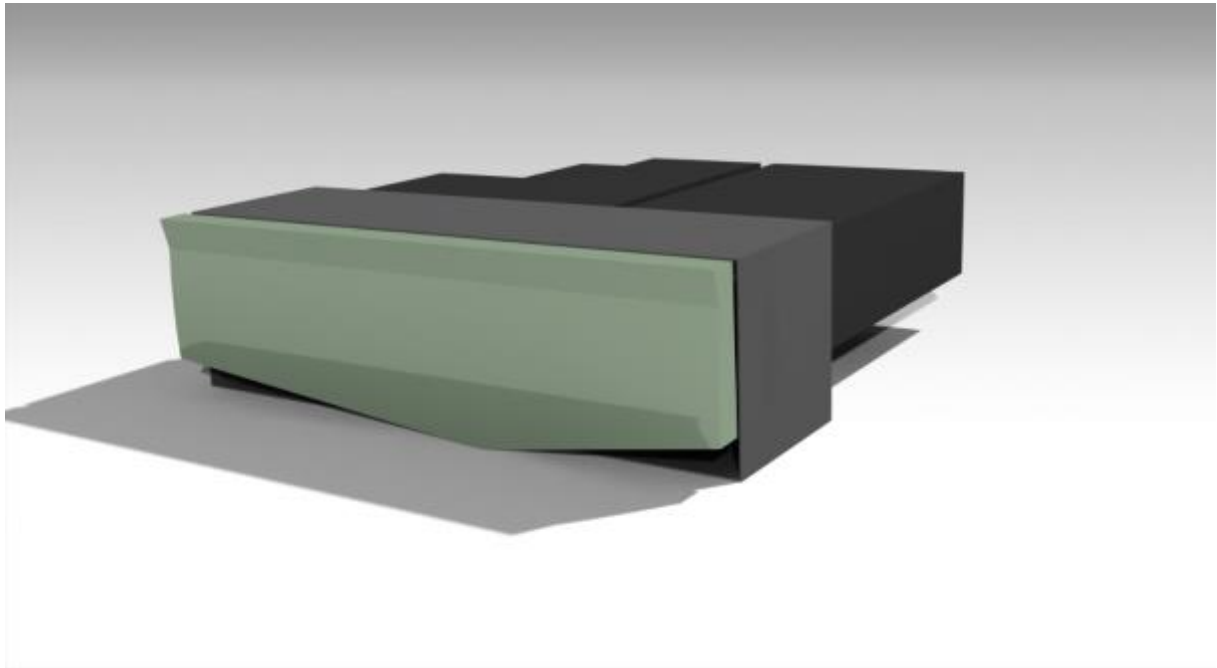
Dellösningar som skiljer sig koncepten emellan är tätningarna. Där uppskattas tätningen "kattöron" som den bättre, och kommer därmed ingå i det vinnande konceptet.

I frågan om gångjärn så togs beslut om att göra en kombination av "gångjärn original" och "3x gångjärn". "Gångjärn original" ansågs ha en bra funktionalitet, samt att tre gångjärn ökar antalet fästpunkter, och därmed fördelas trycket över tätningen bättre.

Den största skillnaden på dessa två koncept är skyddet. Det integrerade skyddet i koncept 2 är ett mer hållbart val, medan skyddet "dubbelkant" kan ses ur ett mer ekonomiskt perspektiv. Det skyddar samtidigt tätningen från regn och andra medier ovanifrån, vilket skyddet i koncept 2 inte kan medföra. Därför beslutades det att kombinera de två lösningarna med varandra. Detta skulle även innebära att den undre kanten på "dubbelkant" skulle sakna funktion, och kommer därför att avlägsnas. Med andra ord så ersätts "dubbelkant" med "litenkant". "Integrerad kaross" och "litenkant" kommer att samverka genom att "integrerad kaross" skyddar mot medier underifrån, samtidigt som "litenkant" leder bort vatten som kommer ovanifrån.

8. VINNANDE KONCEPTET

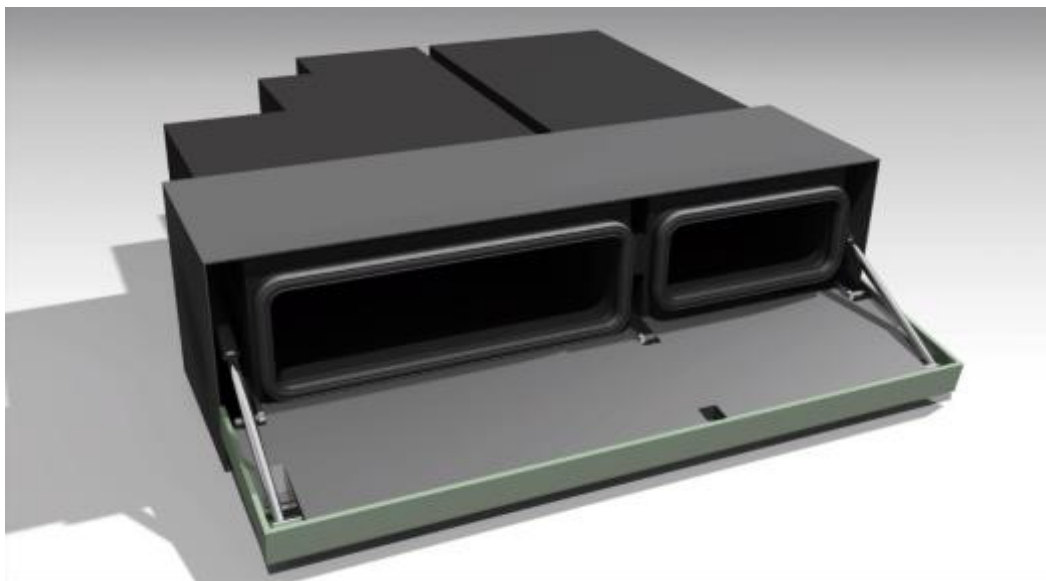
Det vinnande koncept som valts har grundat sig i den kravspecifikation som ställdes upp i början. Konceptet har tagits fram i en morfologisk matris med hjälp av brainstorming och sedan klarat sig igenom Pughs urvalsmatris och rankats högst i Kesselrings urvalmatris. Då en stor del av bedömningarna i dessa matriser och under konceptgenereringen har gjorts godtyckligt utifrån den kunskap som tillhandahållits, så behövs fler tester och undersökningar göras för att ta fram den optimala lösningen. Det vinnande konceptet kan ändå ses som en sammanslagning av de olika lösningar som vi har tagit fram för att lösa problemet med läckage av vatten som formulerades i början. Därför kan varje delösning ses som en potentiell helhetslösning. För det vinnande konceptet, se Figur 8.1.



Figur 8.1. Det vinnande konceptet i sin helhetsform.

8.1 Flera fästpunkter

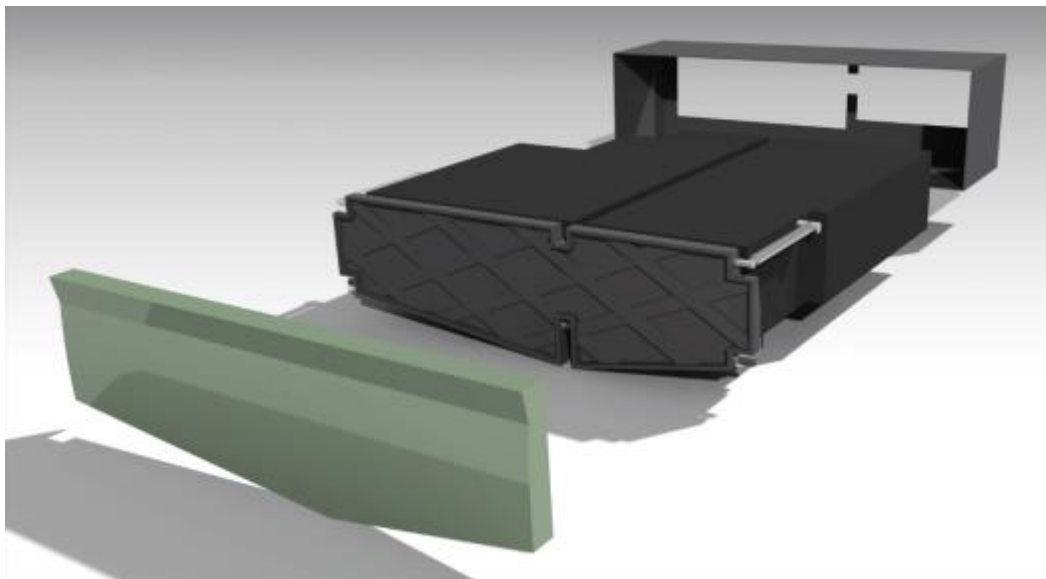
Den ursprungliga Second Storage hade tre fästpunkter mellan låda och lucka. Två gångjärn placerade i vardera av de två nedre hörnet samt en låsmekanism med hake längst upp mitt på luckan. Detta antas bidra till ojämn spänningsfördelning mellan lucka och låda vilket kan bidra till läckage. För att lösa det problemet så har antal fästpunkter mellan låda och lucka utökats från tre till sex stycken symmetriskt placerade runt tätningarna, se Figur 8.2. Två gastrycksfjädrar ovanför respektive gångjärn i den ursprungliga Second Storage och ett extra gångjärn under låsmekanismen i jämnhöjd med de ordinarie gångjärnen.



Figur 8.2. Figuren illustrerar de sex fästpunkterna som är mellan box och locket.

8.2 Armerad lucka

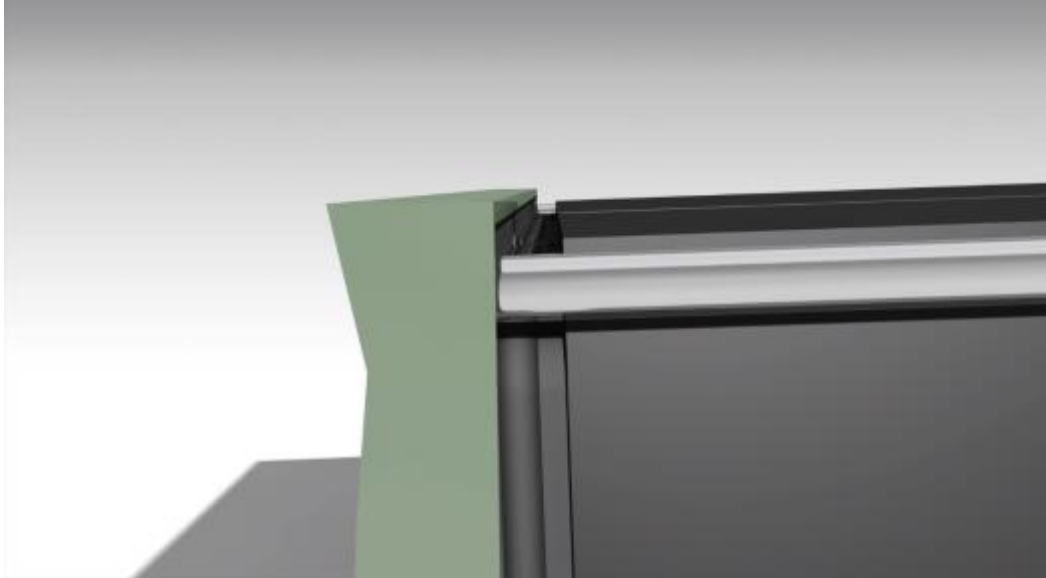
Genom att stärka upp luckan med antingen ett ramverk av aluminium eller fler ribbor så bör en jämnare spridning av spänningen erhållas. Ribborna eller ramverket är diagonalt placerade istället för ribborna i originalet som har placerats horisontellt och vertikalt. På så sätt bör de lokala spänningens minskningarna mellan lucka och tätning som riskerar att uppstå i hörnorna minimeras. För det armerade locket, se Figur 8.3.



Figur 8.3. Armerat lock.

8.3 Liten kant

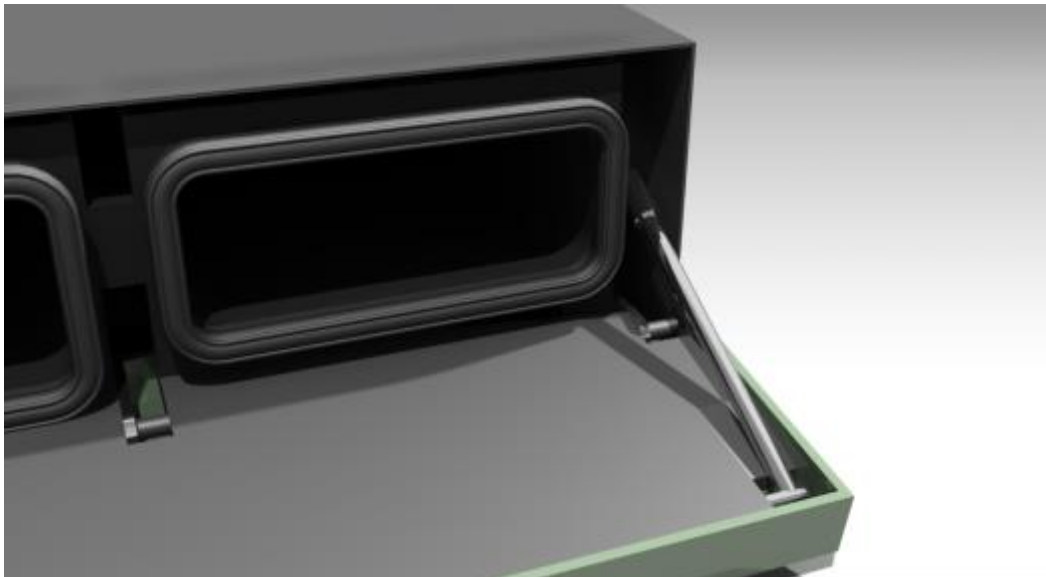
En kant på 5 till 10 mm som löper längs den övre sidan på luckans avlastningsyta och ner på sidorna hindrar vatten från att lägga sig i springan mellan tätning och lucka, se Figur 8.4. Det minskar risken för att vatten tar sig in i förvaringsutrymmet och kan motverka att vattendroppar skvätter vid öppning av luckan.



Figur 8.4. Övre kant på locket som leder bort vatten från tätningen.

8.4 Tätning

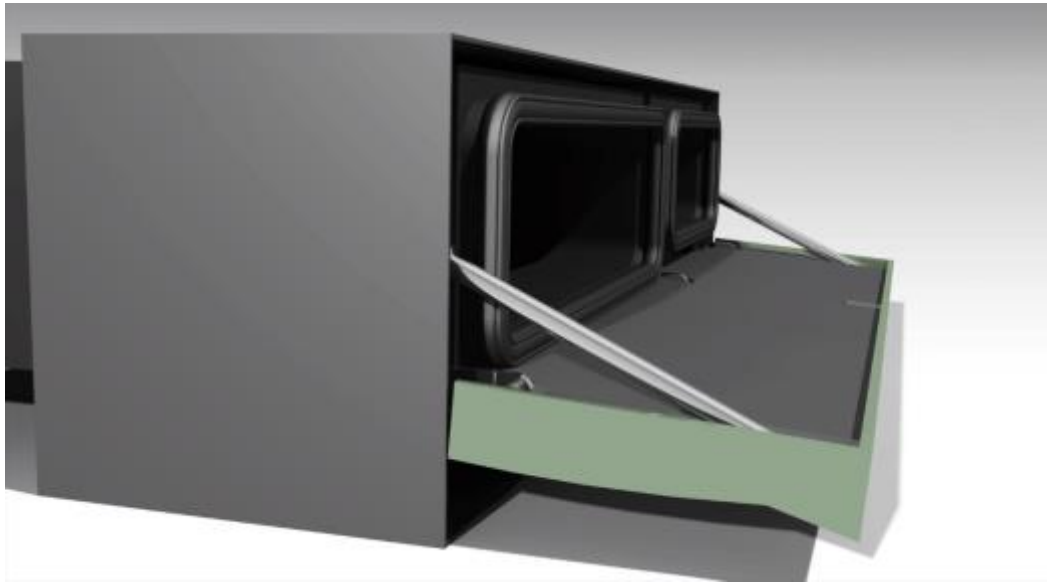
Gummitätningen runt respektive öppning har förändrats med två runda kanter. De runda kanterna är placerade så att de täcker till springan mellan tätning och lucka som uppstår vid stängt läge. I en genomskärnings vy av tätningen så ser de två runda kanterna ut som två “öron” på tätningen. Då tätningen formsprutas genom en matris uppnås denna tätning genom att ändra utformningen av matrisen. Tätningens ändrade utformning syftar både till att minska mängden vatten som lägger sig i springan och att öka kontaktyta mellan lucka och tätning. För tätningen, se Figur 8.5.



Figur 8.5. Ny tätning som har konstruerats liknande två öron.

8.5 Integrerat skydd

Ett stort problem som upptäcktes under fältstudierna var att lera skvätter upp från frambäcken. Leran lägger sig mellan lucka och låda runt om tätningen. För att förhindra leran så har inspiration hämtats från liknande förvaringslösningar på andra lastbilar. Ett skydd som täcker in gastrycksfjäder, tätning, gångjärn och lucka. Skyddet monteras i delarna runt om luckan så att skyddet blir heltäckande, se Figur 8.6.



Figur 8.6. Integrerat skydd.

9. SLUTSATS

Examensarbetets mål har varit att ta fram och undersöka lösningar för att minska vattenläckage i Second Storage. När problemet granskades så visade det sig finnas flera bidragande faktorer till läckage. Lera som skvätte upp från däckets försvagade tätningen, en ojämnt fördelad kraft på luckan antogs skapa lokala spänningsminskningar och veck i gummitätningen då den böjdes runt öppningen. Detta ledde till att lösningen skulle behöva bestå av flera dellösningar för respektive bidragande faktor.

Lösningen som slutligen togs fram har en ändrad utformning på tätningen med två kanter som bedömdes kunna bidra med mer tätningsyta och förhindra att vatten samlas i springan mellan lucka och tätning. Fästpunkterna ändrades från tre osymmetriskt spridda till sex stycken jämnt fördelade över luckan. Det bestod av ett extra gångjärn i mitten och två gastrycksfjädrar i respektive hörn. Då gastrycksfjädrar hade noterats på liknande förvaringslösningar så bedöms de lämpliga ur ett konkurrensstärkande perspektiv. De kan också bidra till en ökad känsla av premium, vilket bedömdes ligga i Volvos intresse under våra möten. En annan lösning som hämtades från liknande förvaringslösningar var integrerat skydd vilket stärkte känslan av ett säkrare förvaringsutrymme. I övre kanterna av tätningen i stängt läge fanns det dokumenterade läckage som bedömdes komma ifrån ett ojämnt fördelat tryck. För att jämna ut kraftfördelningen ytterligare på ett kostnadseffektivt sätt, skiftades luckans ingjutna vertikala och horisontella ribbor till en diagonal armering. Armeringen utformning definierades inte mer under arbetet än att den skulle vara diagonal. Den skulle både kunna vara ingjuten som originalet eller bestå av ett ramverk av aluminium. För att förhindra att vatten som rinner ner på tätningen från regn och tvätt så adderats en liten kant längst ut på luckan. Kanten är mellan 5 mm och 10 mm vilket gör att den lätt glider över tätningen och leder bort vatten som annars hade hamnat i springan.

De flesta beslut som ledde fram till det vinnande konceptet grundar sig på uppskattningar utifrån den kunskap som inhämtats via utbildningen och tillhörande kurslitteratur. För att försäkra sig ytterligare om konceptets lämplighet hade flera tester behövts utföras bland annat en FEM-analys för att bekräfta antaganden kring fördelningen av kraften över tätningen. Det hade även varit intressant att få tillgång till en prototyp som kunde modifieras med de lösningar som tagits fram här för att på så sätt se att de är applicerbara. Hade en prototyp tagits fram hade även konceptet för Second Storage kunnat testas i bruk för att bekräfta dess funktionalitet. Dock fanns det inte tillräckligt med resurser att utföra tester och prototyputveckling i den omfattningen

Under arbetets gång har en tät kontakt hållits med handledaren på ÅF med återkommande veckomöten. Därför har den kravspecifikation som satts upp haft en stark förankring vilket har stärkt urvalsmatriserna vid framtagningen av det vinnande konceptet. Det har också hållits två konceptgenereringsworkshops som gav mycket inspiration till de 44 koncept som togs fram. Detta har bidragit till att det koncept som slutligen presenterades för ÅF motsvarar företagets förväntningar.

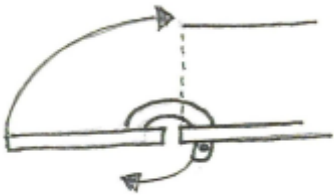
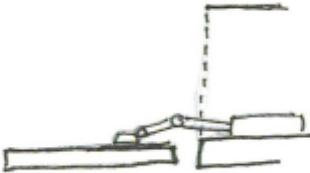
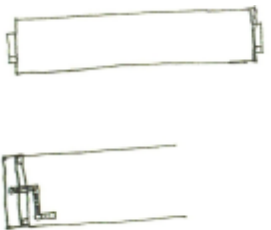
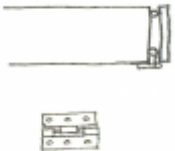
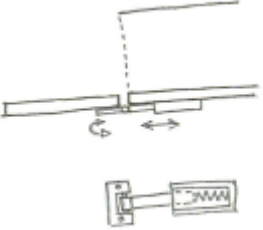
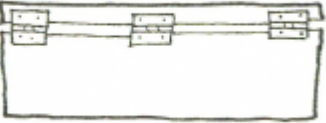
REFERENSER

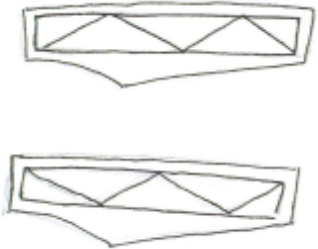
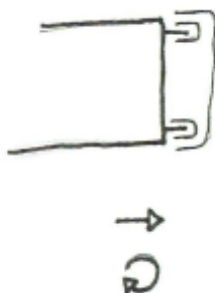
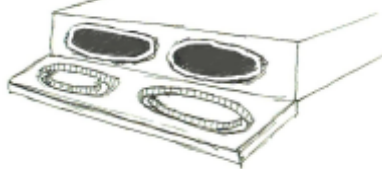
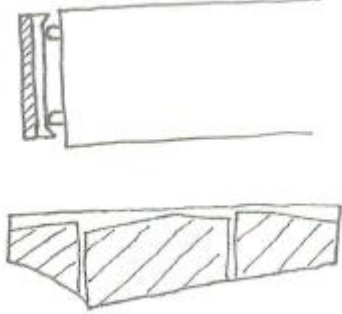
1. Om oss, AB Volvo 2016, <http://www.volvotrucks.se/sv-se/about.html>
(Acc 2017-01-30)
2. Mägi M, Melkersson K, LÄROBOK I MASKINELEMENT, EcoDev International, Göteborg 2012.
3. Johannesson H, Persson J-G, Pettersson D, PRODUKTUTVECKLING: Effektiva metoder för konstruktion och design, Liber, Stockholm 2004.
4. Fiamma Ultra-Box 320 Rear Box, AgentFiamma, <http://www.agentfiamma.co.uk/fiamma-ultra-box-320-rear-storage-box.html> (Acc 2017-02-14)
5. KORKEN, IKEA, <http://www.ikea.com/se/sv/catalog/products/50213546/>
(Acc 2017-02-14)
6. FÖRTROLIG, IKEA, <http://www.ikea.com/se/sv/catalog/products/90233788/>
(Acc 2017-02-14)
7. SKB 3I-2918-10, Stegcentralen i Årjäng AB, Årjäng,
<https://www.stegcentralen.se/sv/artiklar/skb-3i-2918-10.html> (Acc 2017-02-14)

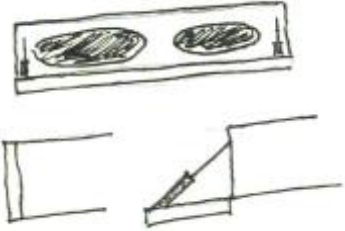
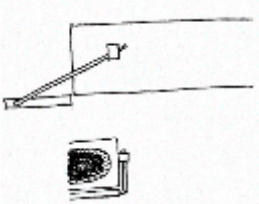
Bilaga 1: Kravspecifikation

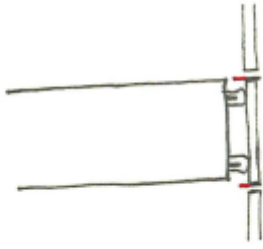
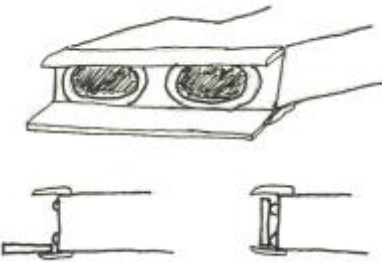
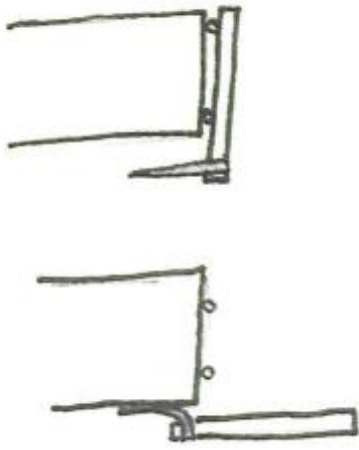
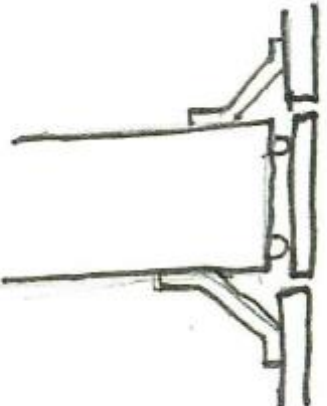
Chalmers	Dokumenttyp	Kravspecifikation				
	Projekt	Tätningar på Second Storage				
Kriterier		Målvärde	K/Ö	Vikt	Verifieringsmetod	Referens (Kravställare)
1. Vatten/smuts						
	1.1 Tät emot vatten från regn		K			Volvo/ÅF
	1.2 Tät emot vatten som stänker upp från däck		K			Volvo/ÅF
	1.3 Tät emot smuts som stänker upp från däck		K			Volvo/ÅF
	1.4 Ingen rost på låset		K			Volvo/ÅF
2. Geometri						
	2.1 Inre geometri Förklaring: Vill kunna maximera volymen. Begränsas av yttre geometrin som inte får överskridas.		Ö	1	CAD	Utfärdare
	2.2 Yttre geometri Förklaring: Minimera yttre geometrin för att inte påverka omkringliggande komponenter.		Ö	5	CAD	Utfärdare
	2.3 Slät övergång mellan låda och omgivning Förklaring: Mellanrummet mellan lucka och karos skall vara minimalt. Smuts och vatten skall inte kunna samlas i mellanrummet.		Ö	3	CAD	Utfärdare
	2.4 Placerad på samma plats i lastbilen		K		CAD	Volvo
3. Ekonomi						
	3.1 Minska antal detaljer Förklaring: Mindre detaljer gör den snabbare och billigare att tillverka		Ö	1	Skiss/CAD	Utfärdare
	3.2 Minska kostnaden Förklaring: Mindre utgifter för de komponenterna som utgör Second Storage		Ö	3	Teori	Utfärdare
	3.3 Minska mängden material		Ö	1	Teori	Utfärdare
	3.4 Enkel montering		Ö	4	DFA	Utfärdare
	3.5 Minska vikten Förklaring: Vikten för lastbilen är direkt kopplad till bränsleförbrukningen och påverkar därigenom både kostnader och miljöpåverkan		Ö	2	Teori	Utfärdare
4. Hållfasthet						
	4.1 Maxlast på locket	300 N	K		TR	Volvo
	4.2 Maxlast i lådan	Utbreddlast = 100 N	K		TR	Volvo
	4.3 Temperaturtålig	-40 till +80 celsius	K		TR	Volvo
	4.4 Inga "skallrande" ljud		K		TR	Volvo
5. Användaren						
	5.1 Avlastningsyta		Ö	5	Användartester	Förstudier
	5.2 Lätt att öppna/stänga Förklaring: Kraft som krävs på knappen för att öppna luckan	F < 10 N	K		Användartester	Förstudier
	5.3 Tillgängligt utrymme Förklaring: Det skall vara lätt att tillgå innehållet i Second Storage		Ö	4	Användartester	Förstudier
	5.4 Enkel rengöring		Ö	5	Användartester	Förstudier

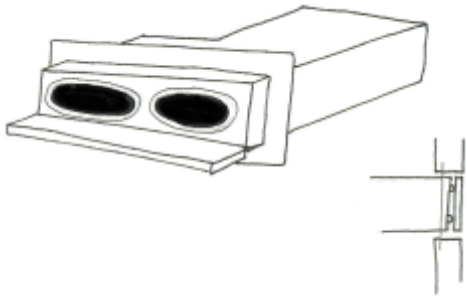
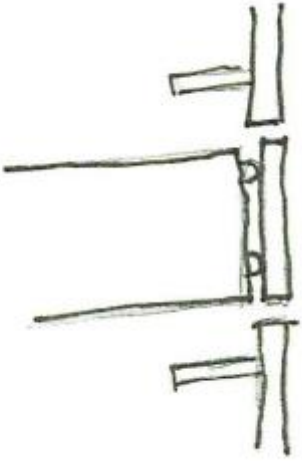
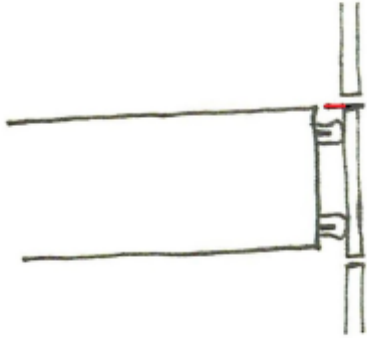
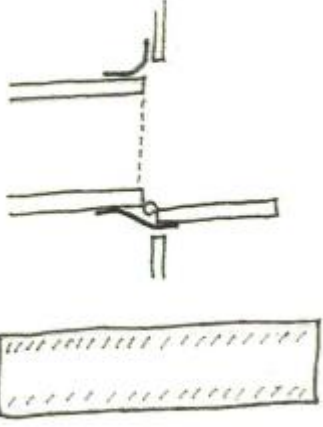
Bilaga 2: Dellösningar

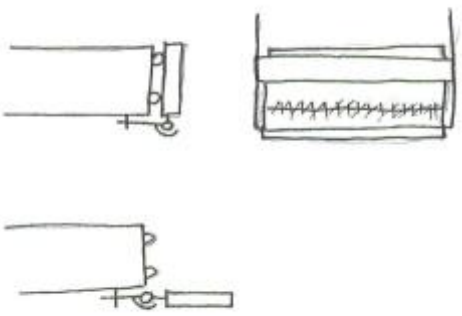
	Cirkulärt Gångjärn	Består av två halvcirklar i aluminium som göms under lådan i stängt läge, för att sedan rotera ut med locket när lådan öppnas. En pinne genom halvcirkelns fria ände låster fast emot underdelen vid utfällt lock. Gångjärnens fästpunkt högre upp på locket, innanför tätningen, gör att trycket teoretiskt sett borde fördelas mer jämnt över tätningen.
	Euro Hinge	Euro Hing är ett populärt gångjärn i heminredning då den döljs väl vid stängt skåp och det är enkelt att anpassa luckans position med en skruvmejsel. Gångjärnens fästpunkt högre upp på locket, innanför tätningen, gör att trycket teoretiskt sett borde fördelas mer jämnt över tätningen.
	Gummi-gångjärn	Består av en avlång och platt rektangel med en urkröpt kanal längs långsidan. Gummit monteras fast på locket och undre delen av lådan. När locket öppnas och gummit böjs så minskar den urkröpta kanalen spänningarna som uppkommer i gummit. Gummiegångjärnen skyddar från smuts och vatten som annars stänker upp underifrån.
	Sidgångjärn	Monteras med ena änden på sidan av lådan och sitter ihop via en axel med en vinklad balk som sedan fäster mitt på sidan av locket. Gångjärnens fästpunkt högre upp på locket, innanför tätningen, gör att trycket teoretiskt sett borde fördelas mer jämnt över tätningen.
	Standardgångjärn	Består av en axel med tre hylsor på. Hylsorna är fästa i plattor som monteras i låda och lock.
	Svanhalsgångjärn	Ett standardgångjärn där den ena änden är fast i en dragfjäder. Fjädern sitter i botten av en hylsa som begränsar ändens rörelse till en endimensionell axiell rörelse. Detta gör att luckan först lyfts ut några centimeter innan den roterar runt gångjärnens rotationspunkt. Vilket gör det möjligt att ha en kant som täcker över tätningen på både undre och övre sidan av hålet. Svanhalsgångjärnen fördelar trycket jämnare över tätningen då kraften från gångjärnen på luckan anpassas efter de övriga krafterna av fjädern istället för att vara en fixerad punkt.
	Tre Gångjärn	För att fördela trycket jämnare utnyttjas ytterligare en fästpunkt på mitten av lockets undre sida. Detta stärker även upp locket ytterligare vid utfällt läge.

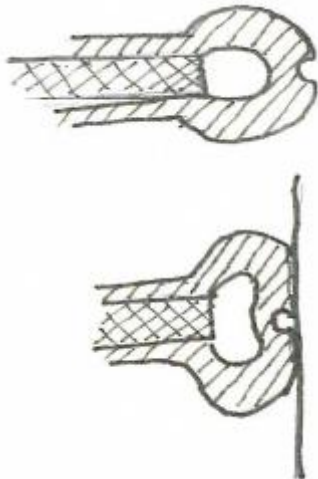
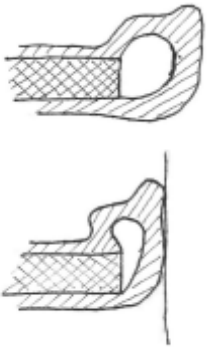
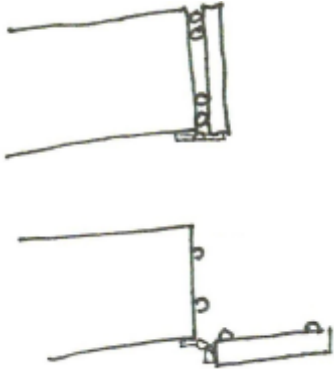
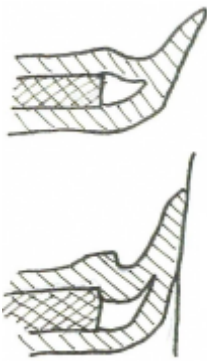
	Armerat Lock	Genom att lägga in ett ramverk av stålpinnar mellan den yttre och inre panelen av locket så görs locket styvare. De lokala minskningarna av spänning mellan lock och tätning som orsakar läckage minimeras när locket utböjning minskar och kraften från när låset spänns fördelas jämnare. Den exakta utformningen av ramverket kräver en femanalys av locket och en materialoptimering, bilden är endast ett exempel på utformning.
	Heltäckande Lock	Ett lock som omsluter tätningen på alla sidor vid stängt läge vilket gör att vattnet/smutsen måste färdas horisontellt istället för vertikalt om det ska tränga in i lådan. En horisontell väg innebär att gravitationskraften inte längre drar in vatten/smuts utan istället motverkar dess väg med friktionskraft ifrån gummit. Ett heltäckande lock kräver dock av mekanisk skäl att det lyfts rakt ut en kort sträcka innan det roterar ner från vertikalt läge till horisontellt läge, detta för att inte skapa onödigt slitage på tätningen vid stängning och öppning.
	IKEA Lock	Ett löst lock med en liten kant på sidan placeras framför öppningarna och spänns fast med fyra flärpar. De fyra flärparna sprider kraften från inspänningen jämnt över locket och bidrar till en jämn spänning mellan tätning och lock. Detta minimerar risken för lokala spänningsminskningar som kan resultera i läckage.
	Inbuktat Lock	Genom att skapa ett grunt spår som motsvarar tätningen i locket så blir vägen för smuts/vatten en kurva över tätningen. Kurvan börjar horisontellt, går över i vertikalt för att sedan sluta horisontellt. En horisontell väg innebär att gravitationskraften inte längre drar in vatten/smuts utan istället motverkar dess väg med friktionskraft ifrån gummit. Det grunda spåret kan också agera som en kanal som ledar bort vatten/smuts som tagit sig in mellan tätning och lock.
	Lock med rör	En liten kant på översidan av locket fångar upp droppar som annars skulle lagt sig i springan mellan tätning och lock. Dessa leds ner i locket där de samlas upp och forslas vidare ner förbi öppningen och ut under lådan. De rör som löper vertikalt i locket kan även designas för att ha en gynsam påverkan på lockets hållförmåga. Vilket kan bidra till att lokala spänningsminskningar mellan lock och tätning minimeras och därigenom minskas läckage.
	Utbuktat Lock	En utbuktning i locket som lägger sig mot insidan av tätningen kan skapa en radiell spänning i tätningen och en horisontell väg för smuts/vatten. En horisontell väg innebär att gravitationskraften inte längre drar in vatten/smuts utan istället motverkar dess väg med friktionskraft ifrån gummit. Den radiella spänningen i tätningen har större potential att skapa spänningen mellan lock och tätning då den är av dragkaraktär istället för tryck.

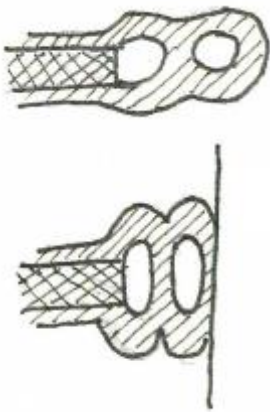
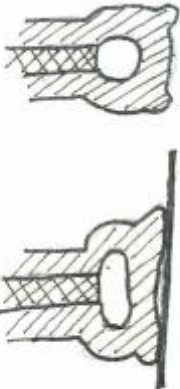
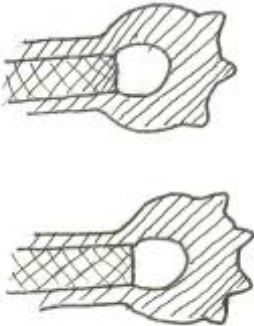
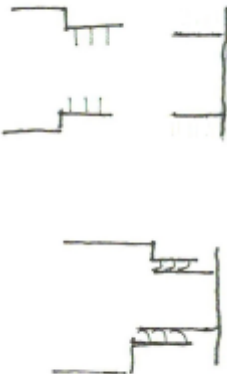
	Gasstrycksfjäder	Gasfjädrar består av ett slutet utrymme fyllt med ett trögflytande medium med en vägg som delar upp utrymmet i två. Små hål möjliggör förflyttning av av innehållet från ena utrymmet till andra när väggen flyttas. Väggen är kopplad till den smala axel som sticker ut. de trögflytande mediume bromsar på så sätt den smala axelens rörelse. Genom utformningen av gasfjädern kan man få den att eftersträva antingen fullt utfällt eller helt ihopfällt läge, vilket gör att gasfjädern både hjälper till att stänga och öppna luckan. Gasfjädern tillför extra kraft i områden där lokal spänningsminskning mellan tätning och lock är identifierat samtidigt som det stärker premiumkänslan.	Pistonger
	Stålrör	Stålrör som sitter på dagens Second Storage. Deras funktion är att hålla uppe luckan i ett horisontellt läge. Luckan är även då rätvinklig mot boxens öppning.	

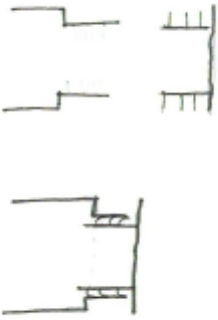
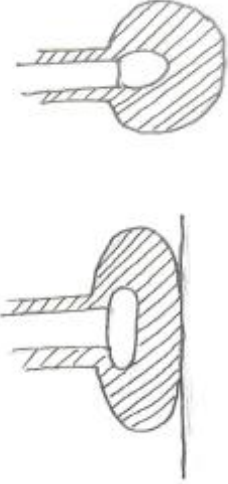
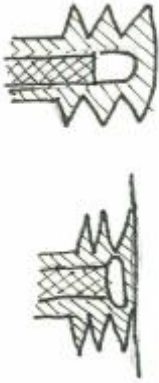
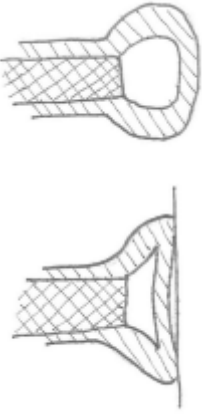
	Dubbelkant	List gjort av plast som har i uppgift att leda bort vatten från tätningen. Den monteras både på lockets översida, samt dess undersida.
	Omslutande skydd	Två gummieskivor monterade på lådans överdel och underdel och bildar ett horisontellt skydd för mellanrummet mellan tätning och lucka. Vatten ovanifrån leds ut från lastbilen och skvätt från däckblockeras av de undre skyddet. Gummit i skivorna deformeras elastiskt vid stängning av luckan för att ge ett så täckande skydd som möjligt.
	Gummiflärp	Gummiflärp som sitter monterad på undersidan av locket. Tillverkas av en elastomer för att utgöra ett styvt skydd som motverkar smuts och vatten underifrån. Då locket är öppet får gummit en utböjning enligt den undre bilden.
	Heltäckande skydd	Stabilt skydd som är monterat både utanpå boxen och i karossen. Skyddet har som funktion att skydda boxen från smuts och vatten att ta sig upp underifrån. Tillverkas av ett hårt material för att få ett styvt skydd.

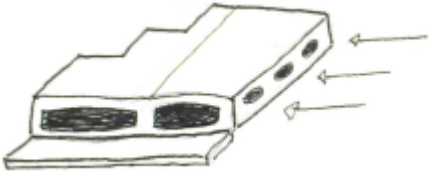
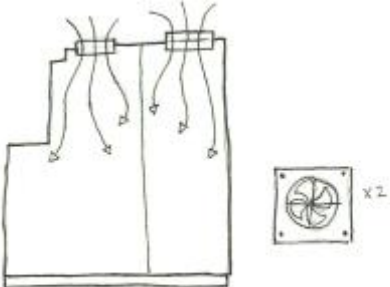
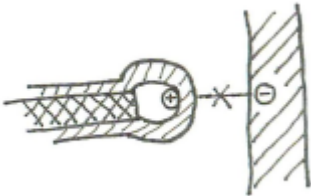
	Integrerad kaross	Det är en platta som monteras runt boxen, och långt fram på den. Det är ett sätt att integrera boxen med karossen. Syftet är att motverka smuts och vatten att komma upp underifrån och upp till öppningarna.
	Skydd på kaross	Skydd tillverkat av hårdplast eller plåt. Har samma form som plankor. Sitter monterat i lastbilens kaross för att fungera som ett skydd mot smuts och vatten underifrån och uppförifrån.
	Liten kant	List gjort av plast som har i uppgift att leda bort vatten från tätningen. Den monteras på lockets översida.
	Plastväv	Ett skydd av plastväv som sitter monterat en bit in på boxens undersida, och även på långt ner på lockets utsida. Det skyddar mot smuts och vatten som kommer underifrån (hjulhuset) så att det inte kan ta sig upp till gångjärn, öppningarna och tätningarna. Inget smuts eller vatten kommer heller kunna lägga sig på lockets nedra del.

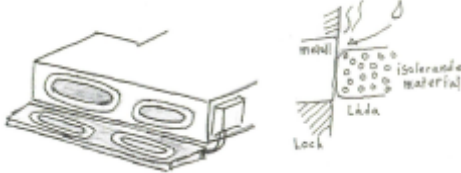
	Stabil flärp	Styv flärp som har i uppgift att skydda öppningarna och gångjärn från smuts och vatten som kommer upp underifrån. Flärpen siter monterad på lockets undersida, och hålls på plats av ett spår som är monterat på undersidan av boxen.
---	---------------------	--

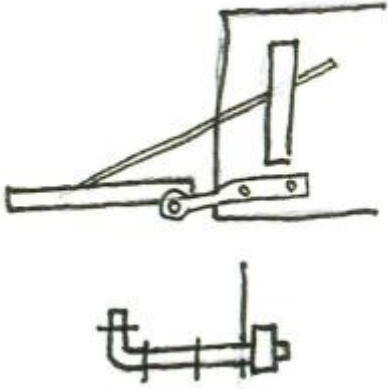
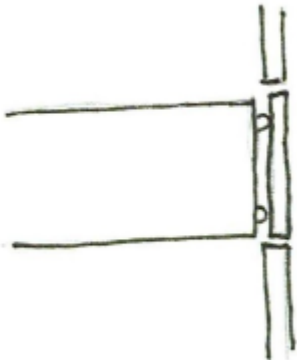
	Tätning Chip	Rund gummitätning som är utformad med en inbuktning i mitten. Vid stängd lucka trycks tätningen enligt den undre bilden.
	Tätning d	Gummitätning som är formad som lilla "d". Vid stängd lucka trycks tätningen enligt den undre bilden, och gör att vattnet leds ner mot infästningen av gummitätningen.
	Tätning Dubbel	Dubbla gummitätningar där ena är monterad på öppningarna på boxen (nuvarande second storage), och den andra är monterad på locket. Detta försvårar för vattnet och smutsen att ta sig in då den behöver passera två tätningar i motsatta riktning.
	Tätning Flärp	Gummitätning som är formad som som en flärp. Vid stängd lucka trycks tätningen enligt den undre bilden, och gör att vattnet leds ner mot infästningen av gummitätningen.

	Tätning Hög	Gummitätning som är formad som åtta. Vid stängd lucka trycks tätningen enligt den undre bilden. Den inre "ringen" gör att ett högre tryck bildas i den yttre "ringen" när luckan stängs.
	Tätning katt	Gummitätning som är formad med två "öron". Vid stängd lucka trycks tätningen enligt den undre bilden, och gör att vattnet leds ner mot infästningen av gummitätningen.
	Tätning Katt flera "öron"	Likadan som "tätning katt". Det som skiljer de åt är att denna har fler "öron" som gör att vatten och smuts skall ta sig igenom fler bariärer.
	Tätning Ribblåda	Tre platta ringar limmas fast på insidan av halsen i lådans öppning. När locket förs in i öppningen så töjs den inre diametern på ringarna samtidigt som de spänns bakåt. Detta gör att respektive ring sluter tätt och två luftfickor bildas vilket avsevärt försvårar för vatten att tränga in i utrymmet.

	Tätning Ribblock	Tre platta ringar limmas fast på utsidan av halsen i lådans lock. När locket förs in i öppningen så komprimeras den yttre diametern på ringarna samtidigt som de spänns bakåt. Detta gör att respektive ring sluter tätt och två luftfickor bildas vilket avsevärt försvårar för vatten att tränga in i utrymmet.
	Tätning Tjock	Bygger på dagens tätning som sitter på Second Storage, men skillnaden är att här så är gummit som trycks mot luckan mycket tjockare än innan. Det gör att högre tryck bildas i gummit när luckan är stängd.
	Trippelflärp	Gummitätning som är formad med tre flärpar. Vid stängd lucka trycks tätningen enligt den undre bilden, och gör att vattnet leds bort från locket.
	Tätning Varierad tjocklek	Bygger på dagens tätning som sitter på Second Storage, men här så varierar tjockleken på gummit. Vid stäng lucka ökas trycket i kanterna av gummit, där det viks. Undre bilden visualiserar gummitätningens uppförandet vid stängd lucka.

	Tryck från fart	Strategiskt placerade hål riktade emot lastbilens färdriktning som utnyttjar lufttrycket från farten. Efter en friläggning av vattendroppen samt kraftjämvikt så bör att värde på trycket fås fram som behöves uppnås för att hålla vattendroppen utanför lådan.
	Fläktar	Två fläktar längst back i respektive utrymme skapar ett övertryck i lådan. Efter en friläggning av vattendroppen samt kraftjämvikt så bör att värde på trycket fås fram som behöves uppnås för att hålla vattendroppen utanför lådan. Detta utnyttjas sedan för att dimensionera fläktarna.
	Avfuktare	Två luftavfuktare monteras på sidan av respektive utrymme. Dessa suger fukt ur luften inuti lådan med hjälp av en ström. Den torra luften absorberar de vattendroppar som tar sig innanför tätningen. Vattnet från luftavfuktarna samlas upp och släpps ut genom en öppning undertill.
	Magnet	Här används likadan gummitätning som i nuvarande Second Storage, men det som skiljer sig åt är att en magnet har lagts in i tätningen (enligt bilden), samt en motsvarande magnet monteras in i locket. Det gör att locket drar sig åt tätningen, och ett konstant tryck bildas över hela tätningen.

	Tryckkanaler	Två kanaler läggs över respektive under öppningen, en kan riktat i färdriktningen tvingar luft att färdas genom kanalerna. Vatten och smuts både ovanifrån och underifrån lägger sig i kanalerna och blir sedan bortforslat av lufttrycket.
	Värmetätning	Gummietätningen byts ut emot ett isolerande material och två metallringar monteras i locket så att de läggs mot respektive ring av isolerande material i stängt läge. Ström leds in till en kopparsprial inuti metallringarna som omvandlar den till värme. Värmen kokar sedan bort allt vatten som kommer i närheten av att ta sig in i förvaringsutrymmet. Ringarna av metall skulle också gå att använda som en spisplatta av lastbilschauffören när luckan är utfälld.
	Värmeslinga	En värmeslinga med restvärme från motorn eller/och egen ström för att generera värme läggs under lådan. När luften intui lådan värms upp så expanderar den enligt termodynamiska principer vilket leder till ett övertryck i lådan. Efter en friläggning av vattendroppen samt kraftjämvikt så bör att värde på trycket fås fram som behöves uppnås för att hålla vattendroppen utanför lådan. En bonus effekt av denna lösning är att jackor och handskar skulle kunna förvaras i utrymmet under vintertid för att göra utomhusarbete i kyig miljö mer komfortabelt.
	Spetsig hål	Öppningen/hålet på boxen är designat med en spets för att vatten som lägger sig ovanpå listen skall kunna rinna av. På bilden visas till höger en mycket grovt ritad skiss på hur öppningne skall utformas. Den vänstra öppningen illustrerar mer en verklig bild på hur öppningen kommer se ut, då hörnen alltid kommer ha en radie.

	Original Gångjärn	Original gångjärnet består av en formad stålplatta som sitter monterad på boxen, och en stålstång som sitter monterat parallellt med lockets underkant, och i locket. Dessa två delar utgör tillsammans ett gångjärn genom att stålplattans ögla sitter placerad runt stålstången.
	Inget skydd	Luckans öppning är helt exponerad nedåt emot skvätt från däck.
	Original tätning	Tätningen är av jämn tjocklek och böjd över kanten.

Bilaga 3: Elimineringssmatris

Elimineringsmatris för: Second Storage						Elimineringskriterier:	
Lösning	Lösör huvudproblemet	Uppfyller alla krav	Realiserbar	Inom kostnadsramen	Passar företaget	(+) Ja (-) Nej (?) Mer info krävs	
						Beslut: (+) Fullfölj lösning (-) Eliminera lösning (?) Sök mer info	
						Kommentar	Beslut
FartTryck	-	-	-	+	-		-
FläktTryck	+	+	-	-	+		-
GJCirkulär	+	-	+	+	+	*	-
GJeuro	+	?	+	+	-	Last	-
GJgummie	+	?	?	+	-	last, utmattning i gummi	-
GJsld	+	+	+	+	+		+
GJstandard	+	+	+	+	+		+
GJsvanHals	+	+	+	+	+		+
GJx3	+	+	+	+	+		+
LockArmera	+	+	+	+	+		+
LockHeltäck	+	+	+	+	+		+
LockIKEA	+	+	+	+	-		-
LockInbukt	+	+	+	+	+		+
LockRör	+	+	+	+	+		+
LockUtbukt	+	+	+	+	+		+
OmslutTät	+	+	?	+	-	Design oklar	-
Stålrör (pistong)	+	+	+	+	+		+
Gastrycksfjäder	+	+	+	+	+		+
skyddDubbelKant	+	+	+	+	+		+
SkyddGummieflärp	+	+	-	+	+		-
SkyddHeltäck	+	+	+	+	+		+
SkyddKaross	+	+	+	+	+		+
SkyddLitenKant	+	+	+	+	+		+
SkyddPlastVäv	+	+	+	+	+		+
StabilFlärp	+	+	-	+	+		-
TätChip	+	+	-	+	+		-
Tätd	+	+	+	+	+		+
TätDubbel	+	+	+	+	+		+
TätFlärp	+	+	+	+	+		+
TätHög	-	-	+	+	+		-
TätKatt	+	+	+	+	+		+
TätKattFler	+	+	+	+	+		+
TätRibblådd	+	+	-	+	-		-
TätRibblöck	+	+	-	+	-		-
TätTjock	+	+	+	+	+		+
TätTrippelFlärp	+	+	+	+	-		-
TätVariTjock	+	+	+	+	+		+
LuftAvtorkare	-	-	-	-	+		-
Magnet	+	+	+	-	+		-
SpetsigHål	+	+	-	+	+		-
TryckKanal	-	-	-	+	-		-
VärmeSlinga	+	+	+	-	-		-
VärmeTryck	-	-	?	-	?		-
IntegreradIKaross	+	+	+	+	+		+