

CHALMERS



Design av profilsystem

För automatiserade skjutdörrar

Kandidatarbete i Teknisk design

**CARL EKBÄCK, CORNELIA JÖNSSON, MATHILDA LHONNEUR,
LOUISE MAGNUSSON- KIVI OCH ADAM RASMUSSEN**

KANDIDATARBETE PPUX03

Design av profilsystem

Kandidatarbete i Teknisk design

**CARL EKBÄCK, CORNELIA JÖNSSON, MATHILDA LHONNEUR,
LOUISE MAGNUSSON- KIVI OCH ADAM RASMUSSEN**

HANDLEDARE: PONTUS WALLGREN

EXAMINATOR: ÖRJAN SÖDERBERG

Kandidatarbete PPUX03

Design av profilsystem för automatiserade skjutdörrar

Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet Teknisk Design

© 2014 CARL EKBÄCK, CORNELIA JÖNSSON, MATHILDA LHONNEUR, LOUISE MAGNUSSON- KIVI OCH ADAM RASMUSSEN

Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg, Sverige
Telefon +46(0) 31-772 1000

Omslagsbild: Adam Rasmussen
Tryck: Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling

Göteborg, 2014

FÖRORD

Detta projekt genomfördes som kandidatarbete våren 2014 som ett samarbete mellan Assa Abloy och Chalmers Tekniska Högskola. Projektet ingick i kursen Kandidatarbete vid institutionen för Produkt- och produktionsutveckling och omfattade 15 högskolepoäng. Projektet utfördes av en grupp på fem studenter från civilingengörsprogrammen Teknisk Design och Maskinteknik.

Gruppmedlemmarna vill tacka vår företagskontakt Sven Åsbo och övriga företagsrepresentanter Bertil Skogum, Elizabeta Tseneva, Inger Hejderup-Rydgren och Joakim Bengtsson för deras engagemang och återkoppling i projektet.

Vi vill även tacka Jonathan Nobbs och Tony Duinker för deras mottagande vid våra studieresor utomlands och expertis inom respektive område; bombsäkerhet och inbrottssäkerhet. Även ett stort tack tillägnas Isabel Ordonez Pizarro och Sara Renström för er handledning inom hållbar utveckling.

Till sist vill vi tacka projektgruppens akademiska handledare Pontus Wallgren, examinator Örjan Söderberg, industrimentor Alexandra Rånge samt våra mentorer Fredrick Ekman och Rasmus Erikson för era råd och er vägledning.

2014-05-20

Carl Ekbäck, Cornelia Jönsson, Mathilda Lhonneur, Louise Magnusson-Kivi och Adam Rasmussen

SAMMANFATTNING

Projektet har kretsats kring Assa Abloy Entrance Systems skjutdörssystem Frame, som har undersökts utifrån fyra olika aspekter: bombsäkerhet, inbrottssäkerhet, hållbar utveckling samt optimering av konstruktion.

De tre första delarna har genomförts genom inläsning av EU-standarder utifrån vilka Frame-systemets aktuella utförande utvärderats under intervjuer och observationer i Göteborg, Nederländerna och England. De brister som uppmärksammats har givits konceptuella lösningar av projektgruppen utifrån de kravlistor som producerats under arbetets gång. Koncepten har utarbetats med etablerade metoder och verktyg såsom brainstorming och morfologiska matriser samt utvärderats enligt Stuart Pughs metodik.

Konstruktionsdelen fördjupades runt det ramverk som håller samman dörrbladet.

Hörnförbindningarna samt glasningslisterna studerades fast från olika utgångspunkter. Hörnet skulle förenklas utifrån montering medan tre glasningslister skulle ersättas av en.

Den hörnförbindning som togs fram utnyttjade snäppfunktion med hakar, en för Assa Abloy obeprövad metod att sammanfoga hörn med. Två skruvar och en stålbricka i den befintliga konstruktionen kom att ersättas med en L-formad kloss.

Den slutgiltiga glasningslistan blev ställbar utifrån tre fördefinierade glastjocklekar, och även detta konceptet utnyttjar hakar som snäpper på plats för att kunna monteras utan verktyg och samtidigt erbjuda den ställbarhet som krävdes.

Koncepten visualiserades genom CAD-modeller och tekniska ritningar efter att ha verifierats med hållfasthetsberäkningar.

Koncepten har tagits fram utifrån dörrsystemet som helhet och stor uppmärksamhet har ägnats de följd effekter som uppstod vid förändringen av glasningslistan och hörnförbindningen. Detta har resulterat i ett genomarbetat, nytt utförande av dörrbladet som förhåller sig till de aspekter på produktionseffektivitet och hållbar utveckling som kan förväntas av en modern produkt idag.

ABSTRACT

The project has revolved around Besam, Assa Abloy sliding door system Frame, that has been analysed in consideration of four different aspects: blast protection, burglary protection, sustainability and optimization of construction.

The first three parts have been performed by reading European standards, from which the Frame-systems current design has been evaluated during interviews and observations in Gothenburg, Netherlands and the UK.

Observed areas in need of improvement have been given conceptual solutions by the workgroup in relation to the lists of requirements that have been produced during projects progress. The concepts have been developed according to established tools and methods, such as brainstorming and morphological, and evaluated according to Stuart Pugh's methodology.

During the fourth aspect, the construction of the door system, which holds the door leafs together, was examined in detail. Corner joints and glazing profiles were studied in regard to different objectives; corner joints with the intention of simplifying the current assembly and glazing profiles with the intention of reducing three different profiles to one.

The corner joint that was developed uses a "snap function", an unfamiliar method of merging corners for Assa Abloy. Two screws and a steel bracket, in the existing construction, were replaced with a L-shaped block.

The glazing profile that was developed became adjustable in relation to three predefined glazing dimensions. This concept also uses a "snap function" in order to allow assembly without tools and at the same time offer the adjustability that is demanded.

The concepts were visualized by CAD-models and technical drawings after they had been verified with strength calculations.

The concepts have been developed in relation to the door systems entirety and great attention has been devoted to the effects that emerged during the alteration of glazing profiles and corner joints. This resulted in a elaborate, new design of the door leaf which relates to the aspects of production efficiency and sustainable development that can be expected from a modern product today.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	5
1.3 Mål	6
1.4 Frågeställningar	7
1.5 Avgränsningar	8
1.6 Benämningar	9
2. Teori och metodbeskrivning	11
2.1 Teori	11
2.2 Metoder	16
3. Processbeskrivning	25
3.1 Fas ett	25
3.1 Fas två	26
4. Fas ett	27
4.1 Problemidentifiering	27
4.2 Hållbar utveckling	47
4.3 Bombsäkerhet	65
4.4 Inbrottssäkerhet	68
5. Fas två	75
5.1 Problemidentifiering	75
5.2 Konceptframtagning	87
5.3 Slutkonceptets utveckling	104
6. Slutdiskussion	117
7. Vidareutveckling	118
8. Slutsats	121
9. Källförteckning	122

1. INLEDNING

Lika länge som människor byggt hus har de använt sig av dörrar för att avskilja utrymmen och stänga ute såväl väder och vind som ovälkomna gäster. Dagens dörrar har fortfarande samma syfte men finns i betydligt fler utförande. Det var när stora flöden av människor behövde ta sig in och ut från lokaler som den klassiska trädörren inte längre fungerade. Automatiska dörrar i olika former utvecklades för att möta kraven i de växande städerna.

Bland de automatiska dörrarna återfinns det automatiska skjutdörssystemet som är föremålet för denna rapport. Det är en dörr som återfinns i entréer av olika slag där mycket människor ska passera utan att lägga märke till just dörren. Idag står dörren återigen inför nya utmaningar då klimat och terroristorganisationer gör att den behöver utstå påfrestningar som aldrig varit aktuella tidigare.

1.1 Bakgrund

I denna del av rapporten beskrivs bakgrunden till projektet, hur den befintliga produkt som projektet kretsar kring verkar i sin kontext samt kort om uppdragsgivaren. Bakgrunden avslutas med att uppdraget beskrivs närmare.

1.1.1 Uppdragsgivare

Uppdraget gavs av Assa Abloy Entrance Systems med säte i Landskrona. Besam är det dotterbolag inom Assa Abloy Entrance Systems som tillverkar olika typer av dörrar, bland annat skjutdörssystemet Frame. Besam grundades i Landskrona redan 1962 och har sedan dess jobbat med skjutdörssystemautomatik. Efter etablering i både Australien och Kina förvärvades Besam av Assa Abloy år 2002. Assa Abloy är i sin tur en stor multinationell företagskoncern och är världsledande inom lås- och entrésystemsbranschen.¹

1.1.2 Produkten

Produkten som behandlats i projektet är Assa Abloy Entrance Systems automatiska skjutdörssystem Frame. Systemet består av 3 huvuddelar: sidoljus, dörrblad och automatik. Sidoljuset är den del av dörren som inte rör sig och består av extruderade aluminiumprofiler vilka utgör ramsystemet för glasade ytor. Sidoljuset skruvas fast i golv och väggar och automatiken återfinns ovanför dörrbladen. Dörrbladen hängs upp på en hjulskena med hjälp av hjulslädar, vilka i sin tur är förbundna med motorn via remdrift. Öppning sker med hjälp av rörelsesensorer som tillsammans med motorenheten utgör automatiken.

¹ Besam (2009)

Dörrbladet är konstruerat av aluminiumprofiler som, likt sidoljusets profiler, fungerar som en ram till glasytan. Profilsystemet bygger på flera utanpåliggande profiler som främst är fästa i varandra med hjälp av längsgående hakar som sammanfogar profildelarna genom snäppning. Detta kompletteras med skruvförband där hållfasthetskraven är högre. Glaset är monterat med dämpande distanser och hålls på plats av en aluminium ram med gummilist mellan metall och glas. För att tätat glipor runt dörrbladen används borstlister. För mer specifika benämningar av de olika delarna, se avsnitt *1.4 Benämningar*.

1.1.3 Brukare och intressenter

Tre olika grupper av brukare identifierades. Dörren används dels av fotgängare som använder den för in- och utpassering. Denna grupp lägger främst märke till dörren när den inte fungerar som den skall. Andra gruppen som identifierades var personalen i de lokaler där dörrsystemet är monterat, för dessa har andra delar av dess funktionalitet inverkan på användningen. De kommer i kontakt med dörren i samband med låsning, justering av öppning och stängningsparametrar och vid funktions fel. När den öppnas och stängs kan inomhusklimatet påverka deras arbetsmiljö. Intressenterna är de som beställer och äger dörrsystemet, dvs. arkitekter, byggherrar och butikschefer som hyr lokalen. Dessa har krav på utseende och användning och är den grupp med mest inflytande vad gäller val av dörrsystem, men som har minst kontakt med det.

1.1.4 Kontext

Dörrsystemet Frame används främst som en öppningsbar barriär mellan utomhus- och inomhusmiljö. Den fungerar därmed inte bara som ett skydd mot väder och vind utan är en del av lokalens skydd mot inbrott.

Dörrsystemet återfinns i stor utsträckning på den svenska och europeiska marknaden och installeras främst i offentliga byggnader där många människor passerar, till exempel in och ut ur matbutiker, detaljhandelsbutiker i köpcentrum, hotell och stora affärslokaler. Dörrsystemet kan monteras vid både nybyggnation och i befintliga byggnader även om det senare kan kompliceras genom toleranskrav på monteringsytorna och utrymmesmässig begränsning då dörrbladens rörelsebana måste vara fri från hinder. Frame-systemet ska fungera tillsammans med klimatkontrollerande åtgärder som lufttridåer och det ska gå att montera i dubbel konfiguration som en luftsluss för att inomhusklimatet skall hållas så stabilt som möjligt.

1.1.5 Uppdraget

Detta projekt utgjorde en del av en uppdatering av Frame-systemet då det befintliga var över tio år gammalt. Under den utvecklingen gavs chansen att anpassa systemet för en bredare marknad där specifika områden, som till exempel hållbar utveckling, ställer höga krav på produkten. För att skapa ett flexibelt modulsystem, där nya lösningar skulle kunna implementeras, behövde dessa områden kartläggas vilket var en del av projektet. Detta skulle ske tillsammans med utvecklingen av tekniska koncept.

I projektet behandlades Frame-systemet utifrån två huvudsakliga aspekter: dels en kartläggning av områdena hållbar utveckling, inbrottssäkerhet och bombsäkerhet. Utöver det behandlades det utifrån ett tekniskt perspektiv där fokus låg på att minska antalet glasningslister och förbättra den befintliga hörnförbindningen. Vid kartläggningen var inte målet att göra om dörrbladet i sig utan att utreda aspekternas applicerbarhet på systemet och möjligheten att förbättra egenskaperna inom dessa områden. Kartläggningen motsvarade en produktutvecklingsprocess fram till skissartade principlösningar, medan konstruktionsdelen skulle utvecklas vidare till ett färdigt produktkoncept.

1.1.6 Hållbar utveckling

Utmaningarna som Assa Abloy beskrev inom hållbar utveckling hade utgångspunkt i användningsfasen. Problemen uppstod därför att dörrarna befann sig mellan två miljöer, inomhus och utomhus, mellan vilka luftens temperatur skiljer sig. De önskade minska energiåtgången då varm eller kall luft måste tempereras för att inte påverka inomhusklimatet. Därmed önskades dörrsystem som var så täta som möjligt när de var stängda för att minska energiförluster. Assa Abloy beskrev att efterfrågan av täta dörrar ökade snabbt och att denna produkt typ kunde bli ett måste för att behålla andelar på marknaden.

1.1.7 Inbrottssäkerhet

Assa Abloys sortiment innehöll under projektet inga inbrottssäkra dörrar; önskade kunden en speciell grad av inbrottsäkerhet hos en produkt var denna tvungen att specialtillverkas. Det var en dyr och omständlig process och standardiserade lösningar var därför efterfrågade. Skjutdörrar anpassades enligt standard för inbrottsäkerhet genom ett säljkontor i Nederländerna och Assa Abloy ville att kartläggningen skulle innehålla säljkontorets anpassningsåtgärder, deras implementering och om förändringarna gick att tillämpa som tilläggsmoduler i den ordinarie tillverkningen.

1.1.8 Bombsäkerhet

Assa Abloy var under projektet det enda företag som kunde erbjuda dörrsystem som kunde motstå tryckvågor orsakade av bomber och var certifierade enligt ISO genom praktiska tester. Detta var en produkt som var dyr att tillverka men samtidigt beredde väg in på marknaden; köper en flygplats bombsäkra skjutdörrar från Assa Abloy är chansen stor att även projektets övriga dörrsystem inhandlas av dem. Assa Abloy trodde att detta var en produkt vars marknad kommer öka och ville därför kartlägga exakt hur dessa dörrar gjordes i Storbritannien för att kunna tillverka dem på ett standardiserat sätt till en rimlig kostnad.

1.1.9 Konstruktion

Konstruktionsdelen var av mer fördjupande karaktär än delarna som behandlade hållbar utveckling, inbrottskydd och tryckvågsbeständiga dörrar. Samtidigt låg kunskapen från dessa områden till grund för vidareutvecklingen av profilsystemet. Det förelåg höga krav på att dörrsystemet skulle bibehålla en likvärdig nivå av flexibilitet för olika existerande tilläggsmoduler samt att möta existerande standarder.

1.1.10 Glasningslistor

Då de olika glastjocklekarna i det befintliga Frame-systemet krävde olika glasningslistor, det vill säga den aluminiumlist som höll glaset på plats i dörrbladet. Det efterfrågades en ny ställbar lösning, där antalet komponenter minskades i så stor utsträckning som möjligt. En glasningslist som skulle kunna hantera flera glastjocklekar skulle kunna åstadkomma detta samt underlätta montering.

1.1.11 Hörnförbindelser

Fokus för arbetet med hörnförbindelser var att skapa ett smartare och smidigare hörn. Den befintliga hörnförbindningen bestod av tre delar som krävde ett visst mått av manuell passning under montering. Den bestod av två typer av extrakomponenter; stålbricka samt skruvar. Montering av dem krävde avverkande bearbetning av aluminiumprofilerna i flera steg. Smartare och smidigare hörnförbindelse innebar att försöka minska antalet komponenter och material, samt underlätta eller eliminera krav på manuell inpassning vid montering. Ytterligare en utgångspunkt var att konstruktionen skulle möta krav från standarder för inbrottsäkerhet eller medge sådan förstärkning för framtida anpassning.

1.2 Syfte

Syftet var att undersöka hur ett av företagets befintliga dörrsystem kunde utvecklas inom fyra områden, varav området konstruktion även innebar utveckling av produktkoncept:

1.2.1 Hållbar utveckling

Syftet var att utveckla ett sätt att skydda inomhusmiljön mot påverkan av ytermiljön såsom kyla och/eller värme.

1.2.2 Inbrottsäkerhet

Syftet var att utveckla ett sätt att förhindra att glaset kunde avlägsnas från dörren eller att dörren kunde forceras ur sitt låsta läge.

1.2.3 Bombsäkerhet

Syftet var att undersöka hur dörrsystemet konstruerades idag för att uppnå de krav som fanns på tryckvågsbeständiga dörrar.

1.2.4 Konstruktion

Syftet var att reducera antalet glasningslister samt undersöka möjligheten att underlätta montering av glaset.

Syftet var även att utveckla en mer ändamålsenlig hörnförbindning.

1.3 Mål

Projektet skall resultera i väl utvecklade koncept på en ny hörnförbindelse samt en ny konstruktion för fixering av glas, som medger flera olika glastjocklekar. Koncepten skall beskrivas genom tekniska ritningar, och stor hänsyn till konstruktionspåverkan utifrån fördjupningsområdena hållbar utveckling och inbrottssäkerhet skall tas.

Tre rapporter som behandlar fördjupningsområdena hållbar utveckling, inbrottssäkerhet och bombsäkerhet skall produceras som en del i arbetet att anpassa den nya versionen av Frame-systemet för kraven som respektive område medför.

1.4 Frågeställningar

Hur kan det befintliga dörrsystemet utvecklas med avseende på hållbar utveckling?

Hur har Frame-systemet anpassats till rådande EU-standarder rörande inbrottsäkerhet?

Hur kan dessa lösningar inkorporeras i det befintliga dörrsystemet?

Hur klassificeras ett dörrsystem utifrån ISOs standarder med avseende på bombsäkerhet?

Går den befintliga glasfixeringen att anpassa så att samma glasningslist och gummilist kan hålla glas med dimensionerna 6, 8 och 22 [mm]?

Hur kan den befintliga hörnförbindelsen förbättras med avseende på monterings effektivitet, hållbar utveckling och minskat antal komponenter?

1.5 Avgränsningar

Projektets avgränsningar delades in i två kategorier beroende på vilken fas på projektet de behandlade.

1.5.1 Kartläggning utifrån hållbar utveckling, inbrottssäkerhet och bombsäkerhet

Frame-systemet behandlades utifrån systemet som helhet men ett fördjupat fokus lades vid de delar som under kartläggningen visade sig ha stor relevans.

1.5.2 Konstruktion av glasningslist och hörnförbindelse

Frame-systemet behandlades utifrån dörrbladens komponenter, med specifikt fokus på aluminiumprofilernas utformning.

Komponenter i dörrbladet som uteslöts ur utvecklingsprocessen*:

Dörrautomatik och elektronik
Glasade ytor
Låsenheter
Hjulslädar för dörrbladsupphängning
Golvstyrningskomponenter

**Dessa komponenters inverkan på utformningen av aluminiumprofilerna omfattades av processen, men teknisk utveckling av dem som konstruktionselement ingick ej.*

1.6 Benämningar

För att förenkla läsningen av rapporten och förklara återkommande begrepp skapades en sammanfattande lista med hänvisningar till illustration (se figur 1).

Företaget är uppdragsgivaren Assa Abloy Entrance Systems, en division i Assa Abloy-koncernen.

Besam är det företag inom divisionen Entrance Systems som tillverkar Frame-systemet.

Dörrsystemet avser dörrsystemet Frame.

Dörrblad avser de rörliga panelerna i ett dörrsystem. (2)

Sidoljus avser de fasta paneler vilka dörrbladen löper parallellt med vid öppning och stängning av systemet. (3)

Profildel, Aluminiumprofil avser komponenter i dörrsystemet bestående av extruderad aluminium (se bild 1) (4)

Huvudprofil är benämningen på den/de aluminiumprofiler som utgör den centrala stommen i systemet på vilka andra profiler och komponenter monteras. Går även under benämning: 701602, 701575.

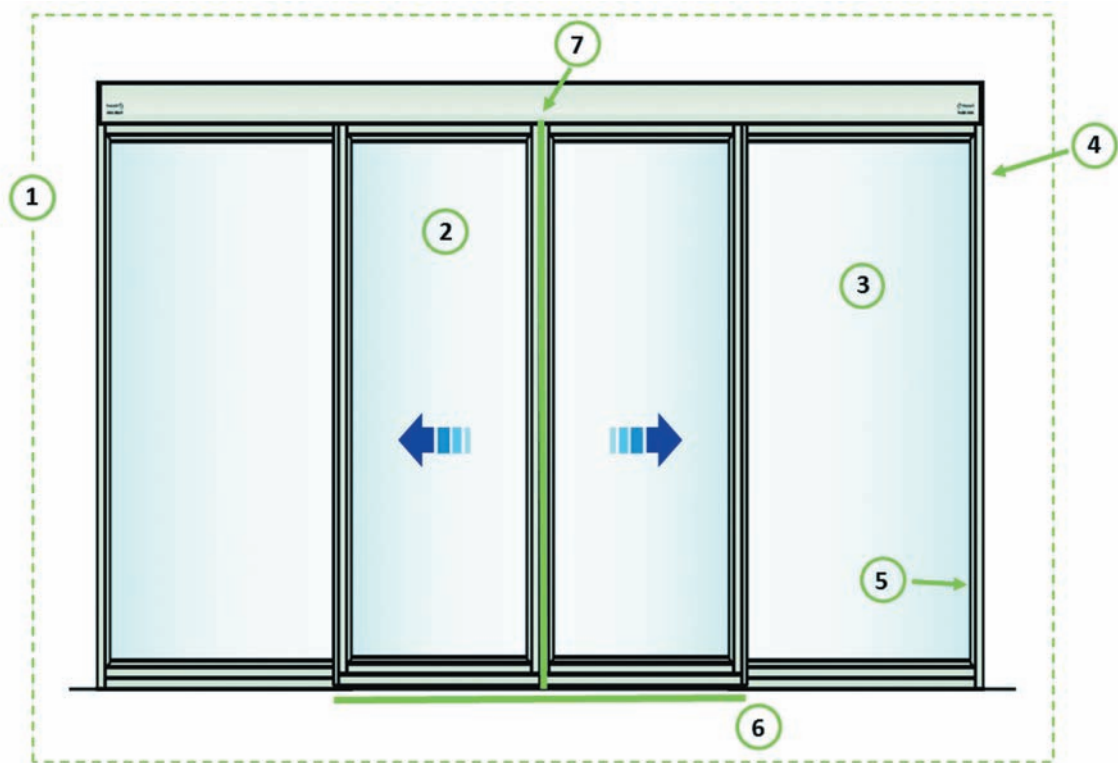
Gummilist mot glas/tätninglist innebär de gummilister som fixerar glaset och tätar mellan huvudprofil och glas samt glasningslist och glas. Går även under benämning: 701573, 701574, 701635. (5)

Glasningslist är den aluminiumprofil som fixerar glasrutan i dörrbladet och sidoljuset.

Styrlisten, Golvstyrningströskeln är den profildel i vilken golvstyrningen löper. Går även under benämning: 701544. (6)

Borste/borstlist är benämningen på de nylonborstar som används för att täta mellan fasta och rörliga delar i systemet.

Butikspersonal refererar dels till just butikspersonal men innefattar i denna rapport även brukargruppen entrépersonal och personal som arbetar i anslutning till dörrsystemet.



Figur 1 Dörrsystem med de olika benämningarna utmärkta

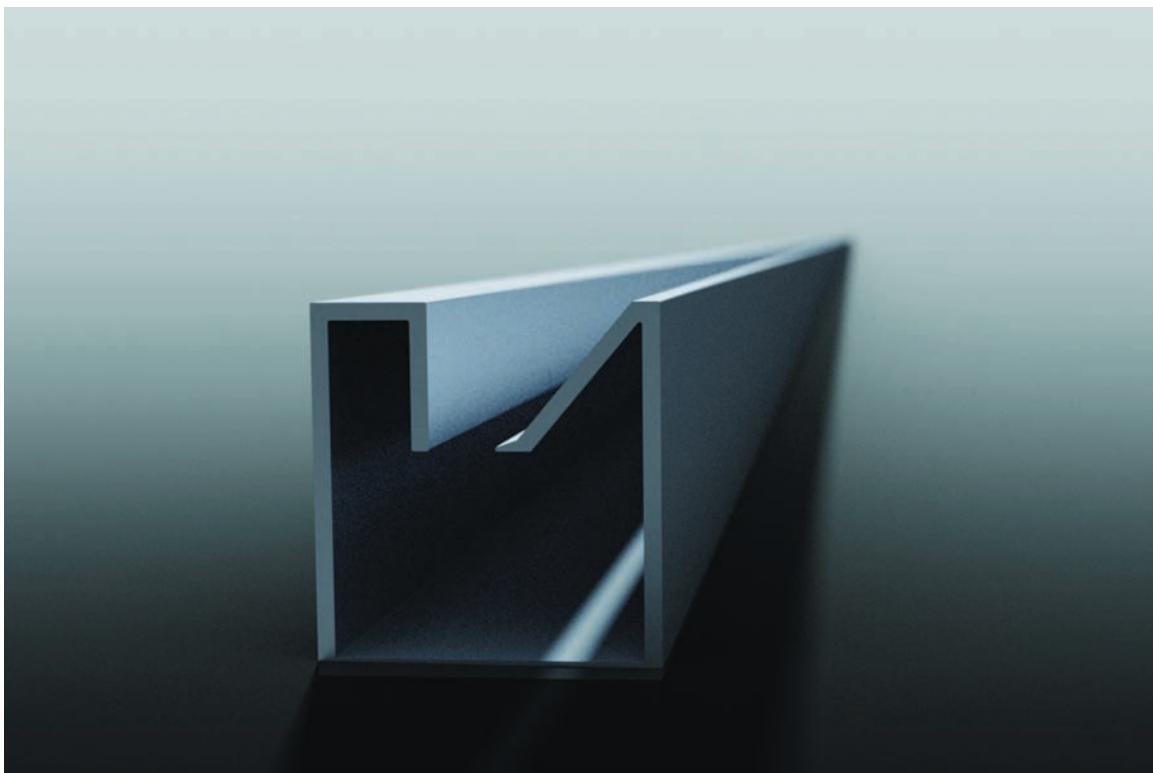


Bild 1 Tvärsnittsbild på extruderad aluminiumprofil

2. TEORI OCH METODBESKRIVNING

Teori- och metodavsnittet innehåller grundläggande information om projektets teoretiska områden och de metoder som använts i projektprocessen.

2.1 Teori

Denna del behandlar extrudering av aluminium vilket är den aktuella tillverkningsmetoden samt hållbar utveckling, inbrottsäkerhet och bombsäkerhet vilket är de olika delarna som behandlas i fas ett.

2.1.1 Aluminiumprofiler

2.1.1.1 Aluminium²

Aluminium är den näst mest använda metallen efter järn. Detta tack vare metallens goda egenskaper i form av: låg vikt, hög hållfasthet, god formbarhet, den enkla bearbetningen, korrosionsbeständighet samt den goda ledningsförmågan av värme och elektricitet. Aluminium har lång livslängd och återvinns med fördel vilket gör att uppskattningsvis 75% av det aluminium som någonsin utvunnits fortfarande används. Det ger rättvisa åt den kostsamma framställningsprocessen då omsmältning bara kräver ca 5% av energin som går åt vid smältelektrolys, vilket är huvudprocessen vid förädling ur bruten bauxit.

2.1.1.2 Aluminiumprofiler³

Aluminiumprofiler, som tillverkas genom strängpressning (eller extrudering), är längder av aluminium med ett uniformt tvärsnitt. Genom väl uttänkt utformning av tvärsnittet kan många funktioner vävas in i profilen och underlätta hopsättning och utformning av den slutgiltiga produkten.

Strängpressning av aluminium går till så att materialet, götet, förvärms till arbetstemperatur, vilket är 400-500 grader i en induktionsugn, och pressas sedan genom en matris som ger profilen dess önskade tvärsnitt. Matrisen som kostar mellan 8000-50 000 kronor kan användas många gånger och det gör att tekniken är relativt billig. Efter pressningen kyls de 25-45 meter långa profilerna och sträcks för att bli raka och fria från spänningar. Därefter kapas de upp i önskade längder och de efterbearbetningar som krävs görs, så som fräsning, stansning eller borring och till slut kan de målas eller anodiseras.

Det är relativt fritt hur tvärsnittet kan utformas. Grundläggande är att inga 90-gradiga hörn kan konstrueras utan alla hörn kräver en radie på som cirka 0,4 [mm]. Att arbeta med aluminium har fördelen av att aluminium är ett lätt material och profilerna kan utformas för väldigt liten materialåtgång vilket ger väldigt lätta men starka och styva konstruktioner.

² Sapa (2014)

³ Sapa (2014)

2.1.2 Bombsäkerhet⁴

I takt med samhällets utveckling har risker för avsiktliga- och oavsiktliga explosioner ökat. Globalisering av energitillförsel, industriella processer och varierande nivåer av terrorhot vilket kan få konsekvenser på internationell nivå med stor påverkan på offentliga miljöer.

2.1.2.1 Tryckvåg

En explosion är en process i vilken energi frigörs snabbt och ger upphov till en tryckvåg. Vid en explosion har tryckvågor stor påverkan på omgivningen, följaktligen är tryckvågor den huvudsakliga parametern i åtanke vid utveckling av sprängskydd.

Då en bomb detonerar uppstår från kärnan av explosionen en tryckvåg som rör sig med en vågrörelse. Tryckvågen består av en initial positiv fas följt av en negativ fas, ett mönster som växelvis upprepas med minskande kraft för varje upprepad fas. Då tryckvågen når dörrsystemet kommer de positiva och negativa faserna påverka systemet med krafter i motsatta riktningar.

Kollisionskraften från tryckvågor beror på storleken av den detonerade bomben (avgör storleken av den resulterande explosionen) samt avståndet tryckvågen färdas innan den når sitt utsedda mål. Avståndet från detonationsplats till mål kommer att påverka varaktigheten av tryckvågens faser; ett större avstånd resulterar i en längre varaktighet med mindre kraft, och ett kortare avstånd resulterar i en kortare varaktighet med mer kraft. Följaktligen betraktas både avstånd och sprängverkan som två ställbara parametrar vilka definierar resultatet av tryckvågens verkan.

2.1.2.2 Standard och klassificering

Tryckvågsbeständighet klassificeras och testas utifrån ISO 16933.

2.1.2.3 Arenatest

Arenatest genomförs i syfte att analysera och klassificera dörrsystemets utifrån hur de påverkas av tryckvågor från högexplosiva bomber. Metoden används för att utvärdera effekten av tryckvågor i samband med detonering av högexplosiva bomber i en kontrollerad miljö. Testområdet består av ett 100*100 [m] kvadratisk betongfundament och ovanpå är testobjekt placerade runt fundamentets mittpunkt vid enligt standard angivet avstånd. Testobjektet (dörrsystem) monteras i ett slutet ramverk av betong och en kontrollerad detonering av bomb sker från testområdets mittpunkt. Denna metod tillämpas i en öppen miljö vilket innebär att resulterande tryckvågor kommer färdas ohindrat mot sitt mål, jämfört med tester i en tunnel där tryckvågorna riktas mot målet då dess rörelsefrihet är begränsad av den slutna miljön.

⁴ ISO 16 933 (2007)

2.1.2.4 Klassificering av dörrsystem

Det finns inga krav på att dörrsystemet ska vara funktionellt efter påverkan av tryckvåg utan klassificeras enligt den skada som uppstår i omgivningen i anslutning till skyddssidan, det vill säga bakom dörrsystemet i förhållande till explosionen.

Orsakad skada syftar till spridning av lösa komponenter/partiklar och förhåller sig till storlek, avstånd och höjd av spridningen. Bakom dörrsystemet (skyddssidan) sitter en panel monterad ("witnesspanel") [8] på ett specificerat avstånd. I förhållande till orsakad skada på panelen analyseras dörrsystemet för att sedan klassificeras i förhållande till sprängverkan och avstånd från detonering.

2.1.3 Hållbar utveckling

De metoder som användes vid denna fas i förhållande till hållbar utveckling omfattades av cirkulär ekonomi, *cradle to cradle* och genomsnittlig värmegenomgångskoefficient.

2.1.3.1 Cirkulär ekonomi⁵ och *cradle to cradle*⁶

Cirkulär ekonomi är en modell som syftar till att minska mängden produkter och återanvända de som produceras med så liten materialdegradering som möjligt. Motsatsen är linjär ekonomi, som innebär att varje användare har en egen produkt som läggs undan eller slängs när den anses förbrukad. Att arbeta med cirkulär ekonomi innebär att få de ingående materialen att cirkulera, att få många användare att använda samma produkt och därmed minska mängden produkter eftersom de som finns används mer effektivt. Re-cirkulation av material i så tidigt skede som möjligt eftersträvas med.

Idén kommer ur *cradle-to-cradle*-initiativet som bland annat innebär att alla material ska cirkulera i system beroende på om det är tekniska eller organiska material. Detta för att återvinning ska underlättas. Material såsom kompositer är inte att föredra, utan redan i designprocessen ska val göras för att underlätta separering av materialen vid produktens återbruks- eller återvinnings fas. Även energin som används vid produktion och transport ska cirkulera.

Anledningen till att dessa modeller har vuxit fram är medvetenheten om att jordens resurser är ändliga.

⁵ Walter Stahel (1970)

⁶ Braugart och McDonough (2002)

2.1.3.2 Genomsnittlig värmegenomgångskoefficienten U_m ⁷

Den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten avser klimatskärmen runt byggnader. Olika krav finns beroende om byggnaden är ett bostadshus eller en lokal. En klimatskärm är ett begrepp som avser den yttre barriären i en byggnad, det vill säga väggar ytterväggar, golv, tak med mera. Boverket har krav på U-värdet för klimatskärmen som helhet vilket är ett slags genomsnitt för hela byggnaden. Om något parti av byggnaden har högre U-värde måste detta kompenseras för i någon annan del i klimatskärmen.

Värmegenomgångskoefficienten ges av:

$$U_m = \frac{(\sum_{i=1}^n U_i A_i + \sum_{k=1}^m I_k \Psi_k + \sum_{j=1}^p \chi_j)}{A_{om}}$$

U_i = Värmegenomgångskoefficient för byggnadsdelen (W/m^2K).

A_i = Arealen för byggnadsdelens yta mot uppvärmd inneluft (m^2), för fönster, dörrar, portar och liknande beräknas A_i med karmyttermått.

Ψ_k = Värmegenomgångskoefficient för den linjära köldbryggan k (W/m^2K).

I_k = Längden mot uppvärmd inneluft av den linjära köldbryggan k (m)

χ_j = Värmegenomgångskoefficienten för den punktformiga köldbryggan j (W/K).

A_{om} = Sammanlagd area för omslutande byggnadsdelars* ytor mot uppvärmd luft (m^2).

**Omslutande byggnadsdelar är byggnadsdelar som begränsar uppvärmda delar av lokaler mot luft, mark och icke eller delvis uppvärmda områden.*

2.1.4 Inbrottssäkerhet⁸

Grundskydd mot inbrott bedöms vara en vedertagen egenskap hos entréer på den nivå att en inbrottstjuv inte ska få omedelbar åtkomst vid inbrottsförsök. Olika verksamheter kräver olika nivåer av skydd, dels för att skydda egendomen och dels för att kunna försäkra den. Det finns många typer av inbrottskydd; den fysiska barriären som dörrpartiet i det här fallet utgör, extra barriärer som galler eller jalousier, larmsystem och väktare. Behov och krav på produkten varierar med kontexten och med de olika typer av skydd som kan användas. För att kunna klassificera dörrsystem och bedöma dess roll i kontexten samt se till att ett fullgott skydd uppnåtts finns flera olika standarder. De kan vara utvecklade och applicerade i olika utsträckning på olika marknader, vilket kan göra det svårt att ha en produkt med tekniska lösningar som fungerar överallt.

⁷ Hassan (2009)

⁸ EN 1627 (2009)

2.1.4.1 Standarder

Inom EU finns en gemensam standard för inbrottssäkerhet gällande entréer där skjutdörrar är en av produkttyperna. Syftet med denna standard, EN 1627, är att skapa en gemensam marknad där individuellt utformade nationella standarder inte är ett hinder för produkter att säljas i andra länder. Den syftar även till att säkerställa en viss kvalitetsnivå på produkter som finns på marknaden. Att införa nya standarder på en marknad som redan förhåller sig till befintliga standarder är en långsam process och i övergångsfasen kan det vara rörigt och oklart vad som gäller och hur det appliceras.

Försäkringsbolag har en drivande roll då deras kravsättning för möjligheten till försäkring driver processen till viss del, och vilken standard de hänvisar till avgör vad som efterfrågas på marknaden. Själva klassificeringen av dörrsystemen är en process som kostar pengar vilket kan skapa ett visst motstånd mot införandet av nya standarder. Detta vägs mot att kunna använda klasscertifieringen som ett säljargument och den ökade försäljningspotential det kan innebära.

2.1.4.2 Standard EN 1627

Europeiska standarden EN 1627 - *Pedestrian doorsets, windows, curtain walling, grilles and shutters - Burglar resistance - Requirements and classification*, är mycket omfattande och dess testmetoder finns beskrivna i EN 1628, EN 1629 och EN 1630 vilka behandlar statiska och dynamiska tester samt manuella inbrottsförsök i testmiljö. Standarden behandlar flera produkttyper varav dörrsystem av skjutdörrstyp ingår i typ 2-produkter beskrivna som "En produkt som har ett solitt och styvt dörrblad eller öppningselement och, där huvudsakliga öppningsmekanismens rörelse är skjutning." Den europeiska standarden består av skyddsklasser 1-6 där 6 är den säkraste klassificeringen. Upp till klass 3 avser skydd mot den opportunistiske inbrottstjuven och de högre klasserna kräver även skydd mot elektriska verktyg då de ska motsvara skydd mot mer förberedda och planerade inbrottsförsök. Testproceduren utgörs av tre delar: statisk belastning, dynamisk belastning samt ett manuellt inbrottsförsök.

2.1.4.2.1 Statiskt belastningstest

Det statiska testet utförs genom belastning på flertalet punkter på dörrbladet, varvid avvikelser från ursprungsläget mäts. Det kan vara både förskjutning och utböjning av dörrbladet.

2.1.4.2.2 Dynamiskt belastningstest

En vikt släpps från en utifrån klassen specificerad höjd och ska träffa flera olika punkter på dörrbladen, något som ska efterlikna en spark eller axeltackling.

2.1.4.2.3 Manuellt inbrottsförsök

Under en begränsad tid får personer väl införstådda i konstruktionen genomföra inbrottsförsök med verktygsset som motsvarar specifik motståndsklass.

2.2 Metoder

I detta kapitel presenteras de metoder som använts i projektet. Dessa är sorterade enligt datainsamlingsmetoder, analysmetoder, idégenerering och utvärdering.

2.2.1 Datainsamlingsmetoder

2.2.1.1 Brukarstudie

En brukarstudie utförs för att utreda aspekter kopplade till vad användarna tycker om en produkt eller tjänst samt hur de använder den. I en brukarstudie genomförs vanligtvis både intervjuer och observationer för att få en heltäckande bild kring brukarens relation till produkten.

2.2.1.2 Intervjuer⁹

Intervjuer innebär att ett antal frågor ställs till en intervjuperson och dennes svar registreras. Det är ett sätt att samla in data som kan användas för att förstå de problem som finns och kunna generera kravlistor. Resultaten av en intervju kan vara av antingen kvantitativ eller kvalitativ form beroende på hur den är upplagd. Strukturerade intervjuer, ofta enkäter, med i förväg välformulerade frågor genererar oftast kvantitativ data medan ostrukturerade intervjuer med ett friare manus där fokus ligger vid att diskutera fritt kring ett ämne resulterar i kvalitativ data. Det finns även en kombination av de båda tidigare nämnda intervjutyper; semistrukturerad intervju. *Probing* är en metod som används för att få mer utvecklade och djupare svar. Det går ut på att följdfrågor ställs såsom “varför?” och “vill du utveckla?”.

Planeringen av intervjun inleds med att frågor formuleras utifrån vad som skall undersökas. Det är vanligt att *brainstorma* kring frågorna för att utveckla och optimera dem. Strukturen bör vara sådan att de generella frågorna kommer först följt av de mer specifika. Frågor kring kända ämnen bör komma innan okända. Det är viktigt att testa intervjuguiden innan intervjun för att undvika att frågorna missförstås, därefter bokas intervjuerna, genomförs och sammanställs. Ett genomtänkt val av intervjupersonerna bör genomföras för att få så stor bredd på svaren och data som möjligt. Viktigt att ha i åtanke är att resultaten bygger på vad en person säger vid ett specifikt tillfälle och vid den specifika tidpunkt då intervjun äger rum.

⁹ Karlsson (2007)

2.2.1.3 Observationer¹⁰

Observation som datainsamlingsmetod innebär att undersökaren iakttar användningen av en produkt eller utförandet av ett moment. Hur produkten används kan antingen registreras skriftligt eller filmas.

En observation kan ske i den verkliga användningsmiljön eller under en försökssituation. Försökspersonens beteende och hur denne använder produkten i praktiken är av intresse för att kunna observera användningssvårigheter. Detta kan sedan resultera i en problemlista eller frekvens tabell över hur ofta ett visst problem uppkommer under användning. En observation bör kombineras med intervjuer där det framgår hur användaren tänker och känner i användningssituationen och kan motivera sina beslut. Observationer är ett bra komplement till intervjuer då användaren inte alltid är medveten om hur denne använder produkten i praktiken och därför utelämnar viktigt information vid återberättandet.

Observationer kan vara öppna; försökspersonen är väl medveten om att denne blir iakttagen. De kan vara slutna; försökspersonen är inte medveten om att denne blir iakttagen. Om de är strukturerade sker dessa i kontrollerad miljö, till exempel laboratorium och uppgifter sker oftast i förutbestämd ordning enligt manus. Ostrukturerade innebär att observationen genomförs utan definierade uppgifter i fält.

2.2.1.4 Systemmodell¹¹

En Systemmodell definierar vad som ingår i ett givet system. De gränser och den tydliga definition som Systemmodellen etablerar kan underlätta vid systemanalyser som exempelvis livscykelanalys. Beroende på hur systemet avgränsas ges olika förutsättningar och en konsekvent hantering av systemgränser är en förutsättning för jämförbarhet mellan olika analyser.

Systemmodellen kan med fördel användas för att kommunicera vilka komponenter som ingår i ett system. För att ytterligare förklara dess uppbyggnad kan uppdelningar i, och utbyten mellan, subsystem och system inkluderas i modellen. Detta ger en överblick och förmedlar kunskap om hur hela systemet kan påverkas av en förändring i något led. Hur många nivåer som systemmodellen innefattar beror på i vilken utsträckning det är intressant att kartlägga konsekvenser av systempåverkan; från komponentnivå till samhällsstrukturer på global nivå.

¹⁰ Karlsson (2007)

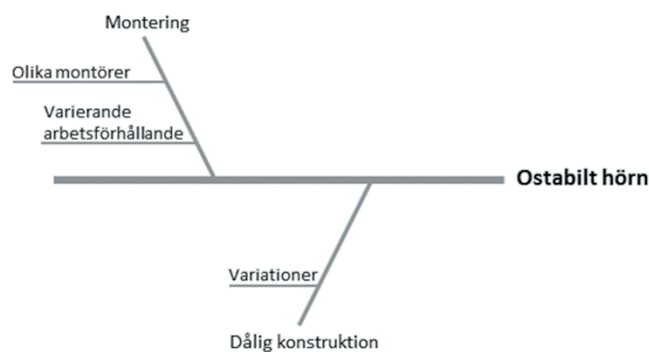
¹¹ Kurskompendium, Hållbar utveckling (2013)

2.2.2 Analyismetoder

2.2.2.1 Fiskbensdiagram¹²

Fiskbensdiagram (Ishikawadiagram) används för att strukturera orsaks- och verkansamband, det vill säga koppla ett problem till dess möjliga orsak. Diagrammet används främst för att se vilka krav, delkrav och önskemål som finns, och i sin tur skapa en översiktlig bild av deras struktur (se figur 2).

Problem eller krav definieras, varefter de aspekter som påverkar det identifieras och ställs upp i "fiskbensstrukturen". Efter detta bestäms delaspekter som i sin tur påverkar de huvudsakliga aspekterna. De mest betydande aspekterna ringas in och arbetas vidare med.



Figur 2 Exempel på uppbyggnad av ett fiskbensdiagram

2.2.2.2 Funktionsanalys¹³

En produkts funktioner kan delas upp i huvudfunktion, som är kopplad till produktens huvudsyfte, och delfunktioner som finns för att kunna uppfylla huvudfunktionen. Stödfunktioner kan också inkluderas, vilka inte har lika hög prioritet men som likväl är uppbyggda av delfunktioner.

Funktionsanalysen används i produktutvecklings- eller utvärderingsprocesser för att identifiera kritiska moment eller funktioner. Resultatet används sedan som underlag vid framtagning av kravspecifikation.

¹² Kaoru Ishikawa (1960)

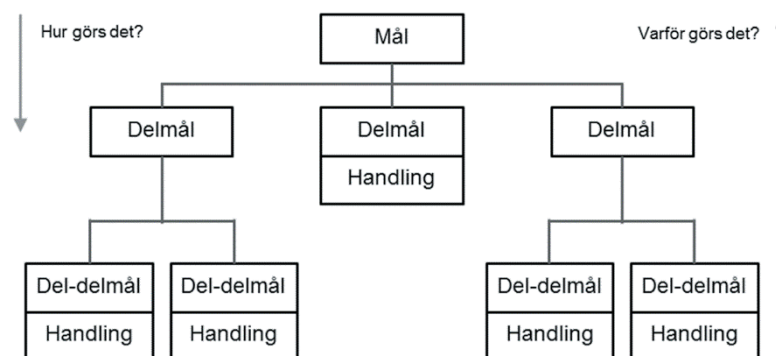
¹³ Österlin (2010)

2.2.2.3 Heuristic Task Analysis (HTA)¹⁴

HTA är en hierarkisk uppgiftsanalys och är en form av systembeskrivning som syftar till att bryta ner en specifik uppgift i mindre handlingar. HTAn beskriver systematiskt hur uppgifter genomförs vilket ska ge en organiserad bild av produktens funktioner, deras uppbyggnad och relationer sinsemellan. Analysen inleds genom att huvudmålet identifieras, det är sedan detta som bryts ned i rangsystem av mål och operationer eller handlingar. Resultatet presenteras ofta grafiskt (se figur 3).

Det mål som skall uppnås uttrycks i form av verb plus substantiv, till exempel *äta äpple*. Delmålen på samma nivå bör uppnå samma abstraktionsnivå; uppdelningen avslutas då det inte längre anses meningsfullt att beskriva operationerna mer detaljerat. Till denna kan villkor läggas till vilka måste uppfyllas för att ett mål ska betraktas som uppnått. Även handlingar kan läggas till som förklaring till vad som krävs i form av konkret handling för att uppnå målet.

HTA används för att strukturera och gruppera arbetsmoment men också för att kunna jämföra operationer, dess komplexitet och uppmärksamma potentiella användarvänlighetsproblem.



Figur 3, Exempel på hur en HTA kan se ut

¹⁴ Stanton (2006)

2.2.2.4 Life Cycle Assessment (livscykelanalys)¹⁵

Livscykelanalys används för att kartlägga miljöpåverkan under en produkts hela livstid. En livscykelanalys kan göras på all mänsklig aktivitet men i produktutvecklings-sammanhang är det oftast mest intressant att jämföra produkters miljöpåverkan.

Livscykelanalysen ska innehålla utvinning av råmaterial, frakt, produktion och vad som händer när produkten kasseras. Analysen görs lämpligen med hjälp av speciella beräkningsmodeller som utifrån databaser med information om materials och processers miljöpåverkan, ger konkret och jämförbar information om produktens eller aktivitetens miljöpåverkan utifrån flera olika aspekter.

2.2.2.5 Eco-cost¹⁶

Eco-cost är ett verktyg för att förtydliga resultaten från LCA. En tilläggstjänst räknar om miljöpåverkan till reda pengar och på så vis blir det tydligt hur mycket det kostar att framställa produkten på det för miljön skadliga sättet.

2.2.2.6 Intressentanalys¹⁷

En intressentanalys görs för att kartlägga vilka som är inblandade i ett projekt och hur de kan påverka processen och resultatet. Intressenter kan vara målgrupper, politiker, kollegor, samarbetspartners, myndigheter, leverantörer, konkurrenter med mera. Intressentanalysen kan exempelvis vara ett av underlagen för prioriteringen av krav.

2.2.2.7 Kundsegmentmatris¹⁸

Då många olika personer kan komma i kontakt med en produkt vid exempelvis inköp och under användning, är det relevant att lista dessa i en tabell eller matris för att undersöka hur stort inflytande de har över produkten i olika skeden. Personerna kan ha roller som kunder, användare eller intressenter. I tabellen (eller matrisen) listas karaktärsegenskaper så som *användningsfrekvens* eller *inflytande på köpbeslut* för att kunna identifiera i vilken utsträckning en grupp kan påverka inom ett specifikt område eller interagera med produkten. Detta görs genom att gradera intressenternas påverkan på en skala med utifrån syftet lämplig gradering; exempelvis låg, medel och hög. Tabellen kan sedan användas för att säkerställa att man tagit hänsyn till alla viktiga aspekter inom projektet.

2.2.2.8 Marknadsanalys¹⁹

Då en produkt skall tas fram bör en kartläggning över marknaden göras. Den kan behandla olika områden som exempelvis konkurrenter, deras produkter, prisnivå, marknadspotential utifrån efterfrågan, om man kan skapa efterfrågan med mera. Kan göras mer eller mindre strikt och utförlig.

¹⁵ ISO 14040 (2006)

¹⁶ Dr. ir Joost G. Vogtländer (2001)

¹⁷ Lindstedt och Burenus (2003)

¹⁸ Karlsson (2007)

¹⁹ Karlsson (2007)

2.2.2.9 Paretodiagram²⁰

Paretodiagram är ett sätt att prioritera krav utifrån deras prioriteringsgrad och hur ofta de förekommer bland intressenter med varierande inflytandegrad (se diagram 1).

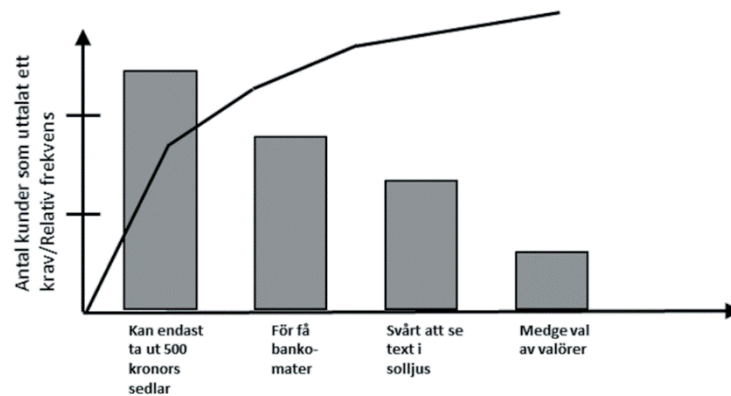


Diagram 1 *Principen med paretodiagram*

2.2.2.10 Stratifiering²¹

Stratifiering används för att gruppera data efter dess gemensamma nämnare. Detta görs för att upptäcka samband och likheter, kunskap som sedan appliceras för att gruppera och prioritera krav.

Insamlad data sorteras efter en gemensam nämnare, till exempel vad olika intressenter ställer för krav på en produkt. Resultatet presenteras sedan i en översiktlig tabell (se tabell 1).

Nummer	Intressenter	Krav
1	Arkitekter	Utseende
2	Fastighetsägare	Utseende, hållbarhet, pris

Tabell 1 *Exempel på hur stratifiering kan se ut*

²⁰ Vilfredo Pareto (1848-1923)

²¹ Karlsson (2007)

2.2.3 Idégenerering

2.2.3.1 Brainstorming²²

Brainstorming kan översättas som *hjärnstorm* och är en metod som används för att i grupp generera stort antal idéer vid exempelvis utveckling av produkter. Metoden ses som spridd men relativt enkel. Resultatet blir bättre om personerna i gruppen har olika bakgrund samt olika relation till och synsätt på produkten.

Metoden inleds med att ett problem formuleras, till exempel *Hur kan man förbättra X*, varje deltagare spenderar sedan ett visst antal minuter med att fundera kring problemet och skriver ner sina förslag. Negativ kritik är inte tillåtet i det tidiga skedet, utan ju fler idéer desto bättre. Galna idéer är bra för den kreativa processen och ses inte som ett problem. Deltagarna arbetar sedan vidare med varandras uppslag för att utveckla dem. Arbetet fortsätter på detta sätt tills inga fler eller nya idéer tillkommer. Vidare sorteras och grupperas förslagen.

2.2.3.2 Expressionboard²³

En *expressionboard* används som del av kravspecifikationen för att sammanställa, visualisera och kommunicera de uttryck produkten ska förmedla. Denna görs ofta med bilder (cirka fem till sex stycken) som gestaltar de olika formaspekterna hos produkten och ska innehålla: form, artefakt, material, färg och metafor. *Boarden* kan användas som startpunkt och riktlinje i det fortsatta formgivningsarbetet och som guide eller inspirationskälla genom hela designprocessen.

2.2.3.3 Moodboard²⁴

Används för att uttrycka de känslor formgivaren vill att produkten ska förmedla. Detta görs genom en samling bilder som tillsammans ska kommunicera känslan i produkten.

²² Karlsson (2007)

²³ Wikström (2013)

²⁴ Österlin (2003)

2.2.4 Utvärdering

2.2.4.1 Morfologisk matris²⁵

En morfologisk matris används som hjälpmedel vid konceptframtagning. I den vänstra kolumnen listas delfunktioner för den nya produkten. Till höger på varje rad skrivs möjliga dellösningar för att medge den motsvarande delfunktionen, genom att kombinera dellösningar från olika rader och kolumner. Alla kombinationer behöver inte vara fullt realiserbara (se tabell 2).

Parametrar	Möjliga lösningar	Möjliga lösningar	Möjliga lösningar	Möjliga lösningar
Energi	elektricitet	gas	bensin	solkraft
Rörelse	hjul	spår	skena	
Material	stål	tyg	glas	papper

Tabell 2 Exempel på hur en morfologisk matris kan se ut

2.2.4.2 Parvis jämförelse²⁶

Parvis jämförelse används för att skapa en prioriteringsordning av kraven. Istället för att prioritera kraven efter frekvens värderas istället innebörd och relevans (där frekvens visserligen kan väga tungt).

Kraven struktureras i rader och kolumner i en matris. Kraven jämförs radvis två och två där det krav som anses viktigast markeras. Bedöms radens krav vara viktigare än kolumnens sätts ett kryss i rutan, annars en cirkel. Till slut adderas kryssen för varje kravs rad till cirklarna för samma kravs kolumn samman och ett slutvärde beräknas. Det krav med högst slutvärde är det krav som bör prioriteras högst.

2.2.4.3 Produktstudie

En produktstudie görs för att få fördjupad förståelse för en produkts olika delar och vad dessa fyller för funktioner. Detta görs vanligtvis genom användning och isärtagning av den befintliga produkten. Då kan de tekniska principerna fastställas samt olika material bestämmas. Genom att använda produkten kan problem och otydligheter upptäckas.

²⁵ Fritz Zwicky (1960)

²⁶ Karlsson (2007)

2.2.4.4 Pugh-matris²⁷

Detta är en generell metod som används till att objektivt och systematiskt välja den bästa lösningen till ett problem. Olika genererade lösningar värderas med avseende på fördefinierade kriterier och jämförs i förhållande till en referens i syfte att erhålla en lämplighetsgrad. Resultaten kan sedan användas som underlag för att motivera framtida konceptval.

Värdering av lösningar i förhållande till referens skiljer sig åt beroende på om det är en ny-design eller *redesign* av en produkt. Då en ny produkt designas (det finns ingen referens) används samtliga koncept växelvis som referens, medan ursprungsprodukt används vid *redesign* (det finns en referens). En matris konstrueras, krav listas och viktas eventuellt med avseende på om kravet är ett *måste*, ett *bör* eller utgör ett *önskemål*. Jämförelsen utgår från frågan *Är detta konceptet bättre eller sämre än referensen* och konceptet tilldelas sedan ett plustecken, minustecken eller en nolla vid det krav frågan gäller beroende på om det är bättre, sämre eller lika bra som referensen. Dessa summeras sedan och utgör det resultat som visar vilket koncept som bäst uppfyller kraven (se tabell 3).

	Befintlig produkt	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 3
Krav 1	0	+	0	+
Krav 2	0	+	0	-
Krav 3	0	0	-	+
Krav 4	0	-	-	0
Krav 5	0	+	+	0
Summa (+ & -)	0	+2	-1	+1

Tabell 3 Exempel på hur en Pugh-matris kan se ut

²⁷ Stuart Pugh (1929-1993)

3. PROCESSBESKRIVNING

Nedan har arbetsprocessen visualiserats genom ett flödesschema (se figur 4). Arbetet delades upp i fas ett och två då arbetet i fas två var av mer fördjupande karaktär. I fas ett arbetades det mer övergripande inom de tre områdena hållbar utveckling, inbrottsäkerhet och bombsäkerhet där även viktig kunskap insamlades inför fas två.

3.1 Fas ett

Målet med fas ett var tre områdesrapporter inom områdena; hållbar utveckling, inbrottsäkerhet och bombsäkerhet. Under arbetet skulle grundläggande information samlas in om produkten och dess brukare som inte bara kunde användas i områdesrapporterna utan utgöra underlag i fas två.

För att fördjupa kunskapen inom respektive område planerades en litteraturstudie inleda fas ett där EU-standarder inom respektive område skulle läsas och sammanfattas. Denna studie antogs kunna generera krav inom respektive delområde. Material från konkurrenter ansågs kunna komma till nytta för att undersöka om de hade lösningar inom problemområdena.

För att vara insatta i hur produkten fungerade och dess tekniska uppbyggnad planerades studiebesök en produktstudie där fokus skulle ligga på konstruktionen av Frame-systemet och dess funktion utifrån de tre huvudområdena. En HTA över monteringen tordes kunna öka förståelsen för brukargruppen montörer samt klargöra hur de olika komponenterna inte bara sattes ihop utan också kunde tas isär.

Brukarna och deras krav identifierades med hjälp av intressentanalys, kundsegmentmatris och intervjuer. Felanvändning skulle kartläggas genom observationer i framförallt Göteborg (hållbar utveckling samt kartläggande av brukare), och genom intervjuer. Verifiering av problem skulle främst göras med hjälp av observationsstudier kombinerade med intervjuer av specialister i Nederländerna (inbrottsäkerhet) och England (bombsäkerhet).

Utifrån de krav som förväntades framkomma under dessa studier skulle koncept med lösningar på identifierade problem genereras med *brainstorming* och morfologisk matris. Dessa skulle inkluderas i rapporterna och redovisas inför kurs-deltagarna och företaget.

3.2 Fas två

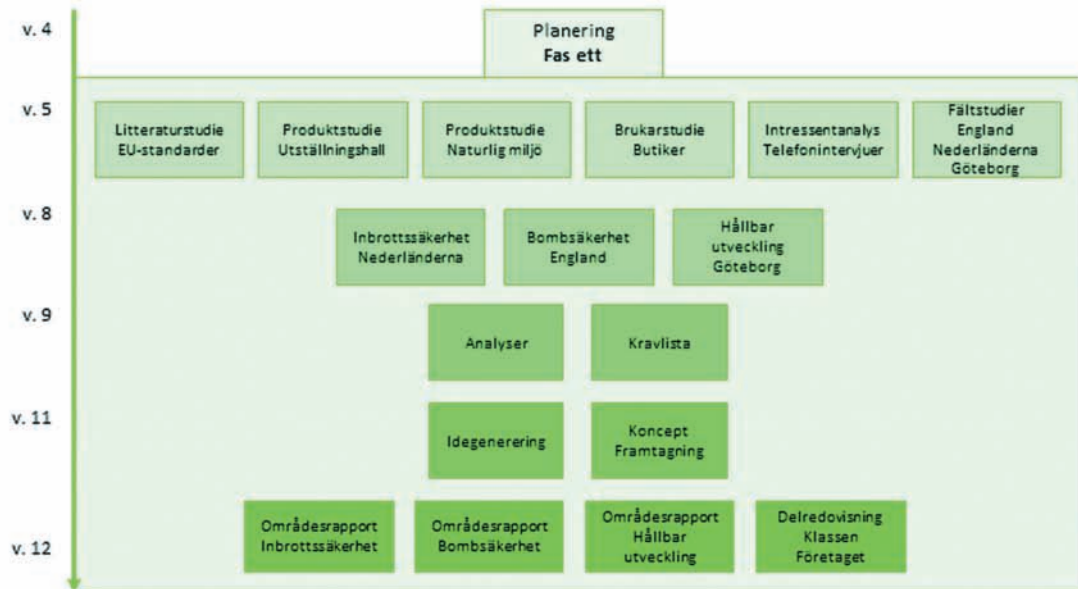
Slutmålet för fas två var ritningar och CAD-modeller över ett glasningssystem anpassat för 6, 8 och 22 [mm] glastjocklek och en förbättrad hörnförbindelse. Utöver det tekniska utvecklingsarbetet skulle även estetiken hos systemet beaktas. Fas två inleddes efter delredovisningen.

Fas två inleddes med fördjupade produktstudier av de komponenter som var aktuella för omkonstruktion, studien antogs leda till specifika krav på kompatibilitet med övriga element i dörrbladen.

Funktionsanalyser av komponenterna ansågs kunna underlätta förståelsen av de identifierade problemområdena då fysiska produktexemplar av alla viktiga komponenter ej fanns att tillgå.

Konceptgenereringen förväntades kunna utföras som i fas ett med *brainstorming* och morfologisk matris med tillägg av Pugh-matris för utvärdering.

Koncepten var sedan tänkta att verifieras med hållfasthetsberäkningar och därefter modelleras med lämplig modelleringsmjukvara. Slutligen skulle tekniska ritningar tas fram.



Figur 4 Projektprocess

4. FAS ETT

I detta kapitel beskrivs metoder och resultat från arbetet under fas ett. I slutet av kapitlet redovisas innehållet ur de delrapporter som sattes som mål för fasen. Kapitlet är uppdelat utifrån kategorierna: probleminentifiering, hållbar utveckling, bombsäkerhet och inbrottssäkerhet.

4.1 Probleminentifiering

Detta delkapitel beskriver processen kring att samla in kunskap om produkten för att kunna bekräfta och förfina problembeskrivningen.

4.1.1 Genomförande

I genomförande beskrivs hur arbetet med att skapa fördjupad förståelse om produkten, dess kontext och dess användare lagts upp.

4.1.1.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie genomfördes för att införskaffa expertkunskaper inom respektive delområde. Litteraturen som gruppen studerade under denna del av projektet var EU-standarder och svenska standarder som hanterade bombsäkerhet, inbrottsäkerhet samt ljud- och vattengenomsläplighet. Det lästes även protokoll från de tester som stod omnämnda i dessa standarder.

4.1.1.1.1 Standarder som behandlades

SS-EN 16361 Power operated pedestrian doors - Product standard, performance characteristics

SS-EN 1627 Pedestrian doorsets, windows, curtain walling, grilles and shutters - Burglar resistance - Requirements and classification

SS-EN 1628 Pedestrian doorsets, windows, curtain walling, grilles and shutters - Burglar resistance - Test method for the determination of resistance under static loading

SS-EN 1629 Pedestrian doorsets, windows, curtain walling, grilles and shutters - Burglar resistance - Test method for the determination of resistance under dynamic loading

SS-EN 1630 Pedestrian doorsets, windows, curtain walling, grilles and shutters - Burglar resistance - Test method for the determination of resistance to manual burglary attempts

SS-EN 1026 Windows and doors - Air permeability - Test method

SS-EN 1027 Windows and doors - Watertightness - Test method

SS-EN 12207 Windows and doors - Air permeability - Classification

SS-EN 12208 Windows and doors - Watertightness - Classification

SS-EN ISO 10140-2 Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 2: Measurement of airborne sound insulation

SS-EN ISO 10077-1 Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance – Part 1: General

SS-EN ISO 10077-2 Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance – Part 2: Numerical method for frames

SS-EN ISO 10077-2 Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance – Part 2: Numerical method for frames – Technical Corrigendum 1

SS-EN ISO 717-1/A1 Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation – Amendment 1: Rounding rules related to single number ratings and single number quantities

SS-EN ISO 717-1 Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1 : Airborne sound insulation

SS-EN 16005: Power operated pedestrian doorsets – Safety in use – Requirements and test methods

Även Boverkets rapport BFS 2011:26 BBR 19 kap 9.3 lästes för att få klarhet i Sveriges krav på värmegenomgångskoefficient.

Produktkataloger från huvudkonkurrenter som GEZE, Tormax och Dorma beställdes och studerades för att undersöka deras lösningar inom de områden som skulle granskas. Produktkataloger från Assa Abloy återfanns på företagets hemsida och även de studerades grundligt. Till denna information lades även tekniska ritningar och CAD-modeller av dörrsystemet vilka skapade en grundlig förståelse för hur detta var uppbyggt.

4.1.1.2 Brukarstudie

Brukarstudien genomfördes för att identifiera brukarna och hur dessa interagerar med produkten. Studien genomfördes genom fältstudier innefattande observationer och intervjuer i Göteborg.

4.1.1.3 Produktstudie

Observationer av dörrsystemet i fält genomfördes för att i detalj förstå produkten i sin kontext. Det gjordes en mer ingående studie på en monterad visningsmodell i företagets visningsmonter i Landskrona. En isärtagning av ett monterat dörrblad gjordes virtuellt med hjälp av CAD-modeller. Därefter definierades alla de ingående delarnas funktion och krav på kompatibilitet med andra komponenter samt möjlighet att variera dess funktion sattes. Materialen hos de olika delarna i ett dörrblad sammanställdes utifrån en *bill of materials* (BOM) som tillhandahölls av företaget. Även 2D-ritningar av dörrsystemets delar studerades för detaljförståelse.

Ett internt utbildningsdokument som beskrev monteringsordningen av ramverket översattes från tjeckiska och studerades för att kunna utgöra grunden för en HTA över monteringen. Dokumentet kompletterades med en film beskrivande monteringen av hela dörrsystemet som användes i samma syfte. Dokument och film var företagsinterna dokument och är därför ej offentliga.

4.1.1.4 Intressentanalys

En intressentanalys gjordes för att kartlägga vilka som hade intresse i dörrsystemet, på vilka villkor och med vilken bakgrund. Kartläggningen genomfördes under intervjuer av representanter på företaget.

Telefonintervjuer gjordes med sex arkitekter där öppna frågor ställdes och *probing* användes, svaren antecknades och renskrevs. Frågorna behandlade vanliga problem med automatiska skjutdörrar samt vad arkitekterna värdesätter vid rekommendation av en specifik dörr till en byggnadsentreprenör. Dessa intervjuer kompletterades med frågor via mejl rörande energieffektivitet till en rådgivare inom området.

En strukturerad öppen intervju gjordes med driftansvarig tekniker för ett stort fastighetsbolag där även en byggingenjörstudent deltog. Allmänna frågor kring val av skjutdörrssystem ställdes samt eventuella problem med automatiska skjutdörrar vid drift diskuterades.

4.1.1.5 Kundsegmentsmatris

För att göra resultatet av intressentanalysen tydligt sammanställdes det i en kundsegmentsmatris där kundsegment valdes grundat på resultatet från intressentanalysen. De olika intressenternas inflytande på köpbeslut i förhållande till användningsfrekvens, erfarenhet av produkten samt möjlighet till utbildning graderades enligt skalan låg, medel och hög.

4.1.1.6 Paretdiagram

Paretdiagrammet genomfördes för att undersöka om samma åsikter återkom i de olika intressentgrupperna samt med vilken frekvens.

4.1.2 Resultat och analys

I detta delkapitel redovisas resultaten med analys från de metoder som legat till grund för att bättre förstå produkten, dess kontext och dess användare.

4.1.2.1 Litteraturstudie

Gott om information i form av standarder, instruktioner och filmer gav enligt bedömning tillräckligt med kunskap för ändamålet.

Litteraturstudien bidrog med material till tre ämnesrapporter inom hållbar utveckling, inbrottssäkerhet och bombsäkerhet. Materialet från litteraturstudien låg även till grund för det fortsatta arbetet med kravsättning och konceptutveckling. Studien av konkurrenternas befintliga dörrsystem gav inga nya infallsvinklar till projektet, men kom ändå att bidra till den övergripande förståelsen.

4.1.2.2 Brukarstudie

Primär- och sekundäranvändare definierades utifrån dörrsystemets syfte/huvudfunktion, som var att utgöra öppningsbar barriär, med förutsättningar för daglig användning, det vill säga att dörrsystemet skulle fungera utan störningar.

4.1.2.3 Passiva och primära användare

Som primäranvändare i denna kategori identifierades gångtrafikanter, vilka är exempelvis kunder till butiker eller människor som var del av stora människoflöden. Kunderna var de som använde produkten i störst utsträckning vilket var vid in och ut passering ur lokaler. Dessa användare identifierades även som relativt passiva då de interagerade med dörren ofta, men mycket ytligt och saknade ansvar för dess funktion. För denna grupp var det smidigheten som värdesattes mest, när användaren närmade sig dörrsystemet skulle denna inte behöva stanna upp och vänta på att dörrbladen öppnades. Ett stort välkomnande glasparti var något som värdesattes då det gav en känsla av exklusivitet. Trots att de var primäranvändare hade de mycket liten möjlighet att påverka valet av dörr.

4.1.2.4 Sekundäranvändare

Butiksbiträden identifierades som del av gruppen sekundäranvändare, då de dagligen kom i kontakt med dörrsystemen. Det var butiksbiträdena som låste upp dörrsystemet på morgonen, åtgärdade eventuella problem, ringde service om dörrsystemet ej fungerade samt låste dörren på kvällen. Butiksbiträdena identifierades som de som interagerade mest med produkten då den var i drift, men hade lite att säga till om i valet av dörrsystem. Det framkom under intervjuer att dörrarna var krångliga att låsa när butiken skulle stänga för dagen. Många påpekade att man *får trixa lite och finna rätt läge* [IP] innan man kunde låsa. Det framkom även att dörrarna inte gick igen helt när de skulle vara stängda samt att grus hindrade golvstyrningen.

4.1.2.5 Sekundäranvändare

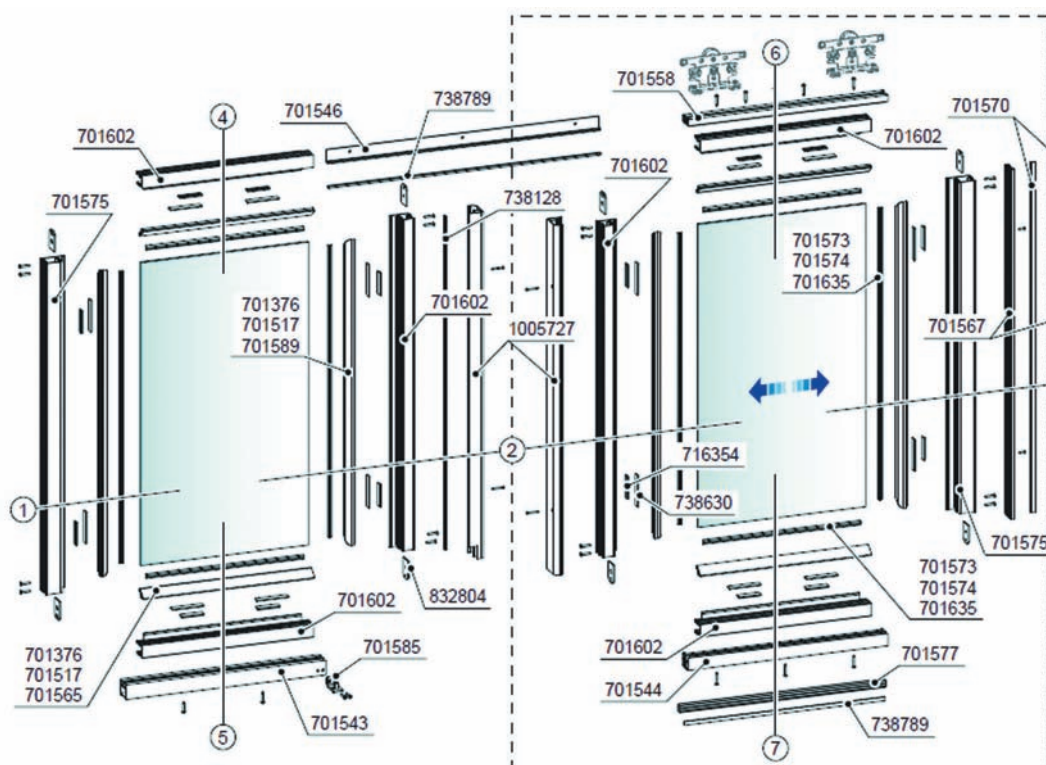
Servicepersoner identifierades som sekundäranvändare då de kom i kontakt med dörren i sitt dagliga arbete. Under gruppens arbete var det viktigt att ta hänsyn till denna grupp av användare då deras arbete begränsades av åtkomsten till de delar som eventuellt skulle behöva bytas eller underhållas. Åtkomsten påverkade om servicen skulle kunna utföras på ett ändamålsenligt sätt eller inte.

4.1.2.6 Produktstudie

Ritningar och BOM-listor tillhandahölls av företaget och då de var tillverkare av dörren ansågs materialet trovärdigt (se figur 5).

4.1.2.6.1 Montering och uppbyggnad

Ur produktkartläggningen framkom att dörrbladen monterades i fabrik i Tjeckien och levererades som en komplett enhet till platsen där systemet skulle monteras. Sidoljus levererades som en tom ram och glaset monterades på plats då sidoljusens glas hade hindrat infästning i vägg, golv och tak. Dörrbladet hängdes upp på styrskenan med hjulslädarna, vilka möjliggjorde rörelsen i sidled. Det viktiga vid monteringen var att konstruktionen gick att anpassa till förutsättningarna på platsen, att snäva toleranser kunde uppfyllas samt att inte för stora krafter skulle behöva appliceras under monteringen. Det var önskvärt enligt företaget att dörrsystemet gick att anpassa på så sätt att tillval i form av extra tätningar eller inbrottskydd skulle kunna monteras.



Figur 5 Sprängskiss över ett sidoljus och ett dörrblad

Monteringsprocessen av dörrbladet gick till på sådant sätt att först förborrades alla hål som krävdes för monteringen. Därefter placerades distanser i plast (706354) och gummi (708630) i en glasningsprofil i aluminium. Glasningsprofilen (701602) monterades i horisontalled, samtidigt som den profil som mötte sidoljuset i vertikalled. Mot dörrbladet återfanns i stället glasningsprofil (701575). Detta på grund av att denna (701575) krävde dimensionering för eventuellt lås.

Glasningsprofilerna sammanfogades i hörnen genom att en stålbricka placerades inuti den vertikala glasningsprofilen, vägg i vägg mot den horisontella. Därefter skruvades två skruvar in i glasningsprofilens yttervägg, genom stålbrickan in i Sapa-skruvhål. Denna procedur upprepades i samtliga fyra hörn.

På glasningsprofilerna skulle dörrbladets funktion anpassas genom att olika aluminiumprofiler med olika funktioner trycktes på plats. Aluminiumprofilerna sammanfogades genom att den längsgående sidan hade en hake som placerades i rätt läge i den anliggande aluminiumprofilen. Därefter applicerades en kraft så att även den längsgående haken på motsatt sida hamnade i rätt läge i den anliggande profilen. Därefter användes klubba för att säkerställa att profilerna låg rätt i kant.

I underkant av dörrbladet monterades en aluminiumprofil (701544) genom att den sköts in i ett spår. Denna skulle löpa längs hela dörrbladet i horisontalled. Aluminiumprofilen var sedan tidigare försedd med en borste som skjutits in i tillägnat spår. Borsten var till för att minska genomflödet av kall, alternativt varm luft mellan dörrbladet och golvet. Om ingen dörrstyrning eller extra tätning var beställd sköts en plastlist (701577) i bottenprofilen.

På den sida av dörren som var tänkt att möta det andra dörrbladet monterades en dörrmötesprofil i aluminium (701567). Denna monterades genom att den trycktes på plats enligt tidigare beskrivning. Det var viktigt att dörrmötesprofilen gick hela vägen ner och bildade en jämn kant med bottenprofilen (701544) men stack ut 20 [mm] i ovankant. Om den inte gjorde detta justerades det med slag från klubba. När detta var verifierat kom dörrmötesprofilen att fixeras i glasningsprofilen (701575) med två skruvar. Dörrmötesprofilen var sedan tidigare utrustad med en gummilist som skulle täta mellan dörrbladen när dessa var stängda.

I ovankant, i horisontalled monterades en toppprofil (701558) och fixerades med två skruvar. Därefter sattes två hjulsläddar ihop med toppprofilen med varsin skruv. Dörrbladet kom sedan att hänga på hjulsläddarna vilka även var de delar som var kopplade till drivbandet som i sin tur förflyttade dörrbladen.

Längs den vertikala sidan av dörrbladet, som skulle möta ett sidoljus, monterades en aluminiumprofil (1005727). Även i denna profil fanns en sedan tidigare installerad borste inskjuten i tillägnat spår. Borstens huvudfunktion var att täta mellan dörrbladet och sidoljuset och därmed förhindra att luft trängde igenom.

Monteringen avslutades med att glaset placerades i glasningsprofilerna. Glasets tjocklek var av olika dimensioner, antingen 6, 8 eller 22 [mm], dessa berodde på kundens önskemål om isolering. 22 [mm] laminerat glas var det glas med bäst isolering. Glaset hölls på plats genom att olika glasningslister snäpptes på plats i glasningsprofilen, mot glaset. De olika glasningslisterna (701573, 701574, 701635) berodde på vilken tjocklek glaset hade. Glaset stabiliserades ytterligare av att gummilister trycktes på plats mellan glasningslist och glas, både på framsida och baksida av dörrbladet. Dessa motverkade vibrationer och skav.

Dörrbladet var uppbyggt av ett glas, flera olika aluminiumprofiler, två hjulslädar och tätningar av olika slag. Kunden kunde dessutom beställa till låsmekanism och golvstyrning. Dörrsystemen såg mycket olika ut beroende på hur många dörrblad och sidoljus som innefattades. Denna produktstudie genomfördes på ett dörrblad som verkade i ett dörrsystem med två stycken dörrblad och två stycken sidoljus.

För exakt monterings ordning, HTA se bilaga 1.

4.1.2.6.2 Komponenter

Samtliga komponenter i ett dörrblad i ett Frame-system sammanställdes enligt nedan:

1. Ett glas
2. En glasningsprofil som användes både i vertikal- och horisontalled (701602)
3. En glasningsprofil som användes i dörrbladsmötet (701575)
4. 8 par distanser (716354, 738630)
5. En horisontell bottenprofil med borste (701544)
6. En plastlist i u-profil som utgjorde skena för golvstyrning (701577)
7. Borstar vilka utgjorde barriär mot luftgenomströmning (738789)
8. En horisontell toppprofil (701558)
9. En vertikal profil med gummilist för möte med det andra dörrbladet (701567, 701570)
10. En vertikal profil med borste för möte med sidoljuset (1005727)
11. 2 stycken hjulhus för upphängning av dörrblad
12. 2 stycken skruvar för infästning av hjulhus
13. 4 brickor för hörnförbindelserna
14. 8 stycken skruvar för hörnförbindelserna
15. 9 stycken skruvar för infästning av aluminiumprofil i glasningsprofil
16. 4 stycken glasningslister som fanns i tre stycken olika utföranden (701376, 701517, 701565)
17. Tätningslist i gummi för att täta mellan glasningslist och glas som finns i tre stycken olika utföranden (701573, 701574, 701635)

4.1.2.6.3 Dimensioner

Ett standarddörrblad med 8 [mm] glas vägde cirka 52 [kg].

4.1.2.6.4 Material

Alla profildelar bestod utav aluminium (EN AW-6063, AlMg0,7Si) och glaset var gjort utav laminerat glas i olika lager beroende på tjocklek. Ena delen av distansparet var av plast (ABS) och det andra av syntetiskt gummi (EPDM-gummi). Dessa material är vanliga i tätningar på grund av sin låga vikt och låga framställningskostnader.¹ Även tätningslisterna var gjorda i syntetiskt gummi (EPDM-gummi). Skruvarna som användes var standardkomponenter i stål. Borsten var gjord utav en fot i plast samt borststrån i nylon.

4.1.2.7 Krav

Kraven sattes utifrån hur ett dörrblad skulle sitta ihop och monteras, vilka delar som skulle medge fixering till andra profildelar samt på vilket sätt. De sattes även med utgångspunkt i de parametrar som var viktiga för brukarna. Krav sattes även utifrån de standarder som studerats bland annat med avseende på de lagkrav som fanns (se tabell 4-12).

Allmänna – Produktstudie						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Medge montering av glasningslister	A		K	701376, 701517, 701565 och 701589 eller motsvarande	Avvikelser i millimeter, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering av horisontell och vertikal profil i 90 grader	B		K	701602 i både vertikal och horisontell led eller motsvarande. Geometrierna ska avvika mer än 0.1 mm efter montering i samtliga led (x, y, z)	Se separat kravlista för hörnförbindning	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering av hjulslåde profil	C		K	701558 eller motsvarande. Geometrierna ska motsvara varandra och inte avvika mer än 0.1 mm efter montering i samtliga led (x, y, z)	Avvikelser i millimeter, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering av ytterprofil	D		K	1005727 eller motsvarande. Geometrierna ska motsvara varandra och inte avvika mer än 0.5 mm efter montering i samtliga led (x, y, z)	Avvikelser i millimeter, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

Tabell 4 Krav: allmänna- produktstudie.

¹ Sapa (2014)

Dörrblad						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Lagkrav angående klämrisik ska uppfyllas	A		K	Enligt standard: SS-EN 16005: 2012, Maskindrivna dörrar – Säkerhet vid användande – Krav och provning	Millimeter	SS-EN 16005: 2012, Maskindrivna dörrar – Säkerhet vid användning – Krav och provning
Utgöra barriär	B		K	Mot luft och vatten	Avvikelser i millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Möjliggöra ohindrad förflyttning i y-led (vi pålagd kraft av motorenhet ska öppningstiden vara densamma)	C		K	Dörren ska öppnas automatiska när en person närmare sig	Kunna löpa hela avståndet. Avvikelser i samtliga led i millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

Tabell 5 Krav: dörrblad.

701544						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Medge montering av glasprofil	A		K	701602 eller motsvarande	Avvikelser i samtliga led i millimeter. Vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering av ytterprofil	B		K	1005727 eller motsvarande	Avvikelser i millimeter, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Ohindrad rörelse i y-led	C	Minska påfrestningar på motorn	K	Ska motsvara geometrin av 701577 eller motsvarande	Dörren ska vara vinkelrät mot golvet, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Förhindra rörelse i x-led	D	Hjulslädarna ska hållas kvar på skenan	K	Medge plats för 701577 och 738789 eller liknande	Få plats med den modul som hindrar detta, millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge golvstyrning	E		K	Ska kunna ansluta till 701577 och 738789 eller motsvarande	Geometrierna ska motsvara varandra och inte avvika mer än 0.5mm efter montering i samtliga led (x, y, z)	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

Tabell 6 Krav: 701544

1005727						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Ska kunna monteras mot dörrblad	A		K	Ansluta mot 701602, 701558 och 701544 eller motsvarande	Geometrierna ska motsvara varandra och inte avvika mer än 0.5 mm efter montering i samtliga led (x, y, z), vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Ska utgöra enhetlig yta i vertikal led längs hela dörrbladet	B	Skapa ett enhetligt uttryck mot ingång samt undvika skarpa geometrier	K	Bör täcka ytersidan av 701602 och ändarna av 701544 och 701558 eller motsvarande	Avvikelse i tiondels millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Samtliga hörn ska ha en radie		Undvika skaderisk	Ö	Minst 0.1 mm	Avvikelse i tiondels millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

Tabell 7 Krav: 1005727

701558						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Medge montering mot glasningsprofil	A		K	701575 eller motsvarande	Geometrierna ska motsvara varandra och inte avvika mer än 0.5 mm efter montering i samtliga led	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge plats för tätningsmodul som möter anslutande dörr yta	B		K	701570 eller motsvarande	Plats, geometri och millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Samtliga kanter ska ha radier	C	Undvika skaderisk	K	Minst 0.1 mm	Minsta radie på 0.5 mm	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Bör medge lösning mot anslutande dörrblad	D		K	Finnas plats för låsmekanism	Dimensioner som tillåter aktuella låsfunktioner på marknaden	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

Tabell 8 Krav: 701558

701567						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Medge montering mot glasningsprofil	A		K	701602 eller motsvarande	Avvikelse i samtliga led i millimeter, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering av hjulslåde	B		K	Motsvarande geometri	Avvikelse i samtliga led i millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering av ytterprofil	C		K	1005727 eller motsvarande	Avvikelse i samtliga led i millimeter, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

Tabell 9 Krav: 701567

701602						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Medge montering av glasningslister	A		K	701376, 701517, 701565 och 701589 eller motsvarande	Avvikelse i millimeter, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering av horisontell och vertikal profil i 90 grader	B		K	701602 i både vertikal och horisontal led eller motsvarande. Geometrierna ska avvika mer än 0.1 mm efter montering i samtliga led	Se separat kravlista för hörnförbindning	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering av hjulslåde-profil	C		K	701558 eller motsvarande. Geometrierna ska avvika mer än 0.1 mm efter montering i samtliga led	Avvikelse i millimeter, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

Tabell 10 Krav: 701602

701570						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Motsvara infästningsprofil	A		K	701567 eller motsvarande	Geometrier får inte avvika mer än 0.1 mm	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering utan specialverktyg	B		K	Inga verktyg specialutformade av företaget	Geometrier får inte avvika mer än 0.1 mm	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

Tabell 11 Krav: 701570

701575						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Ska kunna ansluta till 701567, 701376, 701570 och 701589 eller motsvarande	A		K	Se separata kravlistor ovan	Geometrier får inte avvika mer än 0.1 mm	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge låsmekanism	B		K	Ska finnas möjlighet att installera standard lås	Dimensioner som tillåter aktuella låsfunktioner på marknaden	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

Tabell 12 Krav: 701575

4.1.2.8 Intressentanalys

Företaget ansåg att arkitekter tillsammans med byggnadsentreprenören hade störst inflytande över valet av dörr medan Sapa var den största intressenten under tillverkningsfasen. Genom intressentanalysen fick gruppen kunskap om vem som påverkade valet av dörrar. Även om intressentanalysen var relativt grund kunde flera problemområden verifieras bland annat med hjälp av stratifiering (se tabell 13).

4.1.2.8.1 Tillverkare

Företagets extruderade aluminiumprofiler beställdes från Sapa AB, för att profilerna skulle vara möjliga att producera ställde Sapa krav på konstruktionen. Det låg i företagets intresse att profilen hade god design utifrån materialoptimering och hållfasthet. Om tillverkaren kunde tillgodose de behov som företaget hade på profildelarna kom de att få tillverka och sälja profiler i stora kvantiteter.

4.1.2.8.2 Arkitekter

Arkitekterna kom i kontakt med dörrar och dörrsystem då de föreskrev dessa till byggnadsentreprenörer. Arkitekterna uttryckte att de ställde högra krav på de dörrar de föreslog och upplevde att automatiska skjutdörrar hade svårt att klara de kraven. Kraven behandlade till exempel ljudisolering, värmeisolering, brandsäkerhet och hur lätta de var att hantera. Arkitekterna sa att de ofta rekommenderade dörrar som de använt tidigare och att marknadsföringen samt tillgängligheten av information var mycket viktig. Utseendet på dörren behövde även passa in på de estetiska krav som arkitekten ställt på dörrmiljön. Vissa arkitekter ansåg att dimensionerna på automatiska skjutdörrar var begränsande.

4.1.2.8.3 Säljare (Ede och Heathrow)

I fallen med automatiska dörrsystem arbetade säljarna främst med arkitekter, byggnadsentreprenörer samt fastighetsägare (bostadsbolag). Säljaren hade som mål att sälja den mest ändamålsenliga dörren till varje specifik kund samtidigt som det var viktigt för dem att de gjorde en så bra affär som möjligt ur företagets synvinkel.

4.1.2.8.4 Energirådgivare

Energirådgivaren hade en bidragande roll vid valet av dörr då en arkitekt kunde vända sig till denne för att få hjälp att hitta en passande dörr som levde upp till de miljökrav som ställts. Vid intervju berättade denne att dörrarna kravställs med avseende på U-värde och täthet. Han påstod att det var vanligt att energi- och klimatberäkningar utfördes vid val av till exempel karusell eller skjutdörr. Därefter togs en dörr fram i samråd med arkitekten och rekommendationen skickades till entreprenören.

4.1.2.8.5 Byggnadsentreprenör

En byggnadsentreprenör identifierades som det företag som skötte byggandet av själva huset som en arkitekt hade ritat. Arkitekten och byggnadsentreprenören verkade ofta i ett tätt samarbete. Entreprenörer var de som såg till att huset byggdes, att det höll budget samt blev klart i tid. De hade ofta den slutgiltiga makten över vilken dörr som installerades i den nya byggnaden. Det framkom vid intervjuer att de ofta valde den billigaste dörren av de som höll samma kravklass på grund av ekonomiska aspekter. Även om en speciell dörr rekommenderades från arkitekt på grund av sitt estetiska uttryck prioriterades detta inte alltid lika högt som de ekonomiska aspekterna av byggnadsentreprenören.

4.1.2.8.6 Fastighetsägare

Fastighetsägarna identifierades som ägarna av de hus som hyrdes ut till butiksinnehavare. Det var de som hade ansvaret för att husen underhölls och att dörrarna fungerade. Därför låg det i fastighetsägarnas intresse att ett skjutdörrsystem fungerade utan problem. Det framkom vid intervjuer att större delen av alla felanmälningar som gjordes på byggnader var på dörrsystemen, ofta var det den elektroniska enheten som inte fungerade. Andra problem var passningsproblem vid låsning av dörrarna och att grus utgjorde mekaniska hinder. Det påpekades att butikerna ville ha dörrarna vidöppna under butikens öppettider för att vara mer välkomnande mot sina kunder och då spelar dörrens täthet mindre roll.

Stratifieringskategori	Typ av kravområden
Arkitekt	ljudisolering, brandsäkerhet, hantering, tillgänglighet, utseende
Butiksbiträde	värmeisolering, krav på underhåll, hantering, prestanda
Byggnadsentreprenör	pris, hygien, ljudisolering, värmeisolering, golvstyrning, certifiering, U-värde, inbrottsäkerhet, tillgänglighet, brandsäkerhet, utseende
Energiekspert	värmeisolering, U-värde, certifiering
Fastighetsägare	värmeisolering, krav på underhåll, inbrottsäkerhet, utseende, hantering, livslängd, brandsäkerhet
Lässmed	reparationsmöjligheter, inbrottsäkerhet
Passiva brukare	prestanda, certifiering, utseende
Servicepersonal	Reparationsmöjligheter, livslängd, storlek, prestanda
Säljare	värmeisolering, certifiering, livslängd, storlek, U-värde, prestanda, pris, utseende

Tabell 13 *Stratifiering som visar vilka olika krav de olika intressenterna uttalade*

4.1.2.9 Paretdiagram

Syftet med paretdiagrammet var att det helt oberoende av intressentgrupp skulle visa hur många intervjupersoner som uttalat ett visst krav. Eftersom många intressenter inom samma grupp, arkitekter, intervjuades men endast ett fåtal inom de andra grupperna, skulle detta ha kunnat leda till att paretdiagrammet vinklades något mot deras krav (se diagram 2).

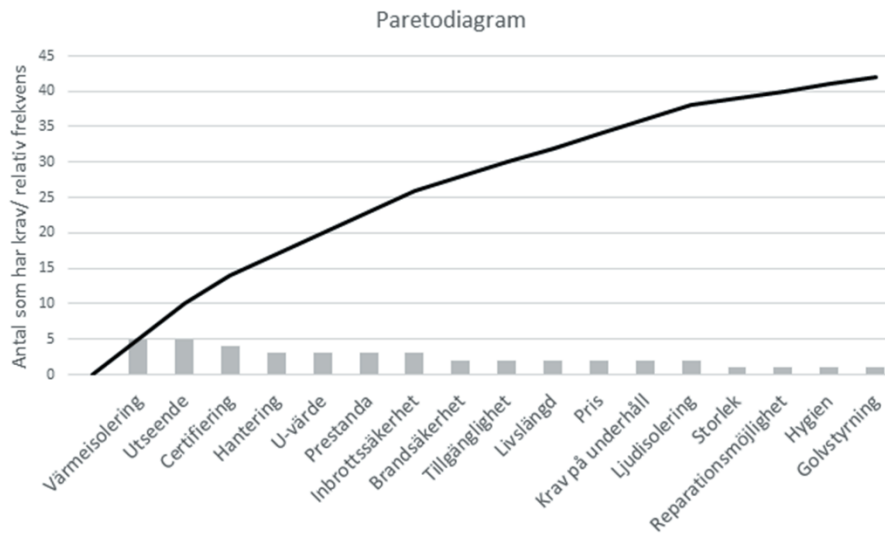


Diagram 2: Paretdiagram visar hur många intressenter som uttalade ett krav samt relativ frekvens.

4.1.2.10 Krav

Efter genomförd intressentanalys samt möte med företaget kompletterades kravlistan (se tabell 14).

Allmänna – Intressentanalys						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Profiler ska vara i extruderat aluminium	A	Ändring av material och tillverkningsmetod är inte aktuell	K	De aluminiumtyper som är möjliga för tillverkningsmetoden extrudering	Materialval och tillverkningsmetod	Företagets attribut
Minsta möjliga avstånd mellan profildelar i hörnförbindning	B	Estetik: pga radier på materialet upplevs springan stor	K	Max 0.2 mm	Avvikelser i millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell, företagets krav
Produktionskostnaden ska behållas eller minskas		Inga förändringar i designen får medföra radikalt ökade produktionskostnader för företaget	Ö	Tillgängliga tillverkningsmetoder av aluminium	Antal moment och tillverkningsmetoder	Företaget
Dörrbladets vikt ska bibehållas eller minskas		Anpassa dörrblad till moterenhet	Ö	Max 55 kg	Kilogram	Företaget
Minimera profilernas materialtjocklek		Minska materialåtgång	Ö	Statisk last av 150 kg	Millimeter	Företaget
<i>Design for assembly</i> metodik ska appliceras vid utvecklingen av dörrbladet		Undvika onödiga delar, minimera kostnader för montering	Ö		Tillverkningsmetod och geometri	Miyakawa, S, Och Ohashi, T (1986)
Dörrens design ska knytas till projektets <i>moodboard</i>		Ge dörren önskat uttryck	Ö	<i>Moodboard</i>		Österlin, Kenneth (2003)

Tabell 14 Krav: allmänna krav intressentanalys.

4.1.2.11 Kundsegmentmatris

I kundsegmentmatrisen bedömdes de olika intressenternas inflytande delvis subjektivt då materialet inhämtades på flera olika sätt och värderades utifrån gruppens uppfattning (se tabell 15). Brukarna önskade i största grad att användandet av produkten skulle vara så problemfritt som möjligt och om någonting gick sönder skulle det vara snabbt och lätt att åtgärda.

Intressenter	Inflytande på köpbeslut	Användningsfrekvens	Erfarenhet av produkten	Möjlighet till utbildning
Arkitekt	M-H	L	M	L
Butiksbiträde	L	H	L-M	L
Byggnadsentreprenör	H	L	M-H	M
Energiexpert	L	L	M	M
Fastighetsägare	M	L	L-M	L
Låssmed	L	M	M-H	M
Passiva brukare	L	H	M	L
Servicepersonal	L	H	H	H
Säljare	L	M	H	M-H

Tabell 15 Kundsegmentsmatris

4.1.3 Diskussion

Då primäranvändarna inte själva kom till tals i projektet fick dessa representeras av företaget och arkitekterna. Eftersom utformningen på dörrsystemet som helhet inte var i fokus bedömdes det inte relevant med djupare studier av detta. Resultaten från de brukarstudier som genomfördes var tillräckliga för att verifiera de problemområden som företaget målat upp. Anledningen till att problemen som uppkom inte verifierades var för att de härleddes till de delar av dörrsystemet som föll inom avgränsningarna för projektet.

Produktstudien resulterade i en omfattande komponentlista. Denna visade tydligt att antalet komponenter som studien hade att förhålla sig till var många. Detta gjorde att flera av kraven kom att handla om komponenter, dess sammansättning samt förhållande till varandra.

Paretdiagrammet visade tydligt att flest intressenter uttryckte krav om god värmeisolering samt utseende. Det är intressant att många intressenter uttryckte krav om god värmeisolering samtidigt som de sekundära brukarna, butiksbiträdena, berättade att de ställde upp dörrarna dagtid. Detta visar tydligt på ett distansen mellan beslutsfattarna och de som faktiskt använder systemet. Minst viktigt var de två områdena golvstyrning och hygien där hygien avsågs att man inte skulle behöva ta i dörren för att öppna den.

Kundsegmentmatrisen visade att det fanns problem kring försäljningen och användningen av dörrsystemet. De som använde dörren dagligen hade minst kunskap om dörrsystemet och minst inflytande över valet av dörrsystem.

Kartläggningen av beslutsprocessen var svår, ingen visste riktigt vem som tillslut bestämde och vad beslutet grundade sig på. Då den som använde dörren mest inte uppfattades ha fått tillräcklig kunskap om den identifierades detta som ett problem och kunde potentiellt leda till felanvändning. Det faktum att denna grupp inte heller var närvarande vid beslutsfattning gällande dörren skulle kunna leda till att produkter tagits fram som grundat sig på fel målgrupps önskemål.

4.2 Hållbar utveckling

Detta delkapitel handlar om den hållbarhetsanalys som gjordes av produkten, hur denna genomfördes och de resultat som framkom. Resultaten och förbättringarna var av intresse för företaget och samlades i en fristående rapport som överlämnades till företaget vid arbetets slut. Rapporten innehöll utöver teori konceptskisser över förbättringsförslag till de kritiska områdena. Här nedan följer en sammanfattning av denna rapport.

4.2.1 Hållbarhetsanalys

En hållbarhetsanalys syftar till att kartlägga produkters miljöpåverkan. Detta bör göras med hela produktens livscykel i åtanke; allt från tillverkning till återvinning. I en hållbarhetsanalys bör en livscykelanalys ingå, gjord utifrån en väldefinierad systemmodell. Syftet med hållbarhetsanalysen är att få konkret och jämförbar information om en produkt eller tjänsts påverkan på miljön under produktion, distribution, användning, återanvändning, återvinning och som avfall. Detta görs ofta i relation till ekonomiska aspekter.

I problemformuleringen relateras begreppet hållbar utveckling till frågor om luftgenomsläppligheten under användningsfasen. Då en hållbarhetsanalys enligt ovan bör göras utifrån hela produktens livscykel adderades detta till avsnittet hållbar utveckling.

4.2.1.1 Genomförande

Detta avsnitt återger hur projektets hållbarhetsanalys genomfördes. De metoder som användes för detta var litteraturstudie, intervjuer och livscykelanalys utifrån en systemmodell med definitiva avgränsningar. Detta resulterade i kravlistor som låg till grund för konceptgenerering.

4.2.1.1.1 Litteraturstudie

För att skapa förståelse om problemen och vilka lagkrav som fanns på skjutdörrssystem av typen som Frame ingick i studerades EU-standarder rörande luft och vattengenomsläpplighet, U-värde och ljudtätning. Även Boverkets dokument BFS 2011:26 bidrog med information.

4.2.1.1.2 Intervjuer och observationer

För att få underlag till systemmodellen och livscykelanalysen genomfördes semistrukturerade intervjuer och observationer i Göteborgs centrum. Vid observationsstudien undersöktes alla typer av skjutdörrar och samtliga visuella problem dokumenterades. Intervjuer genomfördes enbart med butiksbiträden som arbetade i de butiker som hade en dörr från Assa Abloy. Sammanlagt utfördes fem intervjuer med butiksbiträden där frågorna rörde hur väl de upplevde att dörrarna tätade när utomhustemperaturen kraftigt avvek från inomhustemperaturen. Strukturerade telefonintervjuer genomfördes med sex arkitekter från lika många arkitektbyråer runt om i Göteborgs stad för att undersöka vilken erfarenhet denna grupp hade av dörrar från Assa Abloy samt samla in deras krav och önskemål på skjutdörrar angående miljö och hållbar utveckling.

För att få en annan synvinkel på vad som var viktigt inom ytterdörrar inför framtiden intervjuades Göteborg kommuns energirådgivare. Dessutom intervjuades en fastighetskötare hos en stor fastighetsägare för att få en uppfattning av hur de jobbade med hållbar utveckling i sina fastigheter idag.

Under gruppens besök i Ede i Nederländerna intervjuades Assa Abloys säljare Tony Duinker angående miljökrav i Nederländerna och dess närmaste grannländer. I denna intervju precis som i intervjuerna med arkitekterna var målet att få en bild av framtiden och hur företaget skulle kunna möta efterfrågan och kommande lagkrav.

4.2.1.1.3 Systemmodell

En systemmodell togs fram för att definiera produkten och identifiera i vilka system produkten befann sig, vem som kom i kontakt med den och hur utbytet såg ut mellan användare och systemet samt mellan olika subsystem.

4.2.1.1.4 Livscykelanalys

Utifrån det avgränsade systemet gjordes en livscykelanalys. Denna koncentrerades inte bara till produktion och transport av produkten utan behandlade också användarfasen. Genom att detaljspecifikationer och BOM-listor studerades och att personer med kunskaper om produktens produktion och transport på kontoret i Landskrona utnyttjades togs en livscykelanalys fram.² Som tillägg till livscykelanalys gjordes en beräkning av produktens *eco-cost* för att konkretisera miljökostnaden för produkten³.

4.2.1.1.5 Konceptutveckling

Då företaget särskilt önskade att hållbarhetsstudien skulle innefatta undersökning av luftgenomsläpplighet hos dörren i stängt läge fördjupades studien vid detta område. Kravlistor sattes upp för varje tätningsområde: mot sidoljus, mot tak och mot golv. Då företaget även önskade konceptskisser inom dessa områden brainstormade gruppen utifrån dessa kravlistor och med morfologisk matris skapades koncept som visualiserades med skisser. Dessa utvärderades med Pugh-matris och de koncept med bäst egenskaper redovisades i rapporten och under delredovisning.

² *Product Ecology (2001-2012)*

³ Eco-cost-value

4.2.2 Resultat och analys

I detta avsnitt beskrivs de resultat som grundar sig i hållbarhetsanalysen. Den visar att dörrsystemets *eco-cost* blir negativ, att Assa Abloy har stor potential att utveckla sitt servicekontrakt och sist återfinns skisser av de koncept som inkluderades i delrapporten.

4.2.2.1 Generella

Dörrarna utvecklades med avseende på att de skulle passa in på så många ställen som möjligt. De skulle vara moderna och urbana men inte uppseendeväckande. Samtidigt menade Assa Abloy att det var viktigt för fler och fler företag att ha en miljöprofil och här identifierades en möjlighet för företaget att sälja miljöprofilerade dörrar. Företaget skulle därmed kunna hjälpa butiken så att de redan i entrén kunde visa att butiken agerat och tagit ställning för en bättre miljö.

4.2.2.2 Krav

Efter studien kunde kravlistan kompletteras med krav för de olika delarna med utgångspunkt i hållbar utveckling (se tabell 16-21).

Hållbar utveckling - Dörrsystemet						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Minimera luftgenomströmning	A	Glipor mellan dörrblad och runt systemet har luftgenomströmning. Inte kompensera för Boverkets krav på klimatskärm	K	Um-värde 0.6	Watt per kvadratmeter och kelvin	BFFS 2011:26 Avsnitt 9:22 Klimatskärm
Dörrsystemets ljudisolerande förmåga ska vara densamma eller bättre	D	Koncentrations-svårigheter uppkommer vid 45 dB	K	Max 45 dB	Decibel	Arbetsmiljöverket, (Kjellberg; 1990, Kjellberg; 1994 ; ;)
<i>Design for disassembly</i> metodik ska appliceras vid designprocessen		För återvinning av ingående material	Ö	Alla komponenter i dörrblad och sidoljus ska kunna monteras isär och olika material ska kunna separeras		<i>Cradle to cradle/ cirkulär ekonomi</i>
Samtliga komponenter ska vara utbytbara		Om något går sönder ska detta gå att ersätta utan att byta ut hela dörrsystemet	Ö	Alla komponenter i dörrblad och sidoljus ska kunna monteras isär och bytas ut		<i>Cradle to cradle/ cirkulär ekonomi</i>
En miljömanual ska bifogas till varje sålt dörrsystem		Information om var materialet dörren är tillverkad av kommer ifrån. Materialet ska gå att spåra. Dörrens påverkan på miljön	Ö			Miljösynpunkt
Det ska vara möjligt att visa att det är en sustainability- dörr		Säljargument	Ö	Design eller markering		Miljösynpunkt
Ska ha färre eller samma antal olika material		Ge dörren önskat uttryck	Ö	Nuvarande lösning innefattar fyra olika material	Antal olika material	Observation av befintlig profil

Tabell 16 Krav: hållbar utveckling- dörrsystemet.

Hållbar utveckling – Glasningslist						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Samtliga delar i dörrblad och sidoljus ska gå att separera			Ö	Vid underhåll, demontering, inför återvinning/ återanvändning		<i>Cradle to cradle/ cirkulär ekonomi</i>

Tabell 17 Krav: hållbar utveckling- glasningslist

Hållbar utveckling – Hörförbindelse						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Ska ha färre eller samma antal ingående komponenter		Design för montering och demontering	Ö	Nuvarande lösning innefattar tre komponenter	Antal delar	Observation av befintlig profil

Tabell 18 Krav: hållbar utveckling- hörnförbindelse

Hållbarutveckling – Tätningar						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Slitstark produkt	C		K	Bibehålla prestanda under sex månader	Antal månader	Företaget
Ska gå att avlägsna			Ö	Vid underhåll och demontering, utan specialverktyg		Observation av befintlig profil
Möjliggöra underhåll			Ö	Ska gå att ersätta och underhålla utan specialverktyg		Observation av befintlig profil
Minimera genomträngning av vatten			Ö	När dörrsystemet är stängt	Kubikmeter	Miljösynpunkt

Tabell 19 Krav: hållbar utveckling- tätningar.

Hållbar utveckling – 1005727						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Möjliggöra tätning mot sidoljus	B		K	Finnas plats för 738128 eller motsvarande		Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

Tabell 20 Krav: hållbar utveckling-1005727.

Hållbar utveckling – 701544						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Medge olika grader av tätning mot golv		Genomförs idag med en eller två borstar	Ö	Separat komponent som hindrar luftgenomströmning		Företaget

Tabell 21 Krav: hållbar utveckling-701544

4.2.2.3 Intervjuer

Butiksbiträdena berättade att de ibland frös för att dörrarna släppte in för mycket kall luft när de öppnades och stängdes. Alla dörrar hade kompletterats med luftridåer men ingen intervjuad upplevde att dessa var tillräckliga. De hade även problem med grus som ibland gjorde att dörren inte kunde stängas ordentligt då gruset utgjorde mekaniskt hinder.

Intervjuerna genomfördes i de olika butikerna precis efter att dessa öppnas vilket gav möjlighet för intervjupersonerna att i lugn och ro svara på frågorna. Eftersom det var få kunder i butikerna kunde butiksbiträdena ställa upp på intervjuerna utan att det konkurrerade med deras arbetsuppgifter. Intervjuerna hölls korta då inget butiksbiträde kontaktats i förväg eftersom djupintervjuer ansågs överflödigt när problemen endast skulle undersökas övergripande enligt produktspecifikationen.

Arkitekterna uttryckte att skjutdörrar inte gärna valdes som ytterdörrar då de släppte igenom för mycket luft. Frölunda Torg gavs som exempel på en lokal som blivit tvungen att byggas om eftersom för mycket luft kom in då det blev tvärdrag när skjutdörrar var öppna på flera ställen i byggnaden samtidigt. När det fanns plats föredrog de karuselldörrar då de släppte igenom mindre luft, annars var slagdörrar det bästa alternativet.

Enligt energirådgivaren var inte problemet med läckande dörrar något som diskuterades särskilt mycket. Han trodde dock att frågan skulle komma att bli viktig i framtiden och att det var någonting Göteborgs stad borde arbeta mer med.

Fastighetsägaren berättade att de inte valde dörrar utifrån ett hållbarhets perspektiv utan koncentrerade sig på tillgänglighet och funktionalitet. De betalade i många fall varken el eller värme utan detta stod de hyrande för vilket gjorde att de inte hade några siffror på vad läckagen kostade.

Gruppen drog efter intervjuerna slutsatsen att mer kunskap borde ligga i monteringen av luftridåer så att varje entré skulle kunna få en fungerande lösning utifrån sina specifika behov. Här skulle företaget kunna profilera sig genom att erbjuda helhetslösningar som tog hänsyn till ventilationssystemens placering, hur tvärdrag skulle kunna uppstå och vilka åtgärder som kunde behövas för att kunna upprätthålla en bra inomhusmiljö.

I intervjun med Tony Duinker, produktkoordinator i Nederländerna, påpekades att U-värdet var viktigt att hålla nere. Enligt Boverket finns det krav på att klimatskärmen ska ha ett övergripande U-värde på $0.6 [m^2K/W]$ för lokaler. För ytterdörrar separat gäller $1,2 [m^2K/W]$ [28].

4.2.2.4 Produktstudie

Vid produktstudien framkom att dörren var ihopsatt utan specialverktyg och till stor del med olika snäpp eller spårlösningar vilket gjorde den relativt enkel att demontera. Glaset satt fast med en aluminiumprofil och en gummilist vilket innebar att inga limliknande silikonkomponenter användes vid fixering.

Det visade sig att det fanns två olika ytbehandlingar; lack eller anodisering varav den sista var bäst ur miljösynpunkt då den inte behövde avlägsnas innan omsmältning. Vid återvinning av lackade profiler måste lacken brännas bort och aluminiumet kan aldrig nå upp till samma renhet som jungfrumaterialet.

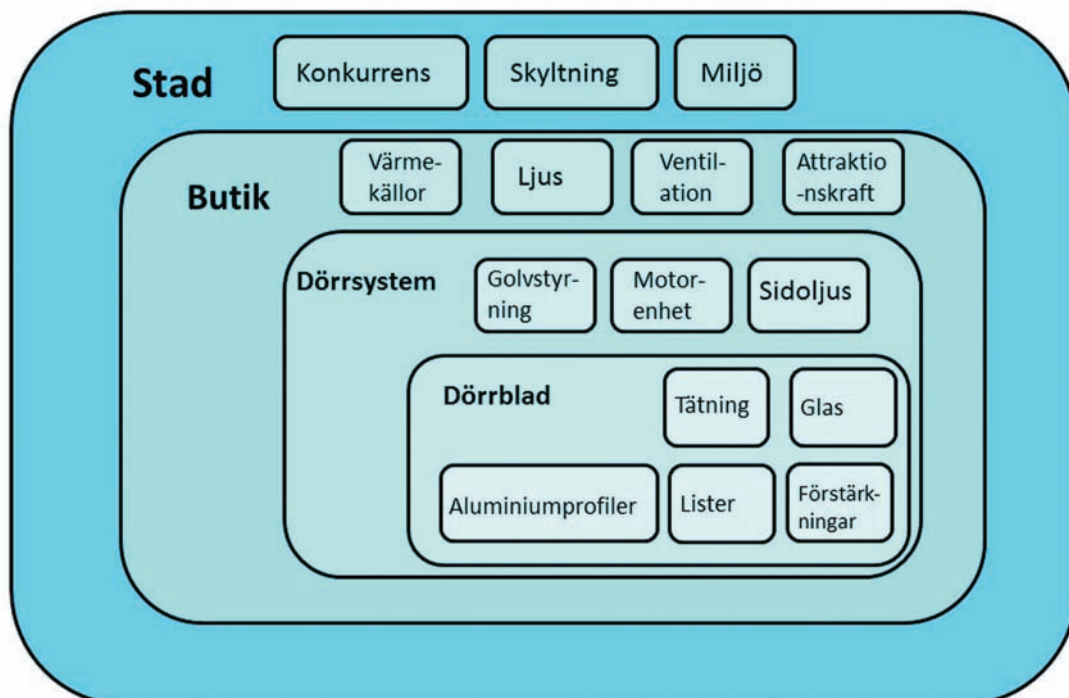
4.2.2.5 Systemmodell

Dörrbladet var nedbrytbart i subsystemen; tätning, glas, aluminiumprofiler lister och förstärkningar. Alla dessa behandlades i projektet och sågs tillsammans som systemet *dörrblad* (se figur 6).

Dörrbladet ingick i systemet *dörrsystem* och skulle förhålla sig till golvstyrningen, motorenheten och sidoljusen för att fungera. Upp till nivån *dörrsystem* var det mekaniska faktorer som styrde förhållandena mellan systemen. Dörröppningen begränsade måtten som i sin tur begränsade storleken på glaset och så vidare.

I systemet *butik* kom externa faktorer in och påverkade dörrbladet. Dels fysikaliska som var det fanns ventilation och värmekällor och hur dörren skulle förhålla sig till dessa men också attraktionskraft, alltså hur dörren skulle kunna tillgängliggöra butiken för sina kunder. Det kunde handla om att det skulle vara enkelt för alla att ta sig in men också hur väl dörren speglade butiken och de varor som fanns.

I systemet stad var konkurrenskraft och skyltningsmöjlighet de viktigaste faktorerna tillsammans med miljöfaktorn. När butiken skulle förhålla sig till staden handlade det om konkurrenskraft och tillgänglighet. Detta skulle ske utan bekostnad av miljön vilket idag inte var fallet då dörrar stod vidöppna i februari för att locka in kunder i butiken. I ett hållbart och miljömedvetet samhälle borde detta inte vara tillåtet och därför kom miljön som ett subsystem först högt upp i systemmodellen.



Figur 6 Systemmodell

4.2.2.6 Life Cycle Assessment

Dörrbladet innehöll till största viktprocent glas. Runt glaset satt en ramkonstruktion av aluminium som höll ihop delarna. Övriga material var borstar i nylon, lister av gummi, distanser i plast och förstärkningar av stål som i förhållande till ramkonstruktionen viktmissigt utgjorde väldigt liten del av produkten.

Störst upphov till koldioxidutsläpp gav materialen. Detta var trovärdigt då både aluminium och glasframställning kräver stor energiåtgång. Dörrbladet fraktades inte långt då produktionen låg i Europa och gav därmed inte stort relativt utslag. Dörrbladen konsumerade inte heller särskilt mycket el under användning.

Vattenåtgången var störst vid produktens *end of life* i anslutning till materialen. Det var svårt att ge någon konkret förklaring till detta mer än spekulationer om att vattnet kunde förorenas av flyktiga partiklar eller att vatten gick åt till kylsystem.

I avfallscirkeln observerades att materialen och användningsfasen dominerade. Materialen gav obrukbara restprodukter vid framställningen medan restprodukterna från användningsfasen var kopplade till elproduktion. Totalt sett påverkade materialen i dörren miljön mest i alla faser i produktens liv och i volym var vattenförbrukningen den största boven. Det var framförallt i återvinningsfasen i produktens livscykel som det gick åt mycket vatten (se diagram 3).

Gruppen hade, i efterhand, gärna använt sig av ett annat program för att representera data från livscykelanalysen i rapporten. Bilden lämpade sig bättre i presentationssyfte för att snabbt få en uppfattning om vilken faktor som påverkade miljön mest. I rapporten hade en bild över de olika mängderna varit mer relevant.

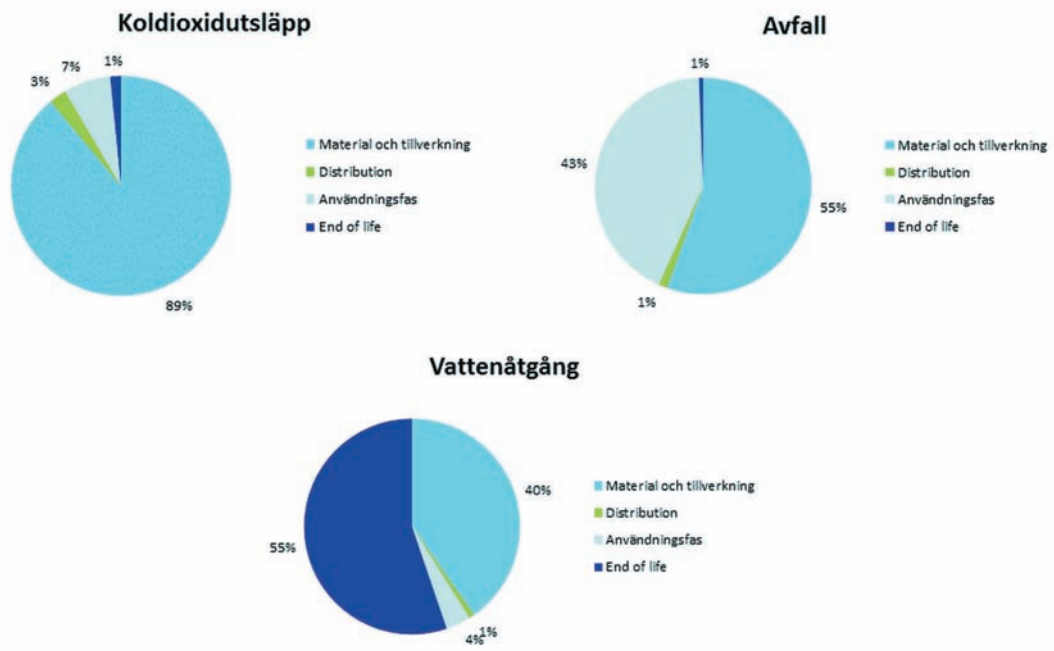


Diagram 3 Diagram och tabell som visar hur stor miljöpåverkan ett dörrblad har

4.2.2.7 Eco-cost

Eco-cost-analysen visade att aluminiumet bidrog allra mest till eko-kostnaden. Detta kunde återigen förklaras med de processer som krävdes för att framställa aluminium. Glaset kom på andra plats medan de andra ämnena i dörrbladet förkom i liten grad och adderade därför inte så mycket till *eco-cost* (se diagram 4).

Det intressanta med *eco-cost*-analysen av dörren var att den gav ett negativt slutresultat. Detta berodde på att aluminiumet hade stor potential att smältas ner och återanvändas. Detta verifierade idéerna om cirkulär ekonomi och *cradle-to-cradle* eftersom det visade att om *eco-cost* infördes skulle det löna sig att använda material som var möjliga att återvinna.

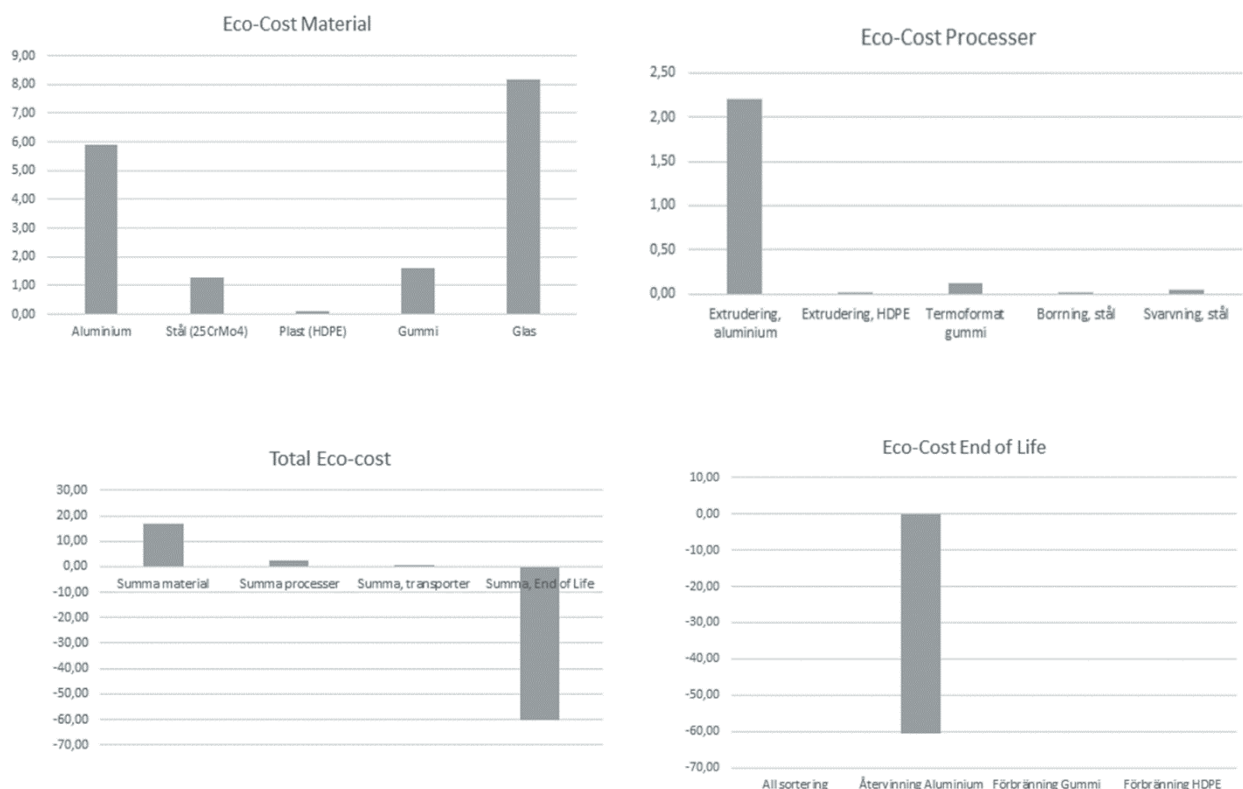


Diagram 4 Visar var de olika värdena på *eco-cost* kommer ifrån. Intressant att notera är aluminiumets negativa värde i grafen över total *eco-cost*.

4.2.2.8 Konzeptutveckling

4.2.2.8.1 Tätningar

Efter en inledande studie av dörrarna ur hållbarhetssynpunkt identifierades tätningarna mot golv, mellan dörrarna samt mot tak som de mest kritiska områdena eftersom kall eller varm luft kunde passera här relativt obehindrat som sedan krävde energikrävande avkylning eller uppvärmning, vilket var varför extra fokus lades på dessa områden.

4.2.2.8.2 Mot golv

Undersökningen fastslog att dörrarna tätades mot golvet med en eller två borstar. Problemen som identifierades var att de inte tätade ordentligt mot golvet utan stora glipor mellan dörr och golv påträffades. Oftast eftersom dörren sattes in innan golvet lagts vilket gjorde att det inte förekom standardiserade avstånd mellan golv och dörr. Det blev därmed svårt att passa in tätningen ordentligt. Dessutom var borstarna en svag barriär mot luft. Tillplattade och utslitna borstar kunde även observeras (se bild 2-5). Gruppen tog fram nya koncept som var specialdesignade för att täta mot golvet och till stor del byggde på justerbarhet.



Bild 2 Tillplattade borstar i ett dörrbladsmöte



Bild 3 Stor glipa mellan dörrsystem och golv

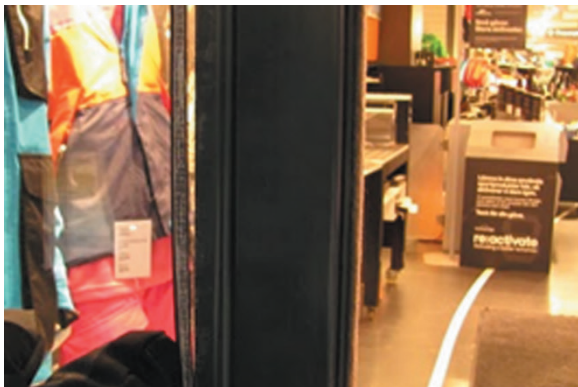


Bild 4 Gummilist som har lossnat



Bild 5 Gummilist som har lossnat

Ett sätt att förstärka borsten och göra den mindre genomsläpplig men samtidigt ha kvar de nötningsbeständiga egenskaperna hos nylon var att till borsten lägga en gummitätning (se bild 6). På detta sätt skulle en del av luften hindras att ta sig igenom utan att gummit kom i kontakt med golvet och nöttes ned. Listen var tänkt att fästas i det befintliga spåret för lister.



Bild 6 Borst med gummlist

I detta koncept hade inspiration hämtats från bandvagnar (se bild 7). Tanken var att i stället för att nöta ner gummlisten, då den drogs fram och tillbaka över golvet när den följde med dörren, rörde den sig likt ett band på en bandvagn. Listen kom därmed alltid att vara fix mot golvet i en punkt och undvek därmed förslitning.

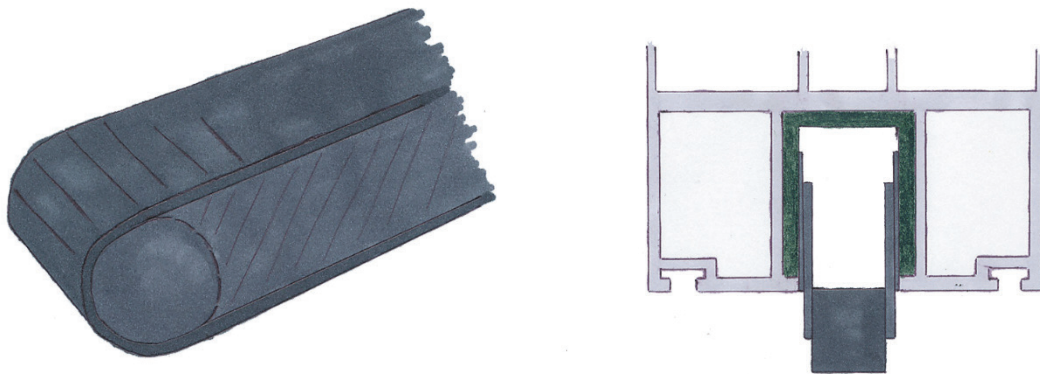


Bild 7 Bandvagn som rör sig med dörren

Ett sätt att täta var att ha en hel plastlist som gick ned i golvet (se bild 8). Den utgjorde då en fullkomlig barriär mot vind men var tvungen att löpa i en skåra i golvet som lätt samlade på sig grus och skräp. I detta koncept var skåran täckt med en gummilist som vek undan när dörren stängdes. Ingrepp i golvet var överhuvudtaget inte att föredra då det försvårade framkomligheten med kundvagnar och samlade på sig grus. Med denna lösning avhjälpes förhoppningsvis dessa två problem.

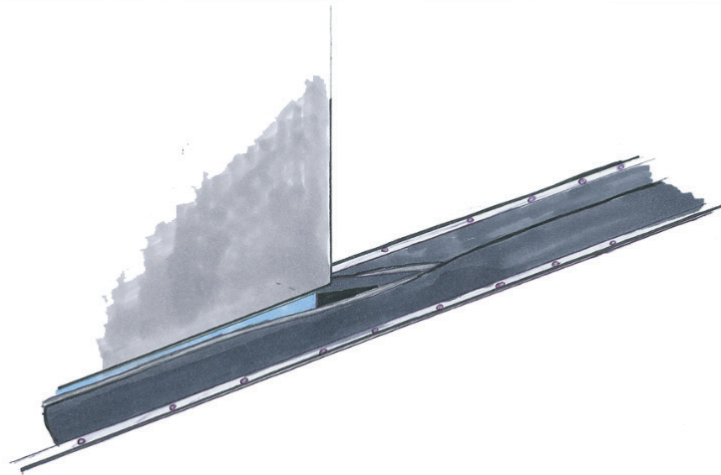


Bild 8 *Plastlist med skyddande gummihölje*

För att slippa någonting som kasade med dörren och gav upphov till motstånd, nötning och ljud så var här ett koncept där listen lyftes upp då dörren öppnades och fälldes ned när dörren var i stängt läge (se bild 9). Ett förslag på lösning var att listen hölls upp av dörrstyrningsbulten som gick ner i ett spår vid stängt läge och då tog med sig listen.

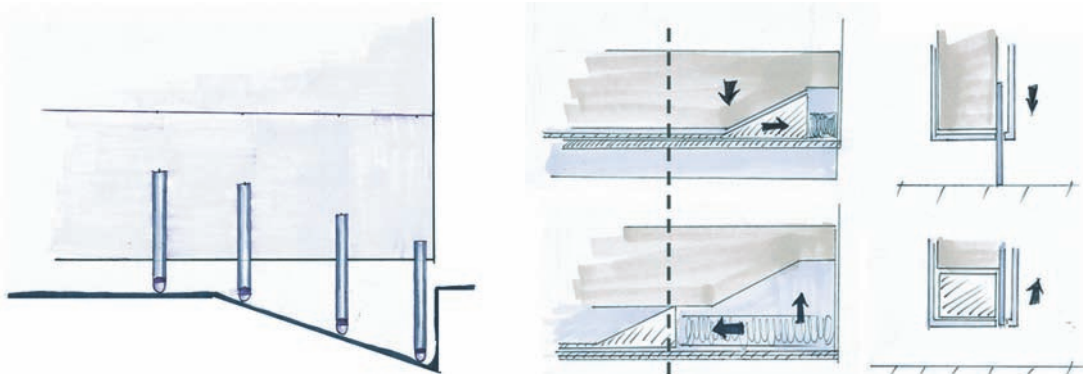


Bild 9 *List som skjuts upp när dörrbladet är i rörelse*

4.2.2.8.3 Mot tak

Den befintliga tätningen mot taket utgjordes, likt de mot golvet, av en borste. Problemet med denna var att det skapades tryckskillnader och luft med oönskad temperatur trycktes förbi borsten som endast utgjorde en lättare barriär. Detta problem troddes kunna lösas genom att borsten ersattes med en gummilist. Ett annat förslag var att en tätning som påminde om den som finns i frysboxar där en profil del löper in i i gummidel vid stängt läge (se bild 10).

En gummilist istället för borstar utgjorde en starkare barriär och hindrade mer luft från att komma in i lokalen.

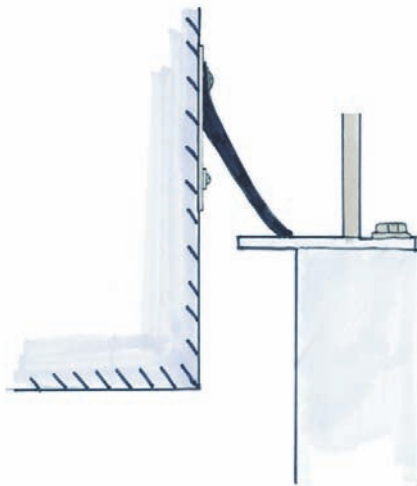


Bild 10 *Gummilist*

Samma princip användes i detta koncept men med gummi istället för borstar (se bild 11). Här användes två gummilister och dörren hade en utstickande profil som löpte i ett spår.

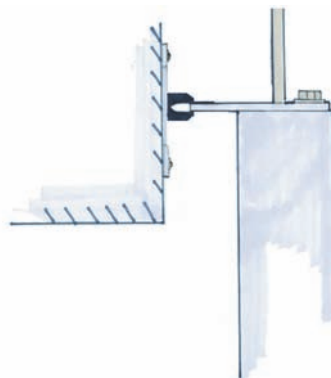


Bild 11 *Frysbox-principen*

4.2.2.8.4 Mot mötande dörr

Vid stängt läge var det viktigt att dörrarna tätade mot varandra. Detta gjordes med två gummilister som löpte upp på motsvarande lutande profildel. Problem som identifierades med dessa var att de såg fula ut då toleranserna var små och glipor lätt bildades under användandet. De var ofta utslitna, ojämna och på vissa ställen halvt bortslitna alternativt hängde på trekvart. Två förslag på hur detta skulle kunna lösas togs fram. Den ena inspirerades av hur man hängde upp gödselgrepar, där verktyget trycktes in i en gummiprofil som sedan höll fast den. Här var det istället en profildel i aluminium som till viss del tryckte ihop en motsvarande gummilist. Alternativ två inspirerades av den list som tätar bildörrar, två o-lister mötte här varandra och hade rörelsemöjlighet nog att tryckas tillbaka en bit.

I lösningen som var hämtad från upphängning av bland annat gödselgrepar gick aluminiumdelen in i gummidelen och det blev på så vis ett helt tätslutande dörrmöte (se bild 12).

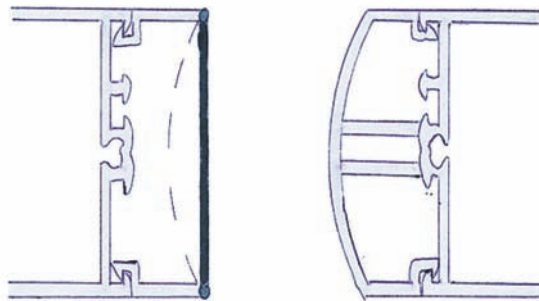


Bild 12 *Flexibelt membran*

O-lister som i detta fall mötte aluminium kunde lika väl mött ännu en o-list. Detta koncept bidrog till ett tätt möte som kunde ha större toleranser än konceptet *flexibelt membran* och på så vis var det mer tolerant mot monteringsmissar eller skador (se bild 13).

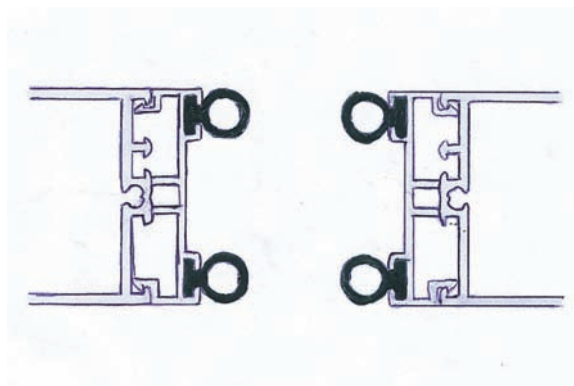


Bild 13 *Två o-lister*

4.2.2.8.5 Serviceavtal

Under studien kom det fram att företaget sålde ett servicekontrakt till sina dörrar som syftade till att upprätthålla dörrens standard under dess livstid. Ett flertal komponenter kontrollerades, framförallt motorenheten, för att driftsäkerheten skulle kunna upprätthållas. Gruppen kom fram till att serviceavtalet borde utökas med utgångspunkt i deras egen önskan om konkurrenskraftiga dörrar, de observationer gruppen gjort samt cirkulär ekonomi och *cradle to cradle*.

Slutsatsen blev att företaget borde haft en tydligare miljöprofil i sitt servicekontrakt och lagt större vikt vid att lister hölls i god kondition och byttes ut när de var slitna. Denna slutsats drogs utifrån att företaget i problembeskrivningen själva menade att det var viktigt att kunna konkurrera med produkter som uppfyllde högt ställda hållbarhetskrav, då särskilt angående luftgenomsläpplighet. Att i sitt servicekontrakt erbjuda tjänster som möjliggjorde att även tätningarnas funktion upprätthölls under hela produktens livstid skulle innebära att situationer liknande de som uppmärksammades under observationer i Göteborg där lister hade lossnat eller plattats till skulle kunna undvikas.

Servicekontraktet bedömdes vara den del i systemet som kunde anpassas bäst mot cirkulär ekonomi. Detta eftersom det var Assa Abloys chans att ta kontroll över sin produkt och hyra ut den i stället för att sälja den. Om detta implementerades kunde produkter säljas flera gånger och komponenter skulle kunna återanvändas i stället för att nyttillverkas eftersom produkten fortfarande var i Assa Abloys ägor. Detta bedömdes kunna spara mycket pengar, material och energi och ligga i linje med idén om cirkulär ekonomi.

4.2.3 Diskussion

Livscykelanalysen i rapporten var representerad med cirkeldiagram. Detta gav inte en tydlig bild av resultatet från analysen. Det gick inte att se om det var stora eller små mängder det handlade om utan detta gav snarare en bild av vilket område som var störst, hur stort det var gick inte att få grepp om.

Skisserna som tagits fram var just konceptskisser och skulle behöva mycket efterarbete för att kunna realiseras. Syftet med skisserna var att få nya infallsvinklar på luftgenomsläpplighetsproblematiken och behövde därför inte vara strikt genomförbara.

De dokument som lästs och som i rapporten hänvisas till som EU-standards är i vissa fall endast preliminära sådana. Gruppen har ändå använt sig av dem som EU-standards då företaget ansett det otroligt att några grundläggande förändringar i dokumenten skulle ske.

De flesta observationsstudier gruppen gjorde tydde på att Assa Abloy helt överlämnade upprätthållandet av dörrens tätningsegenskaper till sin kund vid försäljningen. Att den slutsatsen drogs berodde på att dörrarna inte tycktes bli omhändertagna på ett ändamålsenligt sätt ute hos kund. Samma fenomen fanns att observera hos konkurrenternas dörrsystem. Detta antogs innebära att här fanns en lucka att fylla med ett helt unikt entrékoncept med stort inflytande från *cradle to cradle*.

4.3 Bombsäkerhet

Denna del handlar om den analys som gjordes med avseende på bombsäkra skjutdörrar, hur den genomfördes och vilket resultat som framkom. Resultaten, i form av en kartläggning av dörrsystemets krav med nuvarande korresponderande lösningar, var av största intresse för Assa Abloy och samlades i en fristående rapport som överlämnades till företaget vid kandidatarbetets slut. Här nedan följer en sammanfattning av denna rapport.

4.3.1 Genomförande

Denna del beskriver de metoder som användes för att analysera Assa Abloys arbete med tryckvågsbeständiga dörrar.

4.3.1.1 Litteraturstudie

I syfte att skapa förståelse inom området genomfördes noggranna studier av den ISO-standard som omfattande genomförande, analys och klassificering av bombsäkerhet i förhållande till skjutdörrar.

4.3.1.2 Intervjuer och observationer

En studie av företagets produkt genomfördes inom marknadssegmentet.

Observationer och intervjuer genomfördes i England vid en avdelning inom Assa Abloy som var specialiserad inom utveckling av tryckvågsbeständiga dörrlösningar. Befintliga dörrsystem, både Assa Abloys och konkurrerande företags, undersöktes och utvärderades med en specialist, Jonathan Nobbs, *product sales manager*, Assa Abloy, vid Heathrow flygplats.

Under besöket gavs en genomgång av avdelningens bakgrund som innefattade marknadskrafter, möjligheter och potential. Huvudkontoret i London bidrog med teknisk förståelse i form av grundläggande tryckvågsteori, genomförande av produktstudie, samt kartläggning av utbud och alternativ. Intervjuer angående tryckvågsbeständiga dörrlösningar i relation till arkitektur, ekonomi och tekniska specifikationer genomfördes med specialister inom respektive område.

4.3.2 Resultat och analys

I detta avsnitt beskrivs de resultat som grundade sig på sprängsäkerhet. Det visades att det ställdes höga krav på en sprängvågsbeständig dörr och det var hårt reglerat inom området.

4.3.2.1 Krav

Analysen av bombsäkerhet resulterade i en noggrann kartläggning av Assa Abloys nuvarande tryckvågsbeständiga skjutdörrar med krav och hur dessa uppfylls med motsvarande lösningar.

Förstudien inom bombsäkerhet resulterade i en kravlista, kraven utgick från de ISO-standarder som studerades.

Bombsäkerhet – Bilbomb						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Dörrsystemet ska uppfylla de krav som ISO specificerar efter applicerad kraft från tryckvåg enligt ISO förbestämd mängd explosivt ämne och avstånd	A	Krävs för certifiering	K	Finns beskrivet i testspecifikation ISO 16 933, Glass in building, table 2, Classification criteria – vehicle bombs	Mängd och storlek på partiklar som träffar <i>witness screen</i>	Fältstudier, säljkontor England
Dörrsystemet ska uppnå klassificering B enligt ISO 16 933	B	Krävs för certifiering	K	Finns beskrivet i testspecifikation ISO 16 933, Glass in building, table 2, Classification criteria – vehicle bombs	Olika nivåer på krav som certifieringen kräver	Fältstudier, säljkontor England
Dörrsystemet ska uppnå klassificering A enligt ISO 16 933		Krävs för certifiering	Ö	Finns beskrivet i testspecifikation ISO 16 933, Glass in building, table 2, Classification criteria – vehicle bombs	Olika nivåer på krav som certifieringen kräver	Fältstudier, säljkontor England

Tabell 22 Krav: Bombsäkerhet- Bilbomb

Bombsäkerhet – Handburen bomb						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Dörrsystemet ska uppfylla de krav som ISO specificerar efter applicerad kraft från tryckvåg enligt ISO förbestämd mängd explosivt ämne och avstånd	A	Krävs för certifiering	K	Finns beskrivet i testspecifikation ISO 16 933, Glass in building, table 3, Classification criteria – hand carried satchel bombs	Mängd och storlek på partiklar som träffar <i>witness screen</i>	Fältstudier, säljkontor England
Dörrsystemet ska uppnå klassificering B enligt ISO 16 933	B	Krävs för certifiering	K	Finns beskrivet i testspecifikation ISO 16 933, Glass in building, table 3, Classification criteria – hand carried satchel bombs	Olika nivåer på krav som certifieringen kräver	Fältstudier, säljkontor England
Dörrsystemet ska uppnå klassificering A enligt ISO 16 933		Krävs för certifiering	Ö	Finns beskrivet i testspecifikation ISO 16 933, Glass in building, table 3, Classification criteria – hand carried satchel bombs	Olika nivåer på krav som certifieringen kräver	Fältstudier, säljkontor England

Tabell 23 Krav: Bombsäkerhet- Handburen bomb

Efter den empiriska studien kompletterades kravlistan för bombsäkerhet.

Bombsäkerhet						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Estetiken ska efterlikna företagets övriga dörrsystem		Avskalat uttryck, önskemål för flertalet intressent-grupper	Ö	Återspegla framtagen <i>moodboard</i>		Fältstudier, säljkontor England

Tabell 24 Krav: Bombsäkerhet

4.3.3 Diskussion

Bombsäkerhet kom att identifieras som den mest fristående delen, där det inte ansågs möjligt att anpassa profilsystemet så att tryckvågsbeständighet kunde bli ett tillval. Detta eftersom de kraftiga modifieringar av samtliga komponenter som krävdes för att uppfylla ovanstående krav ställde konstruktionen långt från det befintliga dörrsystemet.

4.4 Inbrottssäkerhet

Denna del behandlar analysen av inbrottssäkerhetsaspekterna. Resultatet var dels en kartläggning av behovet av skyddsklass och möjligheten att implementera åtgärder i befintligt system och målet var att utifrån denna kartläggning utforma en kravlista. En fristående rapport med en fördjupande analys och kartläggning av åtgärder och standarder sammanställdes efter önskemål från uppdragsgivaren. Här nedan följer en sammanfattning av denna rapport.

4.4.1 Genomförande

Detta delkapitel beskriver metoderna som användes för att kartlägga Assa Abloys arbete för att inbrottssäkra sina dörrar.

4.4.1.1 Litteraturstudie

I det tidiga skedet av projektet genomfördes en inläsning av standarder från EU på området inbrottssäkerhet. Denna innefattade kraven som ställs på konstruktioner utifrån olika klassificeringsnivåer, samt testförfarandet vid klassificeringsprocessen. Testprotokoll från klassificeringen samt inbrottssäkerhetslösningar som inte var kopplade till standarder studerades även genom bland annat inläsning av dokumentation.

4.4.1.2 Produktstudie

Det befintliga Frame-systemet undersöktes i detalj för att skapa en omfattande produktförståelse i förhållande till de specifika krav som inbrottsskyddet ställde på konstruktionen.

4.4.1.3 Intervjuer och observationer

Ett studiebesök vid Assa Abloy i Ede, Nederländerna, genomfördes och en omfattande intervju med fokus på de åtgärder som skulle krävas för att kunna klassificera Frame-systemet enligt gällande EU-standarder genomfördes. Intervjuperson var Tony Duinker, produktkoordinator för dörrsystemen. Ytterligare fokus låg vid att utreda vilken klassificering som var möjlig för systemet i relation till den kostnad som eventuella modifieringar skulle innebära samt efterfrågan på marknaden. Även områden med potentiellt konflikterande kravsättning undersöktes.

Det genomfördes även en rad observationer med en grundlig genomgång av de komponenter som utgjorde modifieringarna för att nå upp till motståndsklass 2 enligt EU-standard, samt den åverkan som behövde göras på original-komponenterna för att montera dessa. Till denna gavs även en liknande genomgång av ett klass 3-system speciellt framtaget med fokus på inbrottssäkerhet.

4.4.1.4 Konzeptutveckling

Då företaget efterfrågade konceptskisser inom relevanta områden *brainstormade* gruppen utifrån genererade kravlistor och med morfologisk matris skapades koncept som visualiserades med skisser. Dessa utvärderades med Pugh-matris och de koncepten med bäst egenskaper redovisades i rapporten och under delredovisning.

4.4.2 Resultat och analys

I detta avsnitt beskrivs de resultat som grundade sig på inbrottssäkerhet. Det visades att det ställdes väldigt specifika krav då standarder är väldefinierade i förhållande till produktens olika komponenter och klassificeringsnivåer.

4.4.2.1 Litteraturstudie, Produktstudie, Intervjuer och observationer

Resultaten kunde bekräfta att ett modulärt system, där olika nivåer av inbrottsskydd skulle kunna läggas till efter kundspecifikation, något som framkom ur marknadsbeskrivningen från Tony Duinker under studiebesöket i Nederländerna. Det framkom även att kunder ofta vill ha säkra lösningar som inte nödvändigtvis uppfyller standarder, men att en klassificering självklart förtydligar skyddsnivån och underlättar för kunder. Vissa väljer däremot bort klassificerade lösningar på grund av prisnivån.

Efter kontakt med försäkringsbolag i Sverige och England, framgick att krav på inbrottsskydd enligt gällande standard EN-1627 var en förutsättning för att försäkring av egendom av många typer skall kunna ske.

Detta bedömdes vara en drivande marknadsfaktor för klassificerade dörrsystem då ytterligare skydd i form av jalousier och galler vilka innebar en extra investering.

De motståndsklasser som bedömdes rimliga att uppnå var främst klass 2 (enl. EN 1627) men även klass 3 till viss grad. Över de nivåerna tilläts användning av elektriska verktyg vilket ställde en helt ny nivå av krav på dörrsystemet. Då samtliga åtgärder för att möta klass 2 kunde kartläggas under studiebesöket i Nederländerna och samtliga tekniska lösningar bedömdes vara möjliga att implementera från fabrik, har möjligheten till ett modulsystem där ett inbrottssäkerhets-tillval bekräftats. Kartläggningen har även gett viktig information om vad som går att förändra och modifiera utan att hamna i konflikt med dessa potentiella lösningar. Förutom komponenternas uppbyggnad skulle dimensioneringar och materialval exempelvis kunna påverka motståndskraften mot inbrott. Med den samlade kunskapen i området säkerställdes att vidare utveckling av framsystemet skulle kunna ske utan att nya brister uppstod som resultat av nya konceptlösningar.

Klass 3-motstånd kunde inte kartläggas i samma utsträckning då Frame-systemet inte har genomgått anpassning till den nivån då det innebar för omfattande modifieringar för att vara motiverat. Detta framgick under intervju i Nederländerna, bland annat med motivering att grundkomponenter som exempelvis hörnförbindelsen låg för nära hållfasthetsgränserna. Bedömningen har gjorts att en klass 3-klassificering skulle kunna vara möjlig att uppnå om säkerhetsaspekterna skulle få stort inflytande tidigt under en eventuell produktutvecklingsprocess av nästa generations Frame-system.

4.4.2.2 Krav

Studien resulterade i en kravlista utifrån inbrottsäkerhet som innefattade de krav som nuvarande system ej uppfyllde men som krävdes för klass 2-3-klassificering. Klass 2-kraven var specifikt kopplade till tekniska lösningar medan klass 3-kravet var övergripande. Utöver dessa listades även ett krav som behandlade allmänna inbrottsäkerhetsaspekter som visade sig under fältstudien.

Inbrottsäkerhet - Allmänna						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Låsa automatiken då dörrparti är låst		Skapar ett konstant hinder mot sårande av dörrblad	Ö	Funktionalitet att låsa remdriftens rörelse		Fältstudier, säljkontor Nederländerna

Tabell 25 Krav: Inbrottsäkerhet- Allmänna

Inbrottsäkerhet – Dörrbladets ram						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Styvhet i dörrblads ram för att undvika maximal tillåten utböjning vid last enligt EN 1627, klass 2	A	Förhindrar åtkomst, krävs för certifiering – nuvarande lösning flexar för mycket	K	Finns beskrivet i EN 1627, kap.7 Mechanical strength, table 2 – Static loading of group 1 and group 2 products	Förflyttning/ åtkomst med fördefinierade geometrier enligt EN 1628	Fältstudier, säljkontor Nederländerna, EN 1627

Tabell 26 Krav: Inbrottsäkerhet- Dörrbladsram

Inbrottssäkerhet – Dörrsystem						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Förhindra sidoförflyttning (y-led) av dörrbladsparti i låst läge vid påfrestningar enligt EN 1627, klass 2	B	Dörrblad får ej kunna forceras, krävs för certifiering – nuvarande konstruktion kan skjutas i sidled	K	Finns beskrivet i EN 1627, kap.8 Manual burglary attempts, table 6	Förflyttning/åtkomst med fördefinierade geometrier enligt EN 1628	Fältstudier, säljkontor Nederländerna, EN 1627
Förhindra åtkomst till lås vid påfrestningar enligt EN 1627, klass 2	E	Lås får ej kunna forceras, krävs för certifiering – Aluminiumet går att forcera med spetsiga verktyg	K	Finns beskrivet i EN 1627, kap.8 Manual burglary attempts, table 6	Åtkomst med verktyg enligt EN 1627, EN 1630	Fältstudier, säljkontor Nederländerna, EN 1627
Dörrsystemet ska utifrån samtliga aspekter uppfylla de specifika krav som krävs för att uppnå klass 3 enligt EN 1627		Krävs för certifiering. Det finns fler steg i klassificering men efterfrågan ligger på klass 3	Ö	Finns beskrivet i EN 1627 (test specifications)	När olika nivåer på krav som certifieringen kräver	Fältstudier, säljkontor Nederländerna, EN 1627

Tabell 27 Krav: Inbrottssäkerhet- Dörrsystem

Inbrottssäkerhet – Upphångningsanordning						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Förhindra att hjulsläden kan pressas ut skena vid påfrestningar enligt EN 1627, klass 2	C	Dörrblad får ej kunna forceras, krävs för certifiering – Hjulsläde hoppar ur vid nuvarande konstruktion	K	Finns beskrivet i EN 1627, kap.7 Mechanical strength, table 2 – Static loading of group 1 and group 2 products, table 5 – Drop height for dynamic test, kap.8 Manual burglary attempts, table 6	Absolut: JA/NEJ – Hoppar ur	Fältstudier, säljkontor Nederländerna, EN 1627

Tabell 28 Krav: Inbrottssäkerhet- Upphångningsanordning

Inbrottssäkerhet – Golvstyrning						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Förhindra att golvstyrningsbulten avlägsnas från golvstyrningslist vid påfrestningar enligt EN 1627, klass 2	D	Dörrblad får ej kunna forceras, krävs för certifiering – Nuvarande bult viker sig och går att lyfta ur	K	Finns beskrivet i EN 1627, kap.7 Mechanical strength, table 2 – Static loading of group 1 and group 2 products , table 5 – Drop height for dynamic test, kap.8 Manual burglary attempts, table 6	Absolut: JA/NEJ – Hoppas ur	Fältstudier, säljkontor Nederländerna, EN 1627

Tabell 29 Krav: Inbrottssäkerhet- Golvstyrning

Inbrottssäkerhet – Montering						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Lösningar ska i hög grad vara oberoende av montörens skicklighet		Estetik och funktion kan bli lidande om ej uppfyllt	Ö			Fältstudier, säljkontor Nederländerna

Tabell 30 Krav: Inbrottssäkerhet- Montering

Inbrottssäkerhet – 701544						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Medge montering av specialkomponenter		Komponenter för inbrottssäkerhet eller minskad luftgenomsläpplighet ska kunna monteras	Ö	Golvstyrning och tätningar		Fältstudier, säljkontor Nederländerna

Tabell 31 Krav: Inbrottssäkerhet- 701544

4.4.2.3 Konceptutveckling

4.4.2.3.1 Dörrbladsmötet

En av de svagaste punkterna identifierades som mötet mellan dörrbladen, och befintlig modifiering av systemet för att klara kraven krävde en golvstyrningslist på eller i golvet. Problemet med listen var att den inte lämpar sig för alla miljöer då entrén dels hade ett renare utseende utan den, att smuts och grus kunde fastna i dess spår och att den innebar ett relativt stort ingrepp på golvytan. Koncept för att fixera dörrbladen i låst och stängt läge togs fram.

Golvinsats metallsko var ett koncept som innebar att en insats placerades vid golvbladsmötet vid stängning och låsning av dörren och förhindrade att dessa kunde tryckas inåt (se bild 14). Den skulle sänkas ned i golvet i försänkta hylsor som i sin tur skulle pluggas igen när dörren var igång. Konceptet skulle innebära ett extra moment vid låsning av dörr men det bedömdes ej ta lång tid. Skyddet bedömdes som mycket starkt och entréns estetik förbättrades då en golvstyrningströskel kunde elimineras.

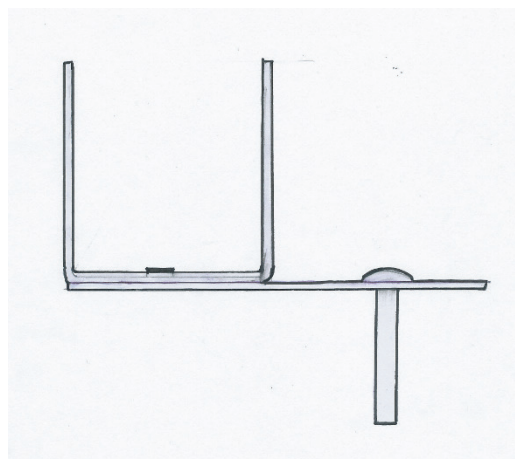
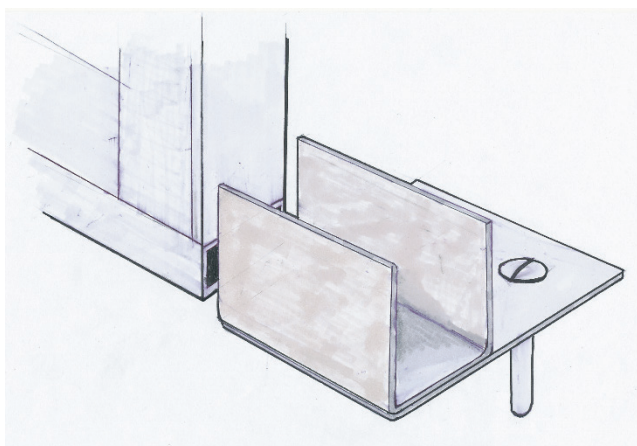


Bild 14 *Golvinsats metallsko*

4.4.2.3.2 Urspåring

Då kraft applicerades vinkelrätt mot dörrblad kunde hjulslädarna hoppa ur från sin skena. De kunde även lyftas av genom att hela dörrblad lyftes upp. Koncept för att fixera dörrbladen stängt läge togs fram.

Urspåringsskydd *hakar* bestod av två hakprofiler med korresponderande geometrier och monteras mot övre väggparti respektive hjulslädarna (se bild 21). Hakarna skulle överlappa varandra i stängt läge i syfte att hindra rörelse av dörrbladet inåt och uppåt vid inbrottsförsök. En stor fördel bedömdes vara att de skulle vara dolda och att hjulslädarnas monteringskruvar även skulle kunna användas för hakarnas montering.

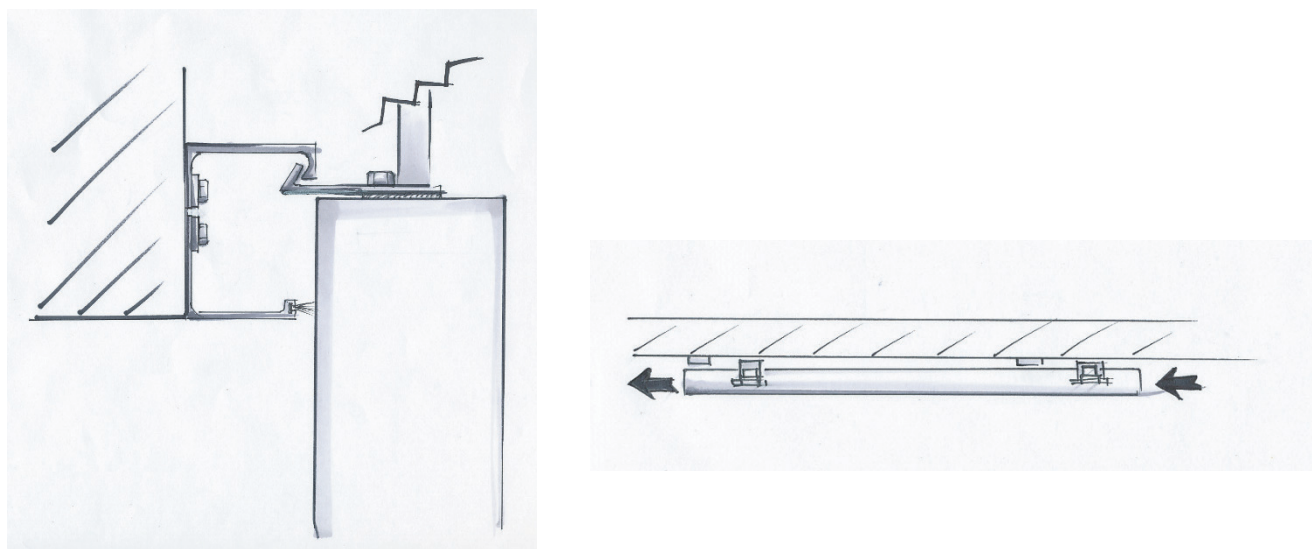


Bild 15 *Hakar*

4.4.3 Diskussion

Inbrotts säkerhet kom att identifieras som en fristående del, där det inte ansågs möjligt att anpassa profilsystemet fullt ut så att inbrotts säkerhet kunde bli ett tillval och uppfylla samtliga säkerhetsklasser. Kraven kom att ge en god överblick över de villkor som ett dörrsystem borde leva upp till för att klassificeras som inbrotts säker. Resultaten från inbrotts säkerhetsundersökningen var dock viktiga för det fortsatta arbetet utifrån den aspekten att inga misstag i den tekniska konceptutvecklingen skulle göras och på så sätt bidra till försämrade inbrotts säkerhet.

5. FAS TVÅ

I detta kapitel beskrivs metoder och resultat från arbetet under fas två. Målet var att förbättra hörnförbindelsen och minska antalet komponenter för att montera glaset i dörrblad och sidoljus. I slutet av kapitlet redovisas först de konceptlösningar som gruppen generade och som tillslut ledde fram projektets slutkoncept som även det presenteras.

5.1 Problemidentifiering

Detta delkapitel beskriver processen kring att samla in kunskap om produkten för att kunna bekräfta och förfina problembeskrivningen.

5.1.1 Genomförande

I genomförande beskrivs hur arbetet med att skapa fördjupad förståelse om designparametrar kopplade till tillverkningsmetoden, brukarna och de befintliga lösningarna på hörnförbindelse och glasfixering lagts upp.

5.1.1.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie genomfördes av Sapas handbok för konstruktörer¹ för att komplettera den tidigare inlästa kunskapen och öka förståelsen för materialet, strängpressning och de olika designparametrar som behövdes tas hänsyn till. Fokus låg på de kapitel som innehöll glasningsprofiler samt hörnförbindningar, men även bokens övriga kapitel studerades.

5.1.1.2 Brukarstudie

Brukarstudien genomfördes genom insamlande av information från företaget om hur monteringen gick till samt en ostrukturerad intervju med en låssmed i fält.

5.1.1.3 Produktstudie

En funktionsanalys på vardera område (glasningslist och hörnförbindelser) genomfördes. I samband med detta skapades även ett fiskbensdiagram inom vardera område. Inom hörnförbindningar gjordes två diagram; ett med utgångspunkt i problemet montering och ett med utgångspunkt i problemet hållfasthet. Bara ett fiskbensdiagram gjordes till glasningslisterna då problemet endast var att det fanns en list till varje glastjocklek.

För att definiera produktens huvudfunktion, delfunktioner respektive stödfunktioner genomfördes även funktionsanalyser på både hörnförbindelse och glasningslist. Dessa definierades och användes vid konceptframtagning med hjälp av morfologiska matriser.

¹ Sapa (2009)

Produktstudien i fas två innebar även att en virtuell 3D-modell av dörrbladet togs isär för att identifiera hur hörn samt glasningslister satt ihop. 2D-ritningar av både hörn och glasningslister studerades som komplement. Dock fanns en profildel (av annat dörrblad än Frame) att tillgå vilken användes för att underlätta förståelsen av 2D-ritningarna.

5.1.2 Resultat och analys

I detta delkapitel redovisas resultaten med analys från de metoder som legat till grund för att bättre förstå designparametrar kopplade till tillverkningsmetoden, brukarna och de befintliga lösningarna på hörnförbindelse och glasfixering.

5.1.2.1 Litteraturstudie

I boken visades exempel på hur aluminiumprofiler kunde utformas utifrån olika användningsområden. Det fanns olika förslag på hur det var möjligt att konstruera profildelar för att skapa hörnförbindelser, till exempel kunde man förstärka med externa delar så som brickor. Boken tog även upp exempel där fjädrar eller geometrier användes för att snäppa ihop hörn.

I boken fanns olika konstruktionslösningar på hur glas kan hållas på plats i ett dörrblad. Även här syntes exempel med fjädrar, skruvar och snäppfunktioner.

Studien gav gruppen fördjupade kunskaper inom konstruktionen på de två olika områdena. Den bidrog till kunskap om hur krav på hållfasthet kunde uppfyllas. Dessa fördjupade kunskaper samt de förslag på befintliga lösningar som studerats användes vid brainstorming och idégenerering inför framtagningen av nya koncept.

Även de delar av boken som inte handlade om glasningslister och hörnförbindningar gav bra förståelse kring konstruktion av aluminiumprofiler och delar från dessa kapitel var användbara under konceptframtagningen.

5.1.2.2 Brukarstudie

Hörnförbindningen och glasningslisterna hanterades och användes inte av samma grupp människor som dörrsystemet i sin helhet. I denna fas var det främst den tekniska personalen som var brukare i form av montörer och olika typer av servicepersonal. Nedan nämnda brukare bedömdes vara primär- och sekundäranvändare vid monteringen av dörrsystemet och därmed användare av hörnförbindning och glasningslist.

5.1.2.2.1 Primäranvändare montörer

Montörerna kom i kontakt med hörnförbindningen i fabriken i Tjeckien där denna skulle användas för att sätta ihop ramverket och glasningslisterna när glaset monterades i dörrbladet. Det var viktigt för dem att montering kunde ske på ett så ergonomiskt sätt som möjligt utifrån de förutsättningar som fanns i fabriken.

När dörrsystemet sattes på plats i byggnaden jobbade montörerna ute i fält. Dessa kom i kontakt med glasningslisterna då de fixerade glaset i sidoljuset. Det var viktigt att montörerna kunde montera listerna utan att skada dörrsystemet och att det kunde göras med handkraft. Det var viktigt att monteringsprocessen bestod av få moment och få delar då detta minskade risken att något blev fel längs vägen.

5.1.2.2.2 Låssmed

Låssmeden kunde komma i kontakt med skjutdörrarna när de var installerade och i drift, då lås skulle kunna både lagas eller repareras om de gick sönder. Vid intervjun påpekades det att dörrarna ej var byggda för att klara vårt kalla klimat med hård vind och mycket regn. Dessutom trodde låssmeden att arkitekterna själva bestämde vilka dörrar som skulle monteras och uttryckte viss kritik mot det sätt på vilket de, enligt honom valde dörrar.

5.1.2.3 Produktstudie

Att det inte fanns tydligt definierade problem med hörnförbindelserna gjorde att två fiskbensdiagram skapades med två olika infallsvinklar. Företaget kunde inte definiera vad som var problemet eller vad som hade förbättringspotential, de visste att de ville ha någonting som var bättre. Därför identifierades de största problemen av gruppen till hållfasthet och montering. Glasningslisterna hade å andra sidan ett tydligt definierat problem, det fanns tre lister som skulle kombineras till en.

De funktionsanalyser och fiskbensdiagram som gjordes för att definiera problemen gjordes utifrån de monteringsanvisningar som företaget bidrog med och beskrev därmed idealförfaranden. Funktionsanalysen gjordes utifrån ritningar som beskrev funktioner inom systemet, alltså vilka profiler som anslöt till andra delar inom systemet. Resultatet ansågs därmed trovärdigt trots att analysen inte var gjord utifrån observation av den verkliga produkten då profilens funktion inte påverkades av faktorer utanför systemet.

5.1.2.3.1 Hörn



Figur 6 Funktionsanalys av hörnförbindning

Funktionsanalysen (se figur 6) visade att hörnets främsta funktion var att förbinda horisontell- och vertikal profildel i 90 graders vinkel. Hörnet skulle sedan klara påfrestningar i form av pålagd last, samtidigt som de skyddade från eventuell sprickbildning i känsliga delar och i förlängningen hörnen på glaset. Det var viktigt att hörnet gav plats åt de komponenter som behövdes för att montera det. Dessa komponenter var i originalutförandet en metallbricka och två skruvar, skruvarna löpte i spår i profildelen.

Materialvalet i hörnet hade grundat sig på att förbindningen behövde kunna stå emot de krafter som hela dörrbladet förväntades behöva stå emot. Tillverkningsmetoden hade anpassats efter materialval och önskemål om hållfasthet och förväntades därmed inte påverka hållfastheten. Den hållfasthet som uppnåts på originalutförandet ansågs behöva uppnås även med den omkonstruerade hörnförbindningen.

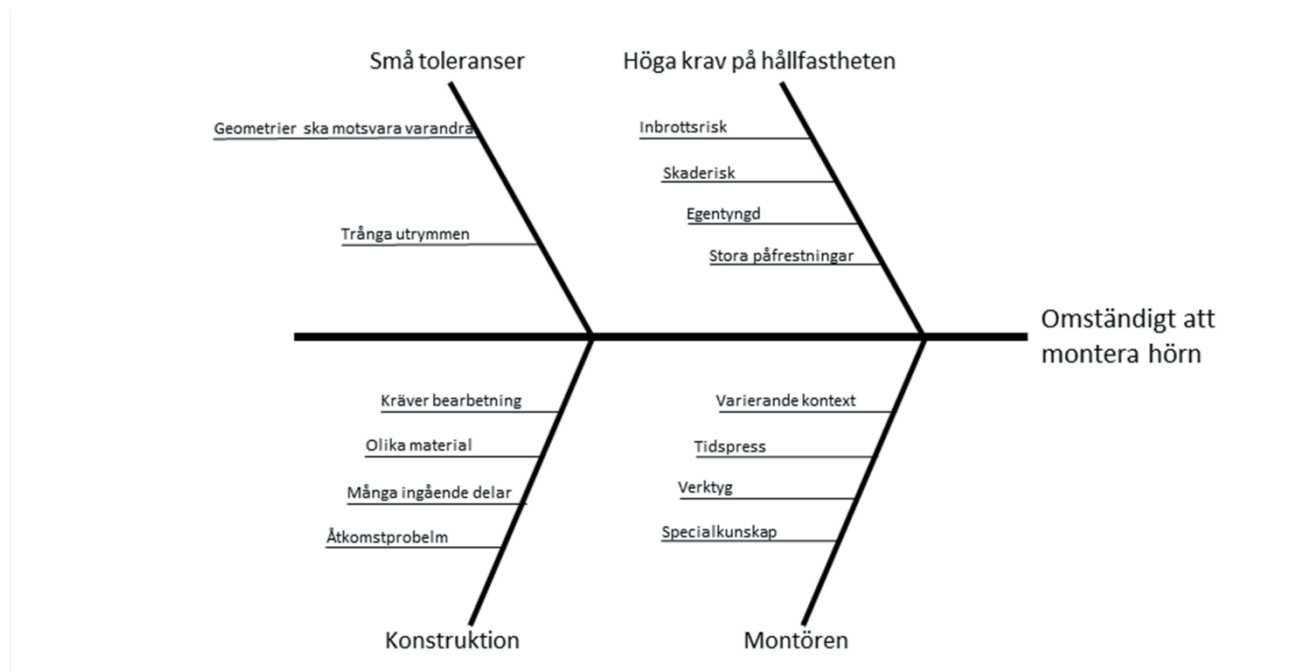


Diagram 5 Fiskbensdiagram över varför det kan vara omständigt att montera hörn

Fiskbensdiagrammet visade att hörnförbindelsen i sitt originalutförande inte var designad för intuitiv montering, den innehöll tre separata delar samt krävde verktyg vid montering (se diagram 5). Detta var något som skulle kunna förbättras genom att minska antalet komponenter, sträva efter att utesluta användningen av verktyg samt göra monteringen intuitiv.

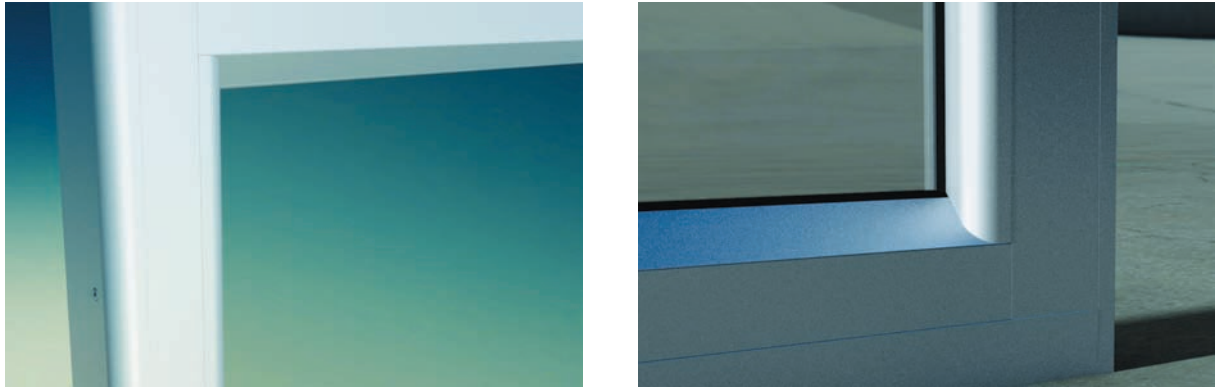
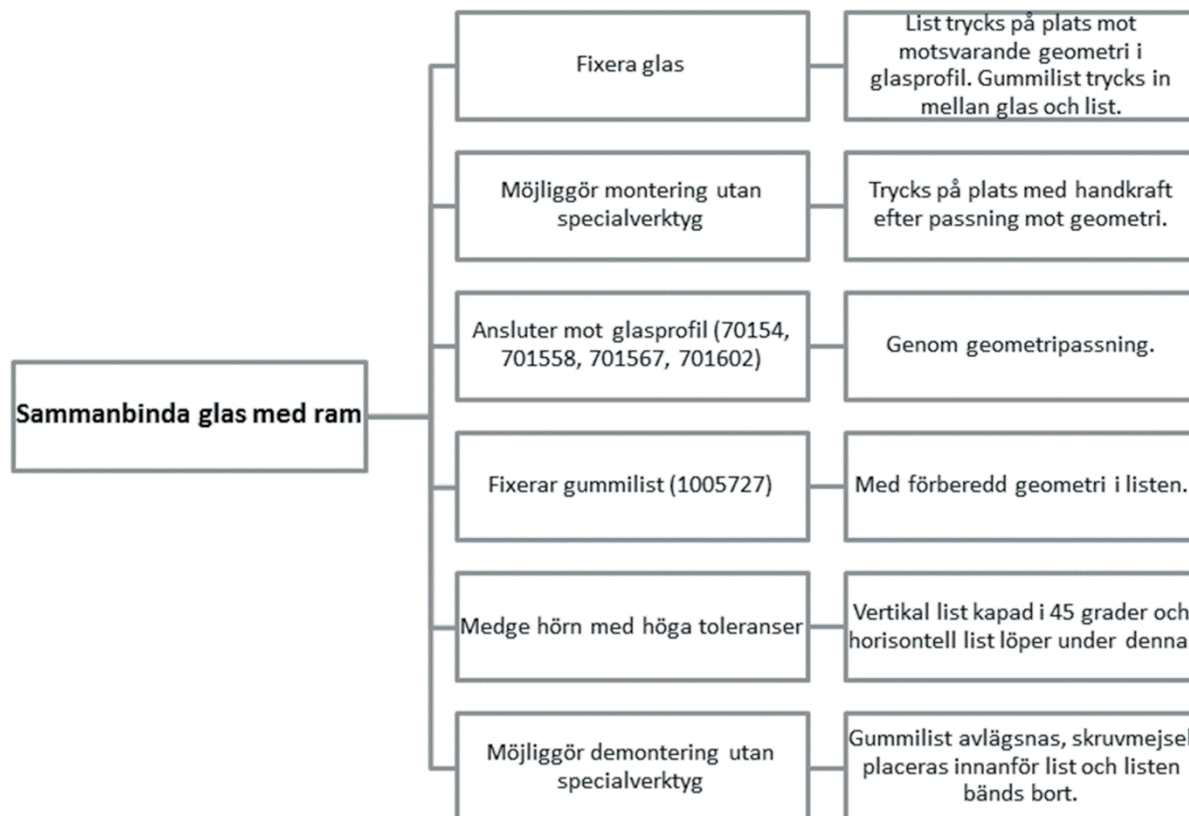


Bild 16 *Visualisering av befintligt hörn*

Hörförbindelsen innan *redesign* (se bild 16). En bricka sattes på plats mot ena profilens inre vägg i syfte att fördela spännkraften från skruvarna över en större yta. Skruvarna skruvades genom profildel genom brickans hål och in i mötande profildels skruvspår. Skruvhuvudena doldes sedan av utanpåliggande profildelar.

Vid omkonstruktionen av hörnet kom fokus att läggas vid att hållfastheten skulle förbli oförändrad eller bättre. Hörnet fick inte bestå av fler komponenter än det gjorde i det ursprungliga dörrbladet samt vara intuitiv att montera. För att effektivisera monteringen skulle en hörförbindelse som inte krävde verktyg vid montering eftersträvas. Dessutom skulle alla delar vara möjliga att separera vid demontering.

5.1.2.3.1 Glasningslist



Figur 7, Funktionsanalys över glasningslisten

Glasningslistens främsta funktion var att hålla glaset på plats (se figur 7). Till glasningslisten skulle även en skyddande gummilist anslutas som var den komponent som kom i kontakt med glaset. Listen anslöt till en rad andra profildelar med vilka den måste vara kompatibel. Både montering och demontering av glasningslisten genomfördes utan specialverktyg vilket var en funktion som var önskvärd att behålla.

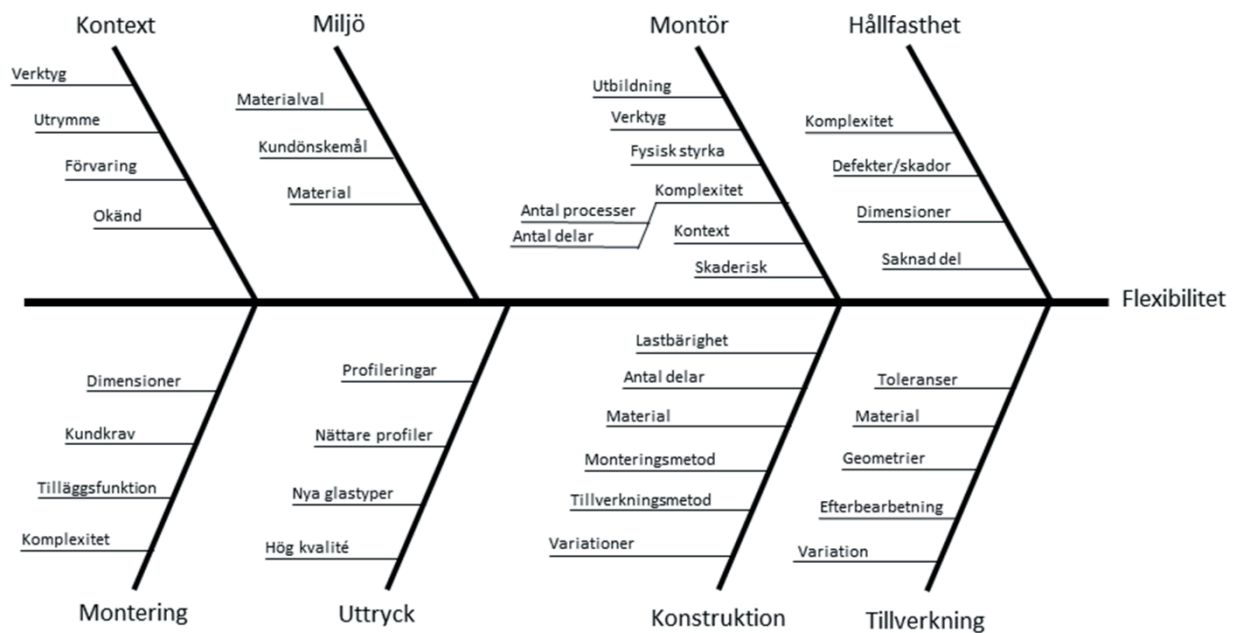


Diagram 6, *Fiskbensdiagram över problem med olika glastjocklekar*

Att tre olika glasningslister användes i originalutförandet innebar en kostnad för företaget på grund av lagerhållning av extra komponenter. Att kunna förena dessa tre skulle innebära minskade kostnader och förenklad montering då färre komponenter behövdes distribueras och monteras (se diagram 6).

Innan omarbetningen trycktes glasningslisterna på plats med handkraft. Det fanns tre olika lister, två för de tunnare glasen, vilka satt horisontellt respektive vertikalt och en list för det tjockare glaset där samma list satt både horisontellt och vertikalt. De två listerna för de tunnare glasen hade olika radier vilket gjorde att glasningslisterna i vertikalled var rak medan den i horisontalled var något rundad, detta gav inte dörren ett enhetligt uttryck.

I mötet mellan horisontell och vertikal list var de vertikala listerna skurna i 45 graders vinkel för att möjliggöra att den kunde löpa över de horisontella för att undvika glipor.

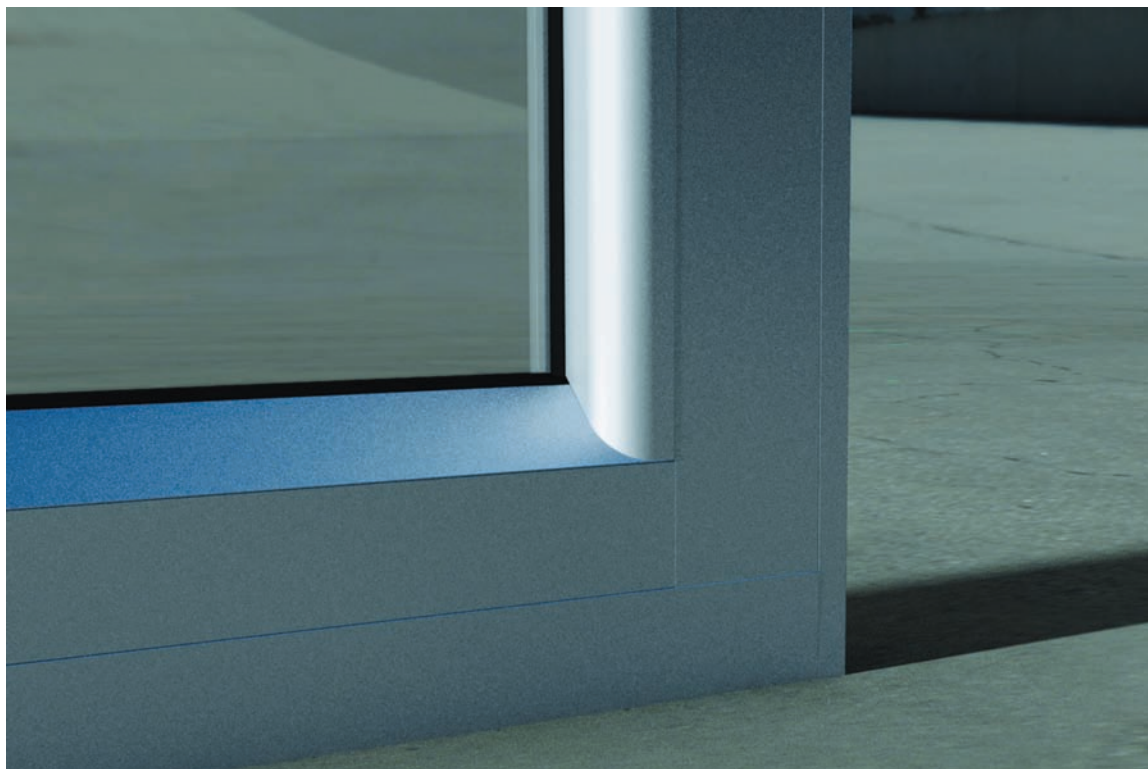


Bild 17, *Befintlig glasningslist*

5.1.2.4 Krav

Produktstudien i fas två genererade nya krav inom de specifika områdena. Till exempel var det ett krav att glasningslisten skulle gå att montera utan verktyg och hörnförbindningen skulle klara påfrestningar i samtliga led (x-,y- och z-led). En sammanställning av hela kravlistan återfinns under bilaga 3, Kompletta kravlista.

Glasningslist						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Medge montering av olika glastjocklekar	A		K	Glasdimensioner: 6, 8 och 22 mm	Dimensioner, millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering mot glasningsprofiler	B		K	701602 och 701575 eller motsvarande	Geometrier ska motsvara varandra och inte avvika mer än 0.1 mm	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Glaset ska inte komma i kontakt med aluminiumprofiler	C		K	Monterat läge		Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering av gummilist	D		K	711573, 701574 och 701635 eller motsvarande	Geometrier ska motsvara varandra och inte avvika mer än 0.1 mm	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Minsta möjliga avstånd mellan glasningslister i hörnförbindning	E	Estetik – radier på materialet får springan att upplevas som stor	K	Max 1.0 mm	Avvikelse i millimeter	Observation av befintlig profil, företagets krav
Medge montering utan specialverktyg	F		K	Inga verktyg specialutformade av företaget		Monteringsanvisningar och monteringsfilm

Tabell 32 Krav: Glasningslist

Hörnförbindelse						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Medge montering av olika glastjocklekar	A		K	Glasdimensioner: 6, 8 och 22 mm	Dimensioner, millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge infästningsmöjlighet i vertikal samt horisontell profil	B		K	Vertikal 701602 eller 701575, horisontell 701602 eller motsvarande		Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge fixering av profil del i 90 graders vinkel	C		K	701575 mot 701602 eller motsvarande och 701602 mot 701602 eller motsvarande	Avvikelse i millimeter, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge infästningsmöjlighet för glasningslist och distanser	D		K	701589, 701376, 701517 och 701565 eller motsvarande	Geometrier ska motsvara varandra och inte avvika mer än 0.1 mm	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Ska klara påfrestningar i samtliga led	E		K	Påfrestningar: egentygnd och pålagd last	Avvikelse i millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Skydda glas			Ö	Ram runt glas förhindrar sprickbildning och minskar påfrestning direkt på glas		Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Effektiv monteringsprocess			Ö	Effektiv: utan verktyg, få komponenter		Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Monteras utan verktyg			Ö	Utan verktyg: går att montera med enbart manskraft		Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

Tabell 33 *Krav: Hörnförbindelse*

5.1.3 Diskussion

Litteraturstudien bestod enbart av en källa, något som kunde påverka resultatet från denna. Studien kunde gjorts mer omfattande, där handböcker från andra företag också studerades. På så sätt hade kraven kunnat verifieras. Dessa ansågs dock så pass trovärdiga att arbetet fortskred med utgångspunkt i dessa.

Ingen studie av listens montering genomfördes utan analysen utfördes främst baserad på 2D-skisser. Detta hade som konsekvens att förståelsen för de krafter som behövdes eller den metod som användes för montering av glasningslistan fick uppskattas. På grund av detta kan resultaten vara något missvisande.

Hörnförbindningen var redan i sitt originalförförande väl optimerad för sitt ändamål. Problematiken med hörnförbindelsen var därför något som gruppen identifierade utan att kunna verifiera det genom varken observationer eller intervjuer. Att montörens talan fördes i andrahand via företaget skulle kunnat bidra till att det resultat som kom fram ur problemidentifieringen inte var helt tillförlitlig. Hade en montör intervjuats hade denne kanske inte upplevt antalet komponenter som det största problemet eller sett något fel i monteringsprocessen utan haft betydligt större bekymmer med andra delar. Observationer hade även kunnat ge ett resultat där problem som montören inte själv tänkte på kommit upp.

5.2 Konceptframtagning

Som resultat från analysen i fas två skapades en omfattande kravlista som låg till underlag för konceptframtagningen. Där låg idégenerering, vidare analys och utvärdering till grund för det fortsatta arbetet.

5.2.1 Genomförande

Inspirationsbilder hämtades och sammanställdes till en moodboard och expressionboard för inspiration vid idégenerering. Grundlig analys av hörnförbindelsen och glasningslisten genomfördes för fördjupad förståelse och tillslut utvärderades de olika koncepten för att avgöra vilka som skulle arbetas vidare med.

5.2.1.1 Moodboard

En moodboard sammanställdes för att kunna formge glasningslisten och hörnförbindelsen baserat på den känsla dörrsystemet skulle förmedla.

5.2.1.2 Expressionboard

En *expressionboard* sammanställdes för att bättre kunna visualisera de önskemål om design som fanns i kravlistan.

5.2.1.3 Hierarkistisk Task Analysis (HTA)

En HTA konstruerades för att i detalj kartlägga hur monteringsprocessen för hörnet såg ut i originalutförandet. Denna skulle sedan användas som referens vid jämförelsen med den nykonstruerade hörnförbindningen.

5.2.1.4 Funktionsanalys

Funktionsanalyser gjordes för att identifiera hörnförbindelsen och glasningslisternas huvudfunktioner, delfunktioner samt stödfunktioner. Dessa skulle komma att utgöra som utgångspunkt för *brainstorming*.

5.2.1.5 Morfologisk matris

Möjliga lösningar för de olika del-, huvud- och stödfunktionerna från funktionsanalysen *brainstormades* fram och presenterades på papper med hjälp av snabba skisser eller några ord. Delfunktioner sattes upp i den morfologiska matrisen och kombinerades slumpvis till en mängd olika koncept. En morfologisk matris gjordes för både hörnförbindningen och en för glasningslisten.

5.2.1.6 Pugh-matris

Koncepten utvärderades i en Pugh-matris i förhållande till fördefinierade kriterium och jämfördes med referensprodukt.

De fyra koncept för glasningslister respektive hörnförbindelser som fick högst poäng i Pugh-matrisen skissades upp mer detaljerat och presenterades för företaget och handledare. Sedan valdes i samråd det koncept som fungerade bäst både i teorin och praktiken. Pugh-matrisen återfinns som bilaga 2, Pugh matris.

5.2.2 Resultat och analys

Samtliga koncept för glasningslister var ställbara för de olika glastjocklekarna samt bestod av färre komponenter än den befintliga lösningen.

5.2.2.1 Moodboard

I *Moodboarden* (se bild 17) eftersträvades att visualisera kombinationen av teknisk precision och urbanism med natur då den hållbara utvecklingen ansågs ha stor betydelse för dörrsystemet. Spindelnätet skulle visa att dörren hade flera subsystem att förhålla sig till medan maskrosen skulle symbolisera en känsla av frihet och enkelhet. Den gröna tunneln skulle visa att det är vägen in genom dörren som är det viktiga och att dörren utgjorde ett hjälpmedel på den vägen.



Bild 17, *Moodboard*

5.2.2.2 Expressionboard

Metaforen syftade till att visa att dörrbladet skulle avgränsa inne och utemiljön men inte förhindra att uttryck från in eller utsidan kunde passera igenom. Det var viktigt att de som passerade förbi dörrsystemet kunde se in i lokalen.

Produkten representerades av artefakten hiss. Detta ansågs passande då de förekom i samma miljö och hade liknande krav på sig, de skulle bland annat vara tysta och inte synas för mycket men alltid fungera.

Formen beskrevs med en tavelram. Förutom sambandet till dörrbladsramens form så hade de gemensamt att de med sin form inte skulle ta för mycket uppmärksamhet från motivet innanför ramen. Motivet var i dörrbladets fall var inblicken i lokalen.

Materialet symboliserades av aluminium då detta var en av avgränsningarna. Bilden som skulle symbolisera färgval beskrev att dörrbladet skulle anpassas till den urbana miljö där den oftast återfanns (se bild 18).

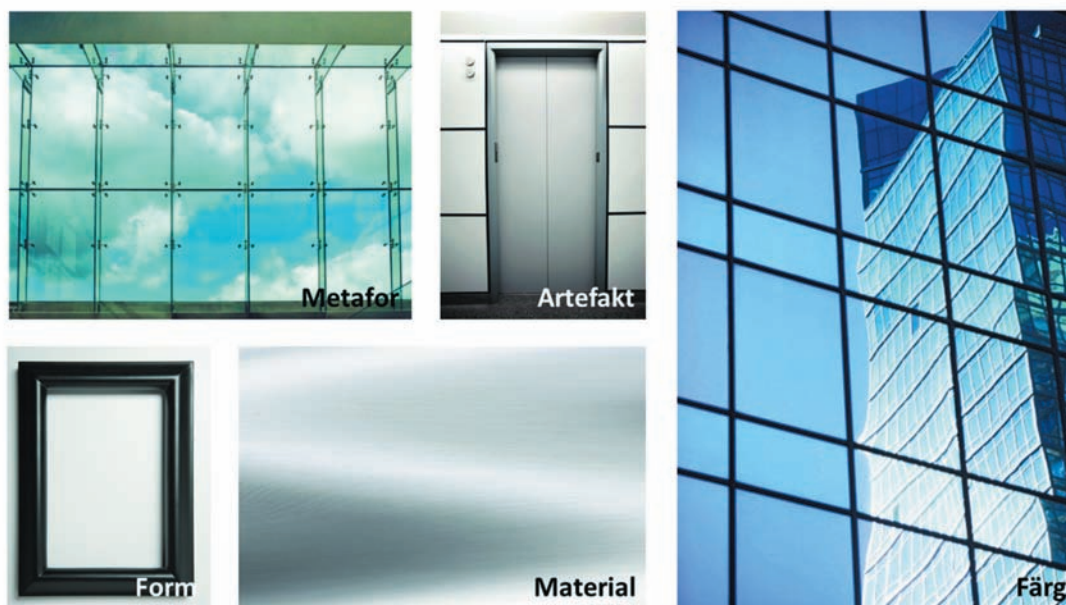


Bild 18 Expressionboard

5.2.2.3 Begrepp

För att göra denna del tydlig definieras här ett antal begrepp som kommer att behandlas.

Snäppfunktion innebär att ett fjädrande material passas in i ett icke fjädrande material med motsvarande geometri. Ett "snäpp" hörs när denna passning är fulländad. Metoden möjliggör fixering utan verktyg.

Tavelramshörn innebär att två mötande profildelar är kapade i 45 graders vinkel och utgör tillsammans ett 90 graders hörn.

Standardhörn innebär att den vertikala profildelen löper förbi den horisontella i det 90 gradiga mötet.

Trappsteg innebär att glasningslistens bakkant inte ligger i nivå med övriga ramverket i dörrbladet (horisontell yta mellan två vertikala eller vinklade), det har bildats ett trappsteg.

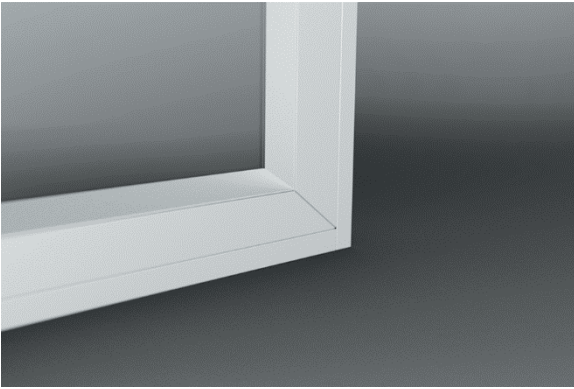


Bild 19 *Exempel på tavelramshörn*

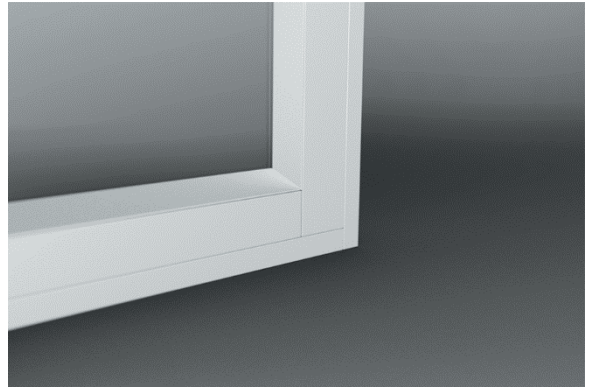


Bild 20 *Exempel på standardhörn*



Bild 21 *Exempel på vinkelkapade hörn*



Bild 22 *Exempel på standardhörn*

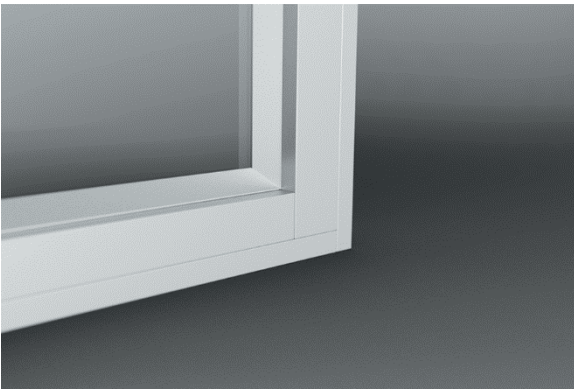


Bild 23 *Exempel på trappsteg med vinkellist*



Bild 24 *Exempel på trappsteg med fyrkantsli*

5.2.2.4 Morfologisk matris

Koncepten som skapades i den morfologiska matrisen gav ett brett underlag att gå vidare med. Koncepten byggde på de lösningar som kommit fram under *brainstorming* kring hörnförbindningens och glasningslistens huvud-, del- och stödfunktioner (tabell 13 och 14).

Dellösningar → Delfunktioner										
Fixering	Plugg	Magnet-färg	Nit popnit	Skruvinsats	Utfyllnad Svällkropp Fjäder- utspänning	Snäppa Motsvarande geometrier	Spänna Vajer Klämma	Deformera Materialskavs bort	Passning Spår Vrida	Separat del Invändig/ utvändig
Hörnförbindelse	Standard	"Tavelram"	"Tält- förbindelse"	Invändigdel	Pussel	Omvänd standard				
Utformning	Kloss	Bricka	Klot	L-formad kloss	Kon	Pyramid	L-bricka			
Montering	Med verktyg	Utan verktyg								

Tabell 13 Morfologisk matris över hörnförbindning

Dellösningar → Delfunktioner										
Fixering av list i profildel	Snäpp	Passning	Slide'a	Deformera	Skruv	Plugg	Flikar	Klistermassa	Sugpropp	Tving
	Spänna	Klämma	Fjäder	Längsgående	Lim	Få fästpunkter				
Fixering av glas med hjälp av list	Sugpropp	Friktion	Lim	Gummi	Deformera	Tejp	Fjäder	Extern del	"Bulle"	Använda krafter
Ställbarhet	Tvådelad profil	Hakar	Skjuta delar	Hack	Vinklar	Super- elastomer	Paraply	Fjäder	Byta plats	Gängor
Hörnförbindelse	Standard	Tavelram	Omvända standard	Pussel	Invändig del	Utvändig del	Extern del			
Montering	Med verktyg	Utan verktyg	Antal steg							

Tabell 14 Morfologisk matris över glasningslist

5.2.2.5 Koncepten

Samtliga koncept inom områdena glasningslist och hörnförbindelse genererades genom att olika typer av dellösningar till de olika delfunktionerna kombinerades inom olika parametrar. Dessa parametrar var satta utifrån de krav som identifierades som de viktigaste.

5.2.2.5.1 Glasningslist

Det viktigaste kriteriet för glasningslisterna var ställbarhet. Detta innebar att möjliggöra anpassning till samtliga fördefinierade glastjocklekar. En glasningslistmodell skulle ersätta de tre befintliga.

5.2.2.5.1.1 Hakningslist



Bild 25 Konceptskiss "hakningslist"

Hakningslist, en glasningslist som fixerades mot ramverk genom geometripassning. Konceptet möjliggjorde ställbarhet då glasningslistan fixerades i spår som var dimensionerade i förhållande till glasets varierande tjocklekar. Vid de två mindre glastjocklekarna resulterade denna lösning i ett *trappsteg*.

Fördelar med detta koncept var att det endast bestod av en komponent, hade god kraftfördelning, var ställbart och hade stora frihetsgrader för hur det kunde utformas. Glasningslistan möjliggjorde vinklad, cirkulär eller rektangulär utformning.

Nackdelar med detta koncept var *trappsteget*, då detta bidrog till en uppsamlingsyta för smuts samt meningsskillnader kring dess estetiska uttryck.

Vid utvärdering med Pugh-matris fick detta koncept följande poäng: +2

5.2.2.5.1.2 Horisontalsnäpp

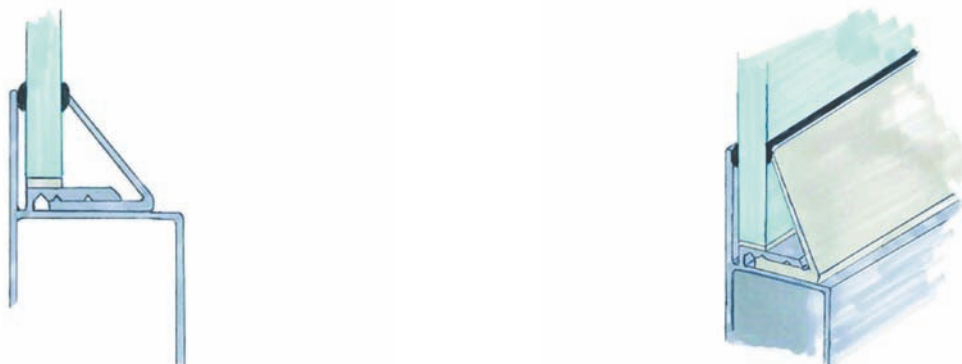


Bild 26 Konceptskiss "horisontalsnäpp"

Horisontalsnäpp, en glasningslist som fixerades mot ramverk genom en snäppfunktion i horisontalled. Konceptet möjliggjorde ställbarhet då glasningslisten fixerades med snäpphakar vars avstånd var dimensionerat utifrån glasets varierande tjocklekar. Vid de två mindre glastjocklekarna resulterade denna lösning i ett *trappsteg*.

Fördelar med detta koncept var att det endast bestod av en komponent, hade god kraftfördelning, var ställbart, möjliggjorde effektiv montering och hade stora frihetsgrader för hur det kunde utformas. Glasningslisten möjliggjorde vinklad, cirkulär eller rektangulär utformning.

Nackdelar med detta koncept var *trappsteget*, då detta bidrog till en uppsamlingsyta för smutts samt meningsskillnader kring dess estetiska uttryck. Vidare var demontering ett problem med detta koncept; åtkomsten blev väldigt begränsad när glasningslisten väl satt på plats.

Vid utvärdering med Pugh-matris fick detta koncept följande poäng: +3

5.2.2.5.1.3 Vinkelsnäpp



Bild 27 Konceptskiss "vinkelsnäpp"

Vinkelsnäpp, en glasningslist som fixerades mot ramverk genom en radiell snäppfunktion. Konceptet möjliggjorde ställbarhet i samband med att glasningslistan fixerades i snäpphakar som var dimensionerade i förhållande till glasets olika tjocklekar.

Glasningslistan roterades kring ett momentcentrum som vid olika glastjocklekar resulterade i olika lutningar av glasningslistan.

Fördelar med detta koncept var att det endast bestod av en komponent, var ställbart, möjliggjorde effektiv montering och eliminerade förekomsten av *trappsteg*.

Nackdelar med detta koncept var främst ur hållfasthetssynpunkt. En komplex utformning med detaljerad geometri och små toleranser resulterade i svårigheter att erhålla en jämn kraftfördelning. Vidare medgav principen få frihetsgrader kring dess utformning och ställde krav på en vinklad utformning. Detta innebar att endast *tavelrams*- utformningen av hörnförbindelsen var kompatibel med lösningen.

Vid utvärdering med Pugh-matris fick detta koncept följande poäng: +3

5.2.2.5.1.4 Ankarsnäpp



Bild 28 *Konceptskiss "Ankarsnäpp"*

Ankarsnäpp, en glasningslist som fixerades mot ramverk genom en snäppfunktion i horisontal- och vertikalled. Konceptet möjliggjorde ställbarhet då glasningslisten fixerades i snäpphakar som var dimensionerade i förhållande till glasets olika tjocklekar. Glasningslisten justerades kring ett momentcentrum som vid varierande glastjocklek resulterade i olika lutningar av glasningslisten.

Fördelar med detta koncept var att det endast bestod av en komponent, var ställbar, möjliggjorde effektiv montering och eliminerade förekomsten av "trappsteg".

Nackdelar med detta koncept var främst ur hållfasthetssynpunkt i, då spåret i huvudprofilen reducerade dennes hållfasthet betydligt. Vidare möjliggjorde principen få frihetsgrader kring dess utformning och ställde krav på en vinklad utformning. Detta innebar att endast *tavelram* utformningen av hörnförbindelsen var kompatibel med lösningen. Vidare var demontering ett problem med detta koncept; åtkomsten blev väldigt begränsad när glasningslisten väl satt på plats.

Vid utvärdering med Pugh-matris fick detta koncept följande poäng: +4

5.2.2.5.2 Hörförbindelser

De viktigaste för hörnförbindelserna var att uppfylla villkor gällande hållfasthet samt förenkla monteringen i förhållande till referenslösningen. En enkel, snabb och intuitiv sammansättning av profildelar skulle åstadkommas med minskad komplexitet.

5.2.2.5.2.1 Vinkeljärn i spår

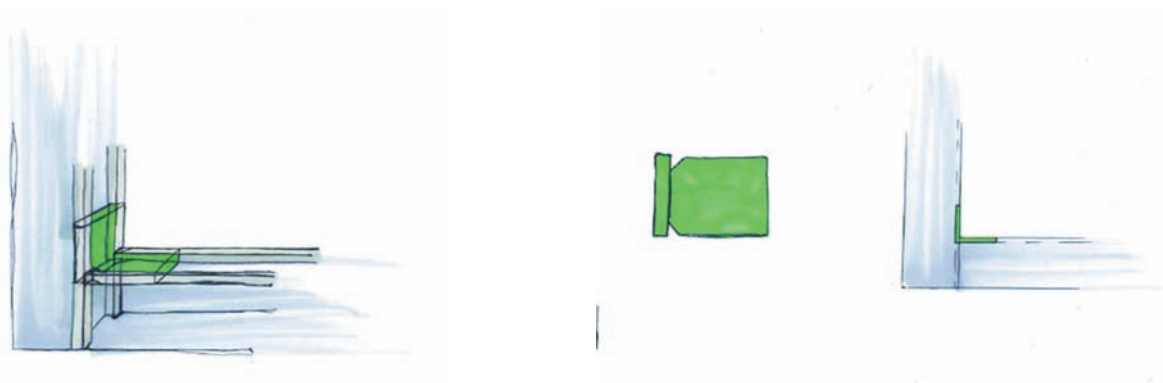


Bild 29 Konceptskiss "Vinkeljärn i spår"

Vinkeljärn i spår, en hörnförbindelse som fixerades mot huvudprofil genom geometrisk passning. Konceptet utnyttjade de befintliga spårerna för glasningslisterna för infästning möjliggjorde fixering med antingen skruv (ingen efterbearbetning av ramverket) eller en snäppfunktion (kräver efterbearbetning av ramverket).

Fördelar med detta koncept var att det bestod av färre eller lika många komponenter, (beroende på val av fixeringsmetod) minskade omfattning av efterbearbetning samt medförde en enkel montering med eller utan verktyg (beroende på val av fixering). Hörnförbindelsen möjliggjorde *tavelram* eller standard-hörnutformning.

Nackdelar med detta koncept hade med dess utformning att göra. Dess utformning begränsade huvudprofilens utformningsfrihet på grund av konkurrens om utrymme med hörnförbindelsens komponenter.

Vid utvärdering med Pugh-matris fick detta koncept följande poäng: +3

5.2.2.5.2.2 U-järn i spår



Bild 30 *Konceptskiss "U-järn i spår"*

U-järn i spår, en hörnförbindelse som fixerades mot ramverk genom geometri passning. Konceptet utnyttjade de befintliga spårerna för glasningslister samt hålrummen i profilerna för infästning och möjliggjorde fixering med antingen skruv (ingen efterbearbetning av ramverket) eller en snäppfunktion (kräver efterbearbetning av ramverket).

Fördelar med detta koncept var att den bestod av färre eller lika många komponenter, beroende på val av fixeringsmetod, konkurrerade inte om utrymme med glasningslist, hade goda hållfasthetsegenskaper, minskade omfattning av efterbearbetning samt medförde en enkel montering med eller utan verktyg, vilket berodde på val av fixering. Hörnförbindelsen möjliggjorde *tavelram* eller standard hörnutformning.

Dess utformning resulterade i begränsade möjligheter till utformning av ramverk då hörnförbindelsen konkurrerade om utrymme med glasningslistens spår. Detta försvårade möjligheterna till att implementera lösningen i förhållande till framtida glasningslister.

Vid utvärdering med Pugh-matris fick detta koncept följande poäng: +3

5.2.2.5.2.3 L-kloss

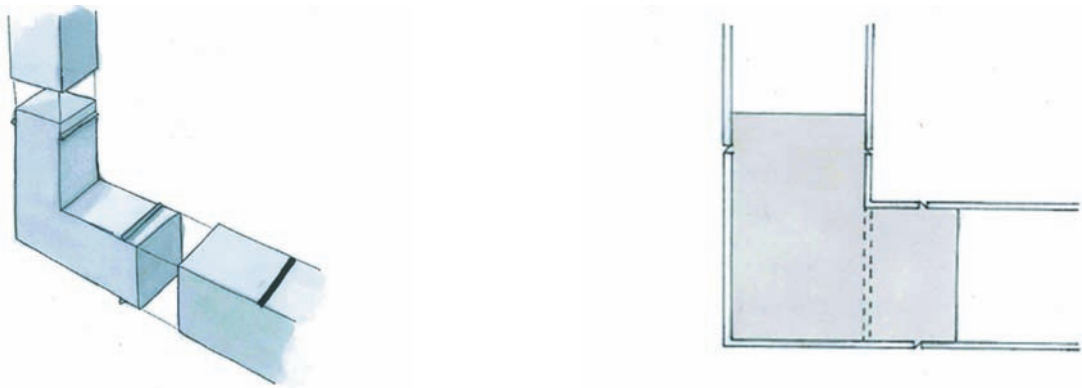


Bild 31 *Konceptskiss "L-klossen"*

L-kloss, en hörnförbindelse som fixerades mot ramverk genom geometripassning samt snäppfunktion. Konceptet utnyttjade hålrummen i profilerna för infästning och möjliggjorde fixering med en snäppfunktion vilken kräver efterbearbetning av ramverket.

Fördelar med detta koncept var att den bestod av färre komponenter, hade goda hållfasthetsegenskaper, minskade omfattning av efterbearbetning samt medförde en enkel montering utan behov av verktyg. Hörnförbindelsen möjliggjorde *tavelram* eller standard hörnutformning.

Nackdelar med detta koncept hade främst att göra med att den var geometrisk styrd, krav på fina toleranser, dess vikt och volym, att den krävde efterbearbetning för implementering av olika hörnutformningar samt dimensionering av snäppfunktionen.

Vid utvärdering med Pugh-matris fick detta koncept följande poäng: +3

5.2.2.5.2.4 Expanderkloss



Bild 32 Konceptskiss "Expanderkloss"

Expanderkloss, en hörnförbindelse som fixerades mot ramverk genom geometrisk passning via expansion. Konceptet utnyttjade hålrummen i profilerna för infästning av expander-kloss och möjliggjorde fixering genom att denna expanderade i samband med att en skruv skruvades in i denna. Lösning kräver viss efterbearbetning av ramverket.

Fördelar med detta koncept var att den möjliggjorde efterspänning i samt medförde en enkel montering utan behov av specialverktyg. Hörnförbindelsen möjliggjorde *tavelram* eller standard hörnutformning.

Nackdelar med detta koncept hade främst att göra med att den krävde efterbearbetning, samt att den var väldigt lik den befintliga lösningen med främsta skillnaden att den hade en ökad komplexitet.

Vid utvärdering med Pugh-matris fick detta koncept följande poäng: 0

5.2.2.5.2.5 Spårkloss

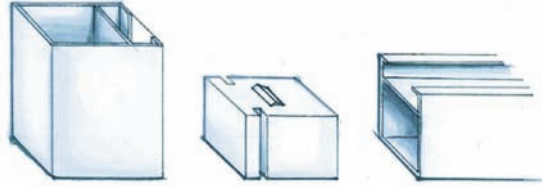


Bild 33 *Konceptskiss "Spårkloss"*

Spårkloss, en hörnförbindelse som fixerades mot ramverk genom geometrisk passning samt snäppfunktion. Konceptet utnyttjade de befintliga spåren för glasningslister samt hålrummen i profilerna för infästning och möjliggjorde fixering med antingen skruv eller en snäppfunktion, kräver efterbearbetning av ramverket.

Fördelar med detta koncept var att den bestod av färre eller lika många komponenter beroende på val av fixeringsmetod, inte konkurrerade om utrymme med glasningslistan, hade goda hållfasthetsegenskaper, hade liten omfattning av efterbearbetning samt medförde en enkel montering med eller utan verktyg beroende på val av fixering. Hörnförbindelsen möjliggjorde *tavelram* eller standard hörnutformning.

Nackdelar med detta koncept hade främst att göra med att den var geometrisk styrd, krav på fina toleranser, dess eventuella vikt, i förhållande till dess relativt stora volym och dimensionering av snäppfunktionen. Detta resulterade även i begränsade möjligheter till utformning av ramverk då hörnförbindelsen konkurrerade om utrymme med glasningslistans spår, vilket försvårade möjligheterna till att implementera lösningen i förhållande till framtida glasningslister.

Vid utvärdering med Pugh-matris fick detta koncept följande poäng: +4

5.2.3 Diskussion

Konceptgenereringen utgick i stor utsträckning från befintliga komponenter vilka fick stort inflytande över processen. Även den omfattande kravbildningen på specifika komponenter hade kunnat orsaka låsning i kreativprocessen vilket i så fall skulle gett ett smalare omfång av lösningar. Trots detta genererades ett brett urval av koncept med många variationsmöjligheter varav flera bedömdes intressanta att arbeta vidare med. Utvärderingen av koncepten skulle skänkas ett mått av objektivitet genom implementeringen av Pugh-matrisen. Den omfattades dock inte under utförandet av viktning av utvärderingsaspekterna vilket innebar att totala poängsumman inte nödvändigtvis motsvarade hur bra konceptet faktiskt var. Poängen fick därför viktas efteråt genom en subjektiv bedömning av de ingående aspekterna, vilket tillsammans med en parvis jämförelse gav en mer underbyggd rangordning av koncepten. Pugh-utvärderingsprocessen bidrog mycket genom att stimulera diskussion och den gav en systematisk genomgång av flera viktiga aspekter hos koncepten.

5.3 Slutkonceptets utveckling

5.3.1 Genomförande

I följande delkapitel beskrivs tillvägagångssättet för att förädla och utvärdera de koncept som valdes att arbetas vidare med från tidigare fas i projektet.

5.3.1.1 Val av slutkoncept

Valet av slutkoncept gjordes utifrån resultat i objektiva och subjektiva utvärderingar, konsultation med företaget, tekniklektor Örjan Söderberg, vid produkt- och produktionsutveckling/design & human factors, forskarassistent Pontus Wallgren, vid produkt- och produktionsutveckling/design & human factors samt docent Anders Ekberg, forskare inom hållfasthetslära.

5.3.1.2 Konceptutveckling

Efter det slutgiltiga valet av koncept för vidareutveckling återstod en förädlingsprocess av dessa i syfte att framställa bästa möjliga lösningar inom respektive område.

Koncepten ställdes mot kravlistor för att identifiera eventuella svagheter och definiera tydligt vilka områden som behövde förbättras. Enskilda funktioner undersöktes systematiskt utifrån syfte och samverkan med övriga funktioner inom systemet. Denna process genomfördes iterativt och i takt med att nya lösningsförslag till delfunktioner uppkom, kontrollerades de mot kravlistan.

I takt med att nya förbättrade lösningsförslag togs fram påbörjades dimensionering av dessa utifrån materialval och tillverkningsmetoder, vilka behövde undersökas i detalj.

5.3.1.3 Utvärdering

Samtliga beräkningar återfinns under bilaga 4, Beräkningar.

Övergripande beräkningar genomfördes för att verifiera och dimensionera kritiska delar av koncepten. Statiska belastningsfall i förhållande till materialegenskaper användes för att kontrollera spänningsfall i jämförelse med brottgränser vilka i sin tur till viss del berodde på tillverkningsmetod. Eftersom koncepten inom båda områdena implementerade en typ av snäppfunktion var verifiering och dimensionering av de komponenterna av stor betydelse för konceptens funktionalitet.

En ny HTA genomfördes för hörnkonceptet då en viktig aspekt vid utvecklingen av det var att minimera antalet moment under monteringen. Genom att göra en ny HTA kunde konceptet jämföras mot originalet på ett adekvat sätt.

5.3.1.4 Dimensionering

Sapas strängpressade aluminiumlegeringar hade en brottgräns (maximal spänningsbelastning för ett material vid sträckning eller dragning innan midjebildning sker) mellan 150- 300 [MPa].

5.3.1.4.1 Hörnförbindelse

Vid dimensionering av hörnförbindelse genomfördes beräkningar vilka omfattade:

Beräkning av skjuvspänning vid skjuvarea av en snäpphake

Beräkning av största böjspänning av snäpp-arm i samband med utböjning

Beräkning av hållkantryck för ramverk i förhållande till inverkan från hörnförbindelse

5.3.1.4.2 Glasningslist

Vid dimensionering av glasningslist genomfördes beräkningar som omfattade:

Beräkning av reaktionskrafter i glasningslist från utbredd last orsakad av vind på glasruta

Beräkning av största böjspänning i glasningslist med avseende på kritisk punkt

Beräkning av största böjspänning av snäpp-arm i samband med utböjning

5.3.1.5 Kompatibilitet med övrigt ramverk

De nya komponenterna ställdes mot det befintliga ramverket för att säkerställa att implementering var möjlig.

5.3.1.6 Visualisering

Visualiseringen gjordes i en för uppgiften ändamålsenligt visualiseringsmjukvara. I denna konstruerades de tekniska ritningarna och måttsattes utifrån de beräkningar som gjorts. Dimensionering sattes utifrån tillverkningsmetodens förutsättningar samt på de punkter som konstaterats vara kritiska för den tekniska principens funktion.

5.3.2 Resultat och analys

I detta delkapitel redovisas resultaten med analys från de metoder som legat till grund för att vidareutveckla, verifiera och visualisera produkten.

5.3.2.1 Val av slutkoncept

5.3.2.1.1 Glasningslist

Glasningslisten som valdes för vidareutveckling var konceptet *Horisontalsnäpp*. Den erbjöd enklast möjliga lösning för att medge montering av de tre efterfrågade glastjocklekarna. I och med detta uppfylldes kraven *Medge montering mot glasningsprofiler* och *Medge montering av olika glastjocklekar*. Den gick att montera utan verktyg och innehöll bara en komponent, faktorer som var viktiga i utvärderingen av koncepten och uppfyllde kravet *Medge montering utan specialverktyg*. Glasningslisten innehöll hållfasthetsmässigt få kritiska punkter och kraftfördelningen blev gynnsam då kraften som togs upp till största delen distribuerades ner på en stor yta på glasningsprofilen.

I nästa steg i utvecklingen fanns primärt tre problem att lösa:

Listen skulle dimensioneras med avseende på lasten den uppskattades utsättas för.

Avståndet mellan glastjocklekarna 6 och 8 [mm] var så litet att snäppfunktionen riskerade att inte fungera.

Listen skulle gå att demontera.

Konceptet *Vinkelsnäpp* valdes bort därför att det hade fler hållfasthetsmässigt kritiska punkter än *Horizontalsnäpp* och blev därmed svårare att dimensionera. Kraften från glaset kom huvudsakligen att belasta snäppfunktionen och fördelades inte ned i det övriga ramverket. Gångjärnet som krävdes där listen skulle ansluta mot glasningsprofilen antogs svårt att utforma och montera då det krävde en snäv geometripassning samtidigt som den skulle passas in mot snäppfunktionen med snäva toleranser.

Ankarsnäpp valdes inte därför att den i praktiken var svårt att utforma. Spåret där snäppfunktionen skulle sitta var utrymmeskrävande och spåret i glasningsprofilen vilket innebar en försvagning av den bärande ytan som hela den tekniska principen även var beroende av. Den del av glasningslisten som skulle sticka ned i spåret exkluderade även vissa hörnförbindelsekoncept då de var i vägen. För att inte skapa en glipa mellan glasningslist och glasningsprofil kom mötet att behöva konstrueras så att vinkeln kunde anpassas och den ledade fästpunkten identifierades senare som den som skulle behöva utstå mest kraft. I Pugh-matrisen fick Ankarsnäpp bäst betyg, den värderades då inte ur hållfasthetssynpunkt. De tekniska utmaningarna konstaterades i efterhand då koncepten vidareutvecklades.

Hakningslisten valdes bort trots gott betyg i utvärderingarna. Trots sin enkelhet var den svår att dimensionera. Detta då den saknade några millimeter för att få plats ifall alla glastjocklekar skulle tillgodoses och listen skulle hålla sig inom bredden för glasprofilen.

5.3.2.1.2 Hörnförbindelse

Hörnförbindelsen som valdes för vidareutveckling var *L-kloss*. Detta var konceptet som bland annat företaget ansåg hade högst potential för vidareutveckling. För fixering av profildelar önskade de en annan teknisk princip (geometrisk passning med ett avverkningsbart ytskikt) jämfört med snäppfunktionen. Gruppen gjorde valet att gå vidare med snäppfunktionen och försöka verifiera den med hållfasthetsberäkningar då svårigheterna ansågs överbryggningsbara.

L-klossen gav möjlighet att stabilisera hörnet i y- och z-led och erbjöd därmed mer stabilitet än originalutförandet och uppfyllde därmed kraven *Medge infästningsmöjlighet i vertikal samt horisontell profil* samt *Medge fixering av profildelar i 90 graders vinkel*. Med snäppfunktionen antogs klossen kunna monteras utan specialverktyg något som varit viktigt under produktutvecklingen. Därmed uppfylldes kravet *Monteras utan verktyg*. *L-klossens* största fördel förutom sina goda hållfasthetsegenskaper var att den kunde tillverkas i samma material som övriga profiler. Detta gjorde att ramen inte skulle behöva demonteras vid omsmältning eftersom inga för aluminiumet förorenande material längre ingick i konstruktionen. Då *L-klossen* stabiliserade systemet i både y- och x-led erbjöd klossen ökat motstånd ur inbrottsäkerhet och levde upp till de önskemål Tony Duinker hade på hur ett framtida hörn borde utformas.

I bilaga 1.2 återfinns HTAn över den nya monteringsprocessen. Via denna kunde verifieras att den nya hörnförbindningen bestod av färre moment än det befintliga, 30 mot ursprungliga 32. Den nya monteringen var dessutom mer intuitiv än den befintliga då hörnförbindningen endast satt fast om den var monterad rätt, den bestod dessutom av färre delar. I och med detta uppfylldes kravet *Effektiv monteringsprocess*.

I nästa steg i utvecklingen fanns fyra problem att lösa:

Verifiera snäppfunktionen.

Konstruktionsmässigt kritiska punkter skulle hittas och klossen skulle dimensioneras utifrån dessa.

Dimensionering skulle göras av snäpparmarna så montering möjliggjordes med rimlig kraftpåläggning och utan att förstöra glasningsprofilerna.

Toleranskraven i skarven mellan profilerna skulle uppnås.

Expanderklossen valdes bort främst för att den innehöll många delar. Detta förväntades öka produktionskostnaden och det antogs mer sannolikt att en komplex komponent skulle gå sönder. Den hade inte tillräckligt många positiva egenskaper jämfört med dagens lösning och levde inte upp till miljökraven.

Vinkeljärn i spår valdes bort då det spår som den var tänkt att löpa i togs bort vid *redesign* av glasningslisten. Denna hörnförbindning gick därmed inte att kombinera med den glasningslist som valdes. Dessutom erbjöd detta vinkeljärn inte lika stor stabilitet som *L-klossen*. Principer som inkluderade vinkeljärn i ovankant av glasningsprofil var många gånger i vägen för lösningar på glasningslister då det hindrade åtkomst till glasningsprofilen.

Konceptet *Spårklossen* byggde också på spåret som fanns på det befintliga dörrsystemet och var inte kompatibel med den valda glasningslisten.

5.3.2.2 Konzeptutveckling

5.3.2.2.1 Glasningslist

Utformningen av konceptet *Horizontalsnäpp* möjliggjorde flertalet olika utformningar av glasningslister (rektangulär, vinklad eller avrundad utformning) samt hörnförbindelser för glasningslisterna (vinklad eller standard utformning).

Det huvudsakliga problemet med detta koncept var det begränsade utrymme som fanns för att implementera lösningen, något som resulterade i små dimensioner och toleranser som skulle samverka med krav på hållfasthet. Ställbarhet var en av de högst värderade funktionerna för glasningslisten. Detta omfattade krav att utveckla ett system av ett ramverk tillsammans med en glasningslist som möjliggjorde fixering av tre glastjocklekar inom ett intervall av 16 [mm]: 6, 8 och 22 [mm] tjockt glas.

Designen av glasningslisten resulterade i en *snäpparm* med två snäpphakar vid nedkant av glasningslisten och en korresponderande *snäpparm* i ramverket med en snäpphake. I samband med fixering av glasningslisten mot ramverket utnyttjades samma avstånd/läge i horisontal-led för både 6 och 8 [mm] glas, respektive det andra läget för 22 [mm] glas. De materiella- och mekaniska egenskaper som samverkade för gummi- och glasningslist utnyttjades vid dimensionering av snäppfunktionen. Den geometriska utformningen och de materiella egenskaperna hos gummilisten tillät denna att komprimeras samtidigt som glasningslistens utformning och mekaniska egenskaper tillät den att fjädra. Detta möjliggjorde användandet av samma läge för både 6- och 8 [mm] glas, med en liten spänningsökning i glas- och gummilister vid 8 [mm] glas utförande och i och med detta uppfylldes kravet *Medge montering av gummilist*.

De modifikationer som krävdes på huvudprofilen för att *Horizontalsnäpp* skulle kunna implementeras var att *snäpparmen* extruderades som en del på huvudprofilen. Övriga detaljer som användes vid den befintliga fixeringen av glaset måste avlägsnas så det skapas en fri yta för glasningslisten att skjutas in på.

5.3.2.2.2 Hörförbindelse

Konceptet *L-kloss* tillät två typer av hörförbindelser (vinklad och standard) för ramverket. Det största problemet med detta koncept kom ur själva snäppfunktionen som den var illustrerad. Denna förutsatte en relativt stor deformation av ramverk eller kloss för att möjliggöra fixering av hörförbindelse till ramverk.

Designen av hörförbindningen genomgick stora förändringar under omkonstruktionen av konceptet. De solida snäpphakarna ersattes med snäpparmar och korresponderande snäpphakar för att möjliggöra utböjning vid montering. På så sätt skulle deformationsproblematiken lösas.

I syfte att minska detaljens vikt och möjliggöra tillverkningsmetoder med få processer ersattes konceptets solida kropp med ett ramverk. Det ställdes krav på att hörförbindelsen skulle kunna ta upp stora statiska krafter samtidigt som den fixerade horisontala- och vertikala profildelar mot varandra. Lösningens L-formade kropp tog upp skjuvkrafter medan snäpphakarna fixerade komponenten i ramverket.

De modifikationer som krävdes av huvudprofilen för att L-kloss skulle kunna implementeras var att rensa det inre hålrummet från skruvspår. Orsaken var tillverkningsteknisk då den extruderade klossen inte hade kunnat göras med korresponderande hålrum utan maskinell avverkning. Då klossens snäpphakar skulle ersätta befintlig hörförbindelse kunde ett rent hålutrymme för klossen skapas eftersom det skruvspåret då var överflödigt.

Snäppfunktionen bedömdes ha bäst förutsättning att fungera om korresponderande hål fräses ut ur profilen. Stansning övervägdes som alternativ metod men eliminerades då risken för kantojämnheter ansågs vara för stor. Uttagen för hakarna utformades för hög hållfasthet och minskad sprickbildning vid belastning, med rundade hörn och radieavverkning på huvudprofilen för att komma upp i en tillräcklig toleransnivå för passformen mellan hål och snäpphake. Anpassning av urfräsningen gjordes utifrån metoden pinnfräsning med en 4 [mm] verktygsradie.

5.3.2.2.3 Material

Val av material gjordes i förhållande till de krav som lösningarna ställde på hållfasthet, hållbarhet och estetik. För båda koncepten valdes en aluminiumlegering, EN AW-6063, vilken är lämplig för extrudering. Den bedömdes även ha goda mekaniska egenskaper; ett lätt material med goda korrosionsegenskaper och bra hållfasthet. Möjligheterna för återvinning är även goda och sannolikheten för att komponenterna skulle genomgå en korrekt sortering vid demontering bedömdes vara stor då ingen urskiljningsprocess från övriga delar av ramverket var nödvändig och det är ett lätt identifierat material.

5.3.2.2.4 Tillverkningsmetod

Tillverkningsmetoden var redan vid projektets start definierad till strängpressning. Designen av glasningslisten utgick från detta då metoden tillät att komponenten kunde utformas med stor komplexitet utan att tulla på hållfastheten eller öka priset.

Hörnförbindningen anpassades under processen till strängpressning eftersom det ansågs vara den metod som på enklaste sätt tillmötesgick kraven på toleranser som konstruktionen krävde. Hörnförbindningarna bedömdes kunna strängpressas i längder och sedan kapas upp till rätt bredd.

För att kunna montera hörnförbindningen krävdes avverkning på ramverkets profiler. Detta bedömdes kunna göras med planfräsning. Urtagen för snäpphakarna bedömdes kunna göras med pinnfräs i två led (z och y).

5.3.2.3 Beräkningar

Samtliga beräkningar återfinns i bilaga 4.1 och 4.2.

5.3.2.3.1 Glasningslist

Resultaten av beräkningarna på glasningslisten visade goda hållfasthetsegenskaper med avseende på att ta upp och fördela kraft, huvudsakligen därför att komponentens kontaktyta hade en stor area tack vara profillängden. Restriktioner med avseende på ställbara parametrar och dess intervall för denna komponent var mycket strikta, vilket resulterade i små avstånd för de funktionella detaljerna.

Den kritiska aspekten för glasningslisten var relaterad till utformningen av snäpp-armen i huvudprofilen. Komponentens goda hållfasthetsegenskaper medför att det förekommer svårigheter att er hålla erforderlig utböjning vid små dimensioner utan att uppnå stora spänningar i materialet. Bedömningen att ett visst mått av plasticering tillåts vid montering gjordes, då den i små mängder inte har nämnvärd påverkan på funktionen hos komponenten. För detaljerade ritningar av komponenten, se bilaga 5.

5.3.2.3.2 Hörnförbindning

Resultaten av beräkningarna rörande hörnförbindelsen visade, liksom glasningslisten, väldigt goda hållfasthetsegenskaper. I och med detta uppfylldes kravet *Skall klara påfrestningar i samtliga led*. Restriktioner (med avseende på ställbara parametrar och dess intervall) för denna komponent var inte lika omfattande som för glasningslisten. Detta resulterade i möjligheter till ett större intervall av fungerande dimensioner som uppfyllde krav i förhållande till hållfasthet.

Den kritiska aspekten för hörnförbindelser var utformningen av hålen i ramverket för fixering av hörnförbindelse med snäppfunktionen. Dessa behövde, i samverkan med hörnförbindelsens bredd, dimensioneras för att uppnå en optimal skillnad mellan spänning i materialet och hålkanttryck. För detaljerade ritningar av komponenten, se bilaga 5.

5.3.2.4 Kompatibilitet med övrigt ramverk

5.3.2.4.1 Glasningslist

För att kunna implementera glasningslisten krävdes att glasningsprofilen konstruerades om där glasningslisten skulle fästas. I stället för originalutförandets spår behövdes en jämn yta skapas och en *snäpparm* läggas till under vilken glasningslisten skulle fästas.

För att bli helt kompatibel med övrigt ramverk bör även kraven *Minsta möjliga avstånd mellan glasningslister i hörnförbindning* samt *Glaset ska inte komma i kontakt med aluminiumprofiler* uppfyllas.

5.3.2.4.2 Hörnförbindning

Då hörnförbindningen var beroende av geometripassning krävdes det att ett slät, rektangulärt tvärsnitt kunde skapas i de profiler som skulle sammanfogas. Ett skruvhål som tidigare använts för hörnförbindelse togs bort då det inte längre hade en funktion och på så vis erhöles det eftersökta rektangulära tvärsnittet.

Den nykonstruerade hörnförbindningen var också beroende av att tvärsnitten på de profiler som skulle sammanbindas hade samma innermått. Det var inte fallet vid originalutförandet då en av fyra profiler behövde erbjuda plats för låsenhet och därför var bredare i y-led. Lösningen blev att ersätta de tre övriga profilerna med den bredare. Detta gjorde att dörrsystemet kunde reduceras med ytterligare en profil. Dörrbladets bredd ändrades ändå inte då bredden i originalutförandet uppnås med en kantprofil med stor radie. Denna ersattes i det nya utförandet med en kantprofil med betydligt mindre radie som samtidigt gav dörrbladet ett renare och modernare uttryck.

Då inga förändringar av profilen genomförts som inneburit att kraven Skydda glas, Medge olika typer av glasdimensioner eller Medge infästningsmöjlighet för glasningslist och distanser inte längre var uppfyllda konstaterades att samtliga krav satta på hörnförbindningen infriades.

5.3.2.5 Visualisering



Bild 34 *Visualisering av slutkoncept med 6 [mm] glastjocklek (enkelglas)*



Bild 35 *Visualisering av slutkoncept med 22 [mm] glastjocklek (dubbelglas)*

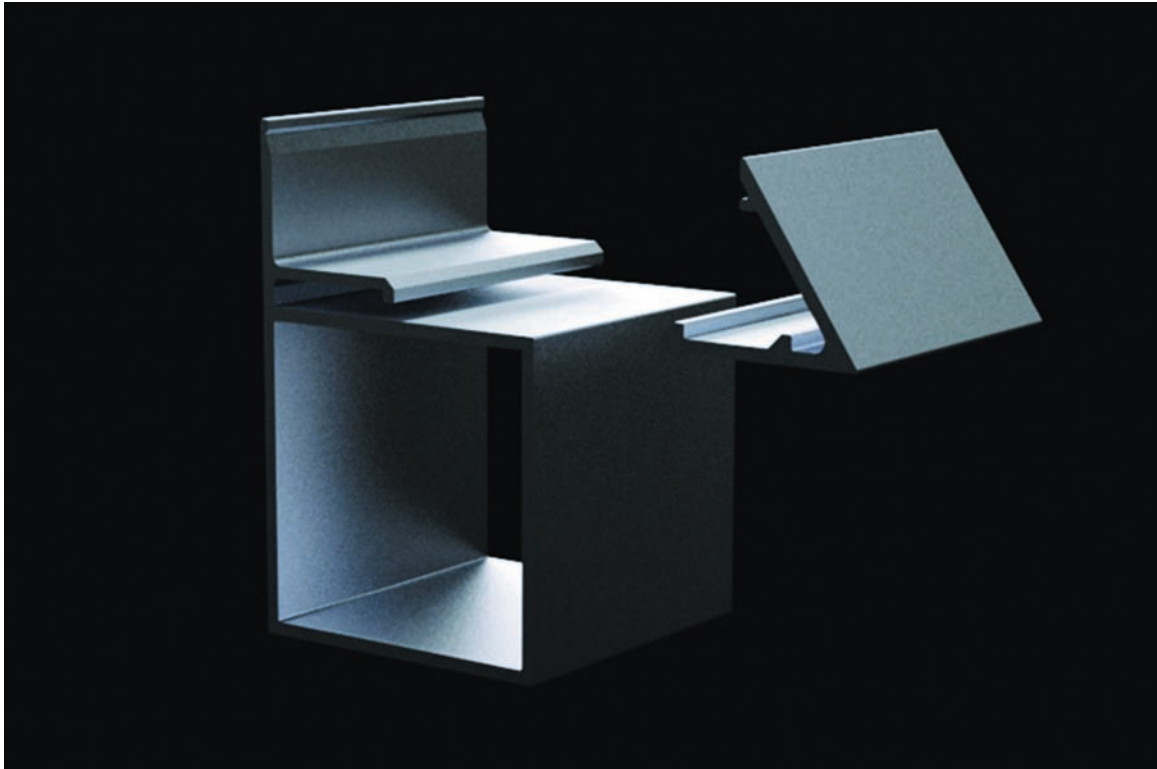


Bild 36 *Visualisering på hur glasningslisten skjuts in och snäpper fast*



Bild 37 *Visualisering på hur glasningsprofilen ser ut med tavelramshörn*

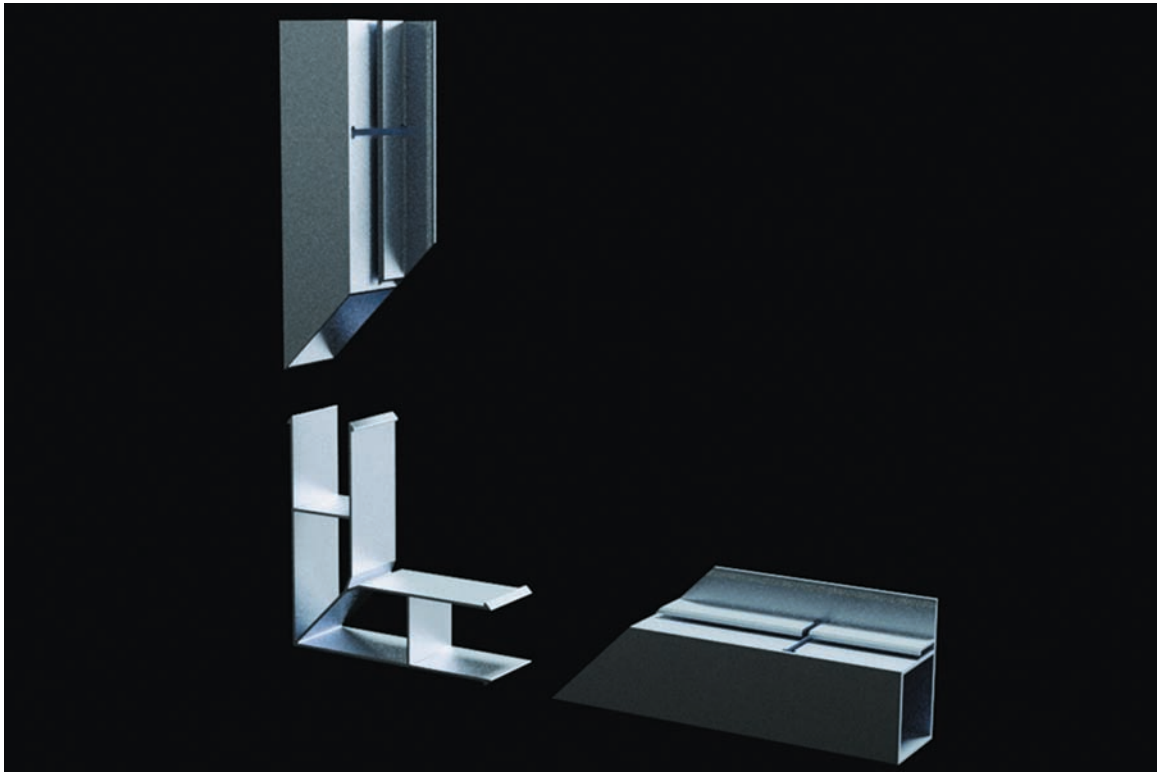


Bild 38 *Visualisering på hur glasningslisten skjuts på plats*

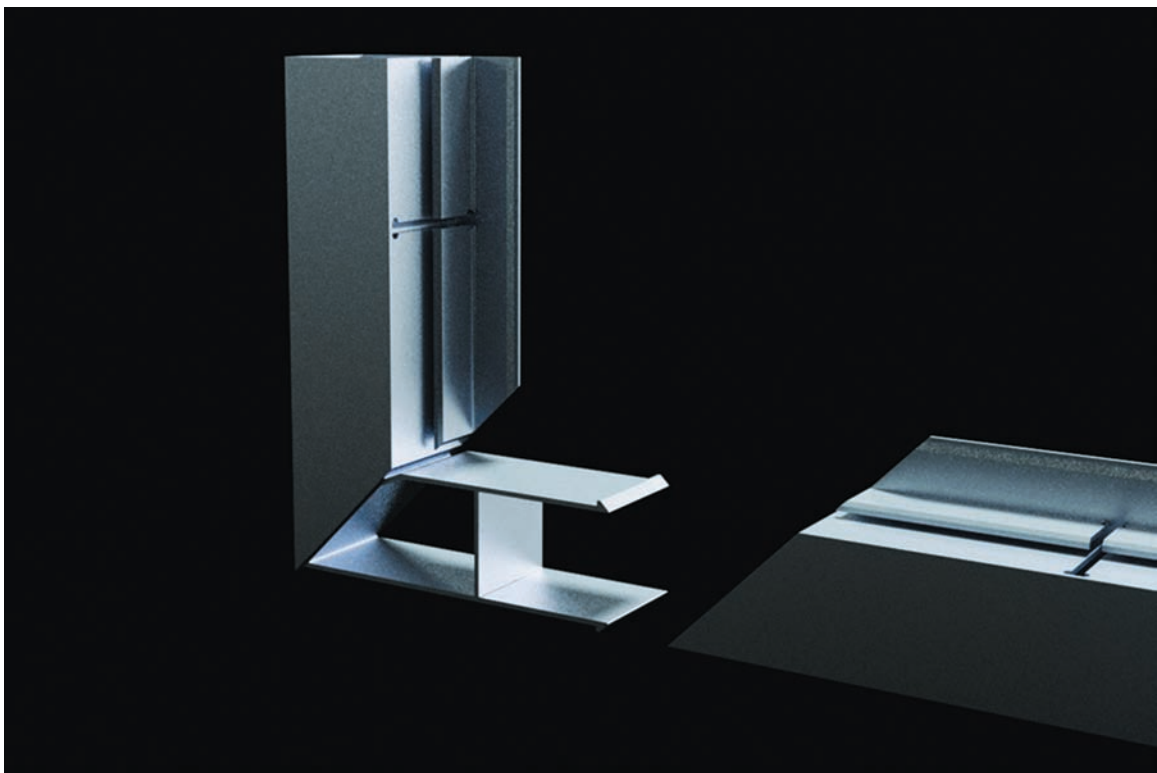


Bild 39 *Visualisering på hur glasningslisten skjut på plats*



Bild 40 Hörnförbindelse kloss med hakar



Bild 41 Hakarna fäster i urfrästa hål



Bild 42 *Visualisering av hörnförbindelse med alternativ kapning*



Bild 43 *Visualisering på monterad hörnförbindelse med alternativ kapning*

5.3.3 Diskussion

De koncept som fick bäst betyg i Pugh-matrisen togs med till företaget, handledaren och en forskare inom hållfasthetslära för att gruppens favorisering skulle få så litet spelrum som möjligt. Detta gav nya infallsvinklar och omkullkastade eller verifierade gruppens antaganden. Att de koncept som fick högst betyg i den systematiska utvärderingen inte valdes som slutkoncept kopplas dels till att aspekter med stor relevans kunde identifieras vilka kunde förbättra eller stjälpas ett koncept. Exempelvis innebar iterationen en upplåsning av tankegången kring hörnförbindelsen där flera aspekter av olika koncept kunde föras samman till ett nytt koncept. Det innebar att fler krav kunde tillgodoses. Ytterligare en faktor som fick större inverkan efter de tidigare utvärderingarna var hållfastheten vilken kunde verifieras utförligt först när koncepten reducerats i antal.

Det ansågs rimligt att endast göra överslagsräkningar för dimensioneringen i de första ritningarna då dessa inte skulle komma att användas som beslutsunderlag vid måttsättning av profiler i produktion. De utfördes endast i syfte att ge en uppfattning om vilka krafter och laster som påverkade konstruktionerna. Resultaten från uträkningarna borde därför ses som en anvisning och inte något definitivt gällande konstruktionernas hållfasthet.

6. Slutdiskussion

Tillgången till fysiska profilssegment var mycket begränsad och produkter installerade i närområdet kunde observeras men kunde ej undersökas mer noggrant då de var i bruk. Observationsstudie fick således bedrivas på utställningsexemplaret i Landskrona samt genom studie av ritningar. Den begränsade tillgången gjorde det svårare att få en känsla för vilka krafter som påverkar systemet och hur produkt och material beter sig. Exempelvis bidrog det till svårigheter att fullt förstå monteringsordning och materialets designfriheter. Särskilt upplevdes det svårt att bedöma styvhet och plasticitetsgränser vilket gjorde att en del koncept som togs fram var orealiserbara. Företaget uttryckte svårigheter i samtliga hörnförbindningskoncept som togs fram. Framförallt ansåg de att hållfastheten skulle bli ett problem. Efter beräkningar kunde motsatsen bevisas.

När det kom till de koncept på glasningslister som tagits fram uttryckte företaget att ansamling av smuts på *trappsteget* som skapades i och med de inskjutna glasningslisterna var det främsta problemet. Omfattningen av denna problematik kunde inte undersökas empiriskt och huruvida korrekt rengöring av systemet genomfördes eller inte föll inom avgränsningarna för detta projekt.

De komponenter som utvecklades under projektet förhölls sig ständigt till de moduler som gruppen fått kännedom om kunde läggas till Frame-systemet. Detta bidrog till ökad bredd på idéerna och i vissa fall till lösning av utvecklingsprocessen. Utan att dessa har kartlagts under projektet har komponenter kommit att utvecklas utifrån att de ska vara möjliga att kombinera med dessa moduler.

De mer fristående delarna inom hållbar utveckling, inbrottssäkerhet samt bombsäkerhet bidrog med fördjupad kunskap gällande dörrsystemet. Förståelsen som dessa delar bidrog med var värdefull vid konceptutvecklingen, dels då krav från dessa delar påverkade konstruktionsdelarna i fas två men framförallt genom att bidra med en god kännedom om konsekvenserna av utformning och varje komponents syfte och påverkan på hela systemet utifrån olika perspektiv. Även om delrapporterna för de olika områdena skapades för internt bruk inom företaget gav den systematiska behandlingen av informationen en bra kunskapsbas att kunna återgå till och fanns i hög grad med indirekt under utvecklingen av koncept.

Moodboarden upplevdes som svår att förhålla sig till genom hela designprocessen då de komponenter som projektet kretsade kring var strängt utformade efter hållfasthet och toleranser. Resultatet kopplades därför inte till denna i den utsträckning som önskades då den togs fram.

För att kunna kombinera de två koncepten krävs vissa modifieringar. Till exempel kommer det hål som hörnförbindningen är tänkt att snäppa i att synas då man monterar dörrbladet med de tunnare glasen. I det trappsteg som då bildas mellan glasningslist och huvudprofil kommer hålet att sticka fram till viss del. Ett problem som behöver åtgärdas innan koncepten kan kombineras. Förslag på åtgärder är att endast ha snäpparm åt ena hållet, det håll som senare kommer att täckas med en annan profildel eller extrudera en extra innervägg i profilen.

7. Vidareutveckling

7.1 Allmänt

Nästa steg i processen skulle vara att genomföra fler och mer detaljerade beräkningar av hållfastheten både på glasningslist och hörnförbindning. Detta skulle kunna göras genom mer noggrant uppskattade elementarfall av olika slag och med olika typer av belastning samt beräkningar på det faktiska fallet. CAD-modellen skulle även kunna analyseras med finita elementmetoden.

Att göra noggrannare beräkningar skulle innebära fler möjligheter att finjustera detaljer som till exempel exakt materialsammansättning, mekaniska egenskaper och materialtjocklek. De uppskattningar som gjordes vid beräkningarna innebar stora säkerhetsmarginaler, det är därför ytterst sannolikt att profilen är överdimensionerad. Genom att utföra noggrannare beräkningar skulle materialåtgången kunna minskas och konstruktionen i sig verifieras i större utsträckning.

Då dimensionering skett bör Sapa kontaktas för att verifiera om det är möjligt att extrudera de tänkta profilerna till ett rimligt pris och med det material som önskas. Konzepten utvecklades med utgångspunkt i Sapas handbok för konstruktörer, dock har ingen expert på Sapa uttalat sig angående designen.

När ovan nämnda steg är genomförda bör modeller tillverkas för att empiriskt kunna kontrollera att konstruktionen fungerar. Då bör främst funktionen och hållfastheten kontrolleras samt huruvida toleranskraven uppfylls. Det är viktigt med verifikation av montering för att se om denna kan utföras planenligt. Tillverkning utifrån tillgång till maskiner ur lämplig pris-, effektivitets- och kompetensaspekt bör även undersökas.

I de fall av konstruktioner där materialavverkning måste ske på profilerna bör en studie göras på vinsterna i konstruktionsaspekter och montering vägas mot avverkningskostnader. Dessa bedömdes vara beroende av befintliga maskinparker i produktionsanläggningar, driftkostnader, tidsåtgång med mera.

7.2 Glasningslist

Det gavs inte mycket tid i processen till utvecklandet av gummilisten, detta på grund av att gruppen antog att denna komponent ej skulle behöva omarbetas. Det framkom sent i projektprocessen att gummilisten behövde vara kompatibel med både 6 och 8 [mm] glastjocklek. De huvudsakliga problemen var att glasningslistan fodrades ha samma egenskaper och fixera glaset lika bra både när den är komprimerad i fallet med 8 [mm] glas och i mer spänningsslöst tillstånd i fallet med 6 [mm] glas. Arbetshypotesen vid avslutandet av projektet var att en gummilist som medger båda tjocklekarna med fullgod spänning mot glas går att utforma då en konkav geometri i kombination med vissa kompressionsegenskaper av gummit samt svag utböjning av aluminiumlisterna bedöms kunna ge en flexibilitet som överstiger den 2 [mm] breda differensen.

I ett sent skede av projektet framkom att en glastjocklek på 40 [mm] gärna fick medges av konstruktionen. Då samtlig konceptutveckling skett utan det som definierat krav prioriterades det inte för den framtagna listan vilket hade krävt en total omstart av processen. Däremot konstaterades att det fanns varierande möjlighet att smidigt medge ytterligare en glastjocklek för de olika koncepten. Konceptet *Horizontalsnäpp* som valdes för vidareutveckling kunde utan modifiering men med tillägg av en rätvinklig glasningslist fixera även glas med tjocklek 40 [mm].

Det upptäcktes ett potentiellt problem vid monteringen av glasningslistan i sidoljuset. Glasningslistan ska tryckas fast med glaset stående med hela sin tyngd på konsolen som fixerar listan. I den miljö som detta utförs finns inga hjälpmedel att tillgå och det är önskvärt att det kan utföras med endast muskelkraft. Detta bör testas empiriskt för att bekräfta konceptets planerade monteringsordning.

Demontering planerades att utföras genom att trycket lättas på glasningslistan till följd av att gummilisten lösgörs och konsolen lyfts bort från sidan med hjälp av en skruvmejsel. Då listan sitter på insidan av dörrsystemet är samma manöver omöjlig för en inbrottstjuv att genomföra från utsidan. Profilen dimensionerades med hänsyn till inbrottsäkerhetssynpunkt så att en inbrottstjuv ej kan forcera en skruvmejsel genom profilen och på detta sätt demontera dörrbladet. Det är önskvärt att testa detta empiriskt för att kontrollera om demontering är möjlig från insidan av dörrsystemet eller om åtgärder behöver tas för att underlätta denna.

Beräkningarna som genomfördes på glasningslistans koncept resulterade i en verifiering av samtliga funktioner samt en antydning till att framtida beräkningar är nödvändiga.

7.3 Hörnförbindelse

Det bör undersökas om monteringen av hörnförbindelse är möjlig med enbart handkraft eller om klubba alternativt annat verktyg krävs, exempelvis att hela ramen spänns ihop. En undersökning av en fysisk modell är här att föredra.

Det är viktigt att hörnförbindningen har mycket god passning och att inga springor är större än de toleranser som är satta. Detta bör kontrolleras empirisk och dörrbladet bör utsättas för kraftpåläggning och sedan undersökas om toleranskraven fortfarande uppfylls.

Företaget har uttryckt osäkerhet kring att spåret som är tänkt att fräsas för snäppfästena inte kan utföras med tillräckligt god precision. Toleranser för detta och tester av företagets maskinpark bör genomföras för att undersöka omfattningen av problemet.

Det är intressant att testa hur väl hörnet lever upp till kraven för de olika klasserna på inbrottsäkerhet. Detta är något som bör undersökas när konstruktionen verifierats för det standardiserade Frame-systemet.

8. Slutsats

Dörrenssystemets utvecklingsmöjlighet med avseende på hållbar utveckling bedömdes efter projektets slut som goda då flera områden med utvecklingspotential identifierades. Störsts potential fanns i servicekontraktet som hade möjlighet att utvecklas i enlighet med metodiken *cradle to cradle* och den ekonomiska modellen cirkulär ekonomi.

Efter undersökningar av de anpassade Frame-systemen utifrån inbrottssäkerhet drogs slutsatsen att åtgärdernas gemensamma nämnare var förstärkning av svaga punkter. Då dessa enheter var externa och byggda utifrån Frame-systemet skulle de med lätthet kunna standardiseras.

Då bombsäkerheten undersöktes drogs slutsatsen att de viktigaste aspekterna vid design av tryckvågsbeständiga dörrsystem var att dess komponenter inte spreds då en bomb med specificerad sprängverkan detonerade på ett specificerat avstånd.

Då omkonstruktionen påbörjats kunde slutsatsen dras att en glasningslist kunde fixera alla de önskade glasdimensionerna men på bekostnad av en avvikelse antingen i vertikalled mot glasningsprofilen eller horisontalled mot korresponderande gummilist.

Det slutgiltiga konceptet av hörnförbindelse utformades i förhållande till att minska antalet delsteg i monteringsprocessen, eliminera behovet av verktyg och förmedla en intuitiv montering. Detta resulterade i en effektivare lösning ur monteringsynpunkt.

Den utvecklade hörnförbindningen bestod av färre komponenter och material, i jämförelse med referensprodukten, vilket resulterade i en bättre hantering av produkten vid demontering och således en förbättrad hållbarhet.

9. Källförteckning

Tryckta källor

Braungart Michael och McDonough William (2002) *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, New York: North Point Press

Hassan Osama (2009) *Vanliga begrepp och standarder i byggnadsfysik- värme, Tillämpad fysik och elektronik*, Umeå: Umeå universitet

Hållbar utveckling (2013) *Kursmaterial i kursen Hållbar utveckling, Systemmodeller for HU20120918 (PDF)* Göteborg: Chalmers tekniska högskola

Dr. ir Joost G. Vogtlander (2001) “*the model of the Eco-costs / Value Ratio*”, Nederländerna: Delft University of Technology

Karlsson, MariAnne. (2007) *Lyssna till kundens röst*. Kurskompendium. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola, inst. för Produkt- och produktionsutveckling, avd. Design

Lindstedt, Per och Burenius, Jan. (2003) *The value model: how to master product development and create unrivalled customer value*. Ödeborg: Nimba.

Lundh Hans (2000) *Grundläggande hållfasthetslära*, Stockholm: Instant book AB (2008)

Miyakawa, S. and Ohashi, T. (April 15–17, 1986) “*The Hitachi Assembly Evaluation Method (AEM)*,” Proc. International Conference on Product Design for Assembly, Newport: Rhode Island

Sapa (2009) *Handbok för konstruktörer*, Produktion: Sapa profiler AB

Sapa (2009) *Design manual*, Produktion: Sapa profiler AB

Sundström Bengt (2007) *Handbok och formelsamling i Hållfasthetslära* Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan

Walter Stahel (1976), cf. *Stahel, Walter R and Reday-Mulvey, Genevieve (1976) The Potential for Substituting Manpower for Energy*. Brussel: Report to the Commission of the European Communities

Wikström, Li. (2010) *Persona och Imageboard, Produktsemiotik MPP071* Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.

Österlin, Kenneth. (2003) *Design i fokus för produktutveckling, Första upplagan*. Malmö: Liber.

Österlin, Kenneth. (2010) *Design i fokus för produktutveckling: - Varför ser saker ut som de gör?* Solna: Liber.

Standarder

- prEN 1627 (2009) *Pedestrian doorsets, windows, curtain walling, grilles and shutters - Burglar resistance - Requirements and classification*
- prEN 1628 (2009) *Pedestrian doorsets, windows, curtain walling, grilles and shutters - Burglar resistance - Test method for the determination of resistance under static loading*
- prEN 1629 (2009) *Pedestrian doorsets, windows, curtain walling, grilles and shutters - Burglar resistance - Test method for the determination of resistance under dynamic loading*
- prEN 1630 (2009) *Pedestrian doorsets, windows, curtain walling, grilles and shutters - Burglar resistance - Test method for the determination of resistance to manual burglary attempts*
- EN 1027 (2000) *Windows and doors - Watertightness - Test method*, *En 1026 2000 (Windows and doors - Air permeability - Test method)*
- EN 12208 (1999) *Windows and doors- Watertightness- Test method*
- EN 12207 (1999) *Windows and doors- Air permeability- Classification*
- ISO 14040:2006 *Miljöledning - Livscykelanalys - Principer och struktur*
- ISO 16 933 *Glass in building - explosions resistant security glazing - test and classification for arena air blast loading* (2007)
- SS-EN ISO 10140-2 (2010) *Byggakustik – Mätning av ljudisolering hos byggnadselement i laboratorium – Del 2: Mätning av luftljudsisolering (ISO 10140-2:2010)*
- SS-EN ISO 10077-1 (2006) *Termiska egenskaper hos fönster, dörrar och jalousier – Beräkning av värmegenomgångskoefficient – Del 2: Numerisk metod för karm och båge – Rättelse 1 (ISO 10077-2:2012/Cor 1:2012)*
- SS-EN ISO 10077-2 (2012) *Termiska egenskaper hos fönster, dörrar och jalousier – Beräkning av värmegenomgångskoefficient – Del 2: Numerisk metod för karm och båge – Rättelse 1 (ISO 10077-2:2012/Cor 1:2012)*
- SS-EN ISO 10077-2:2012/AC (2012) *rättelse till SS-EN ISO 10077-2:2012 och*
- SS EN ISO 717-1 A1 2006 *(Byggakustik- Värdering av ljudisolering i byggnader och hos byggdelar- Del 1: Luftljudisolering (ISO 717-1:1996)*

Internetkällor

- Arbetsmiljöverket (1990 och 1994) *Kjellberg; 1990, Kjellberg; 1994 I; II* <http://www.av.se/> (Hämtad: 2014-05-08)
- Besam (2009) <http://www.besam.se/en/besam/besam-se/Om-Besam/Historik/> (Hämtad: 2014-03-18)
- Bolagsverket (2011) <http://www.bolagsverket.se/> *Bolagsverkets rapport BFS 2011:26 BBR 19 kap 9.3* (Hämtad: 2014-05-09)
- Design for disassembly, Alex Diener (2010) *Afterlife; An Essential Guide To Design For Disassembly*, http://www.core77.com/blog/featured_items/afterlife_an_essential_guide_to_design_for_disassembly_by_alex_diener__15799.asp (Hämtad: 2014-05-20)
- Eco-cost-value, <http://www.ecocostsvalue.com/> (Hämtad: 2014-04-10)

Eidergren och Jacobsson (2009) <https://www.ida.liu.se/~TDDC61/uppgifter/design> *En kvalitativ studie i användarcentrerad webbdesign*, (Hämtad: 2014-03-20)

Nationalencyklopedin (2014) Sökord: *Aluminium* <http://www.ne.se/lang/aluminium> (Hämtad: 2014-04-17)

Sökord: Intressentmodell. <http://www.ne.se/intressentmodell> (Hämtad 2014-05-20)

Product Ecology (2001-2012) <http://www.productecologyonline.com/www/> (Hämtad: 2014-02-20)

Sapa (2014) Sökord: *Aluminium* (Hämtad:2014-04-01) <http://www.Sapagroup.com> (Hämtad: 2014-01-21 till 2014-05-23)

Bilagor

I. Kompletta kravlista

II. HTA

III. Morfologisk matris

IV. Pugh matris

V. Beräkningar

VI. Ritningar

I - Kravlistor

Allmänna – Produktstudie						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Medge montering av glasningslister	A		K	701376, 701517, 701565 och 701589 eller motsvarande	Avvikelser i millimeter, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering av horisontell och vertikal profil i 90 grader	B		K	701602 i både vertikal och horisontell led eller motsvarande. Geometrierna ska avvika mer än 0.1 mm efter montering i samtliga led (x, y, z)	Se separat kravlista för hörnförbindning	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering av hjulslåde profil	C		K	701558 eller motsvarande. Geometrierna ska motsvara varandra och inte avvika mer än 0.1 mm efter montering i samtliga led (x, y, z)	Avvikelser i millimeter, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering av ytterprofil	D		K	1005727 eller motsvarande. Geometrierna ska motsvara varandra och inte avvika mer än 0.5 mm efter montering i samtliga led (x, y, z)	Avvikelser i millimeter, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

Dörrblad						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Lagkrav angående klämrisik ska uppfyllas	A		K	Enligt standard: SS-EN 16005: 2012, Maskindrivna dörrar – Säkerhet vid användande – Krav och provning	Millimeter	SS-EN 16005: 2012, Maskindrivna dörrar – Säkerhet vid användning – Krav och provning
Utgöra barriär	B		K	Mot luft och vatten	Avvikelser i millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Möjliggöra ohindrad förflyttning i y-led (vi pålagd kraft av motorenhet ska öppningstiden vara densamma)	C		K	Dörren ska öppnas automatiska när en person närmare sig	Kunna löpa hela avståndet. Avvikelser i samtliga led i millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

701544						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Medge montering av glasprofil	A		K	701602 eller motsvarande	Avvikelse i samtliga led i millimeter. Vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering av ytterprofil	B		K	1005727 eller motsvarande	Avvikelse i millimeter, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Ohindrad rörelse i y-led	C	Minska påfrestningar på motorn	K	Ska motsvara geometrin av 701577 eller motsvarande	Dörren ska vara vinkelrät mot golvet, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Förhindra rörelse i x-led	D	Hjulslädarna ska hållas kvar på skenan	K	Medge plats för 701577 och 738789 eller liknande	Få plats med den modul som hindrar detta, millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge golvstyrning	E		K	Ska kunna ansluta till 701577 och 738789 eller motsvarande	Geometrierna ska motsvara varandra och inte avvika mer än 0.5mm efter montering i samtliga led (x, y, z)	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

1005727						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Ska kunna monteras mot dörrblad	A		K	Ansluta mot 701602, 701558 och 701544 eller motsvarande	Geometrierna ska motsvara varandra och inte avvika mer än 0.5 mm efter montering i samtliga led (x, y, z), vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Ska utgöra enhetlig yta i vertikal led längs hela dörrbladet	B	Skapa ett enhetligt uttryck mot ingång samt undvika skarpa geometrier	K	Bör täcka yttersidan av 701602 och ändarna av 701544 och 701558 eller motsvarande	Avvikelse i tiondels millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Samtliga hörn ska ha en radie		Undvika skaderisk	Ö	Minst 0.1 mm	Avvikelse i tiondels millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

701567						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Medge montering mot glasningsprofil	A		K	701602 eller motsvarande	Avvikelse i samtliga led i millimeter, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering av hjulsläde	B		K	Motsvarande geometri	Avvikelse i samtliga led i millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-

						modell
Medge montering av ytterprofil	C		K	1005727 eller motsvarande	Avvikelse i samtliga led i millimeter, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

701558						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Medge montering mot glasningsprofil	A		K	701575 eller motsvarande	Geometrierna ska motsvara varandra och inte avvika mer än 0.5 mm efter montering i samtliga led	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge plats för tätningsmodul som möter anslutande dörr yta	B		K	701570 eller motsvarande	Plats, geometri och millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Samtliga kanter ska ha radier	C	Undvika skaderisk	K	Minst 0.1 mm	Minsta radie på 0.5 mm	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Bör medge låsning mot anslutande dörrblad	D		K	Finns plats för låsmekanism	Dimensioner som tillåter aktuella låsfunktioner på marknaden	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

701602						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Medge montering av glasningslister	A		K	701376, 701517, 701565 och 701589 eller motsvarande	Avvikelse i millimeter, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering av horisontell och vertikal profil i 90 grader	B		K	701602 i både vertikal och horisontal led eller motsvarande. Geometrierna ska avvika mer än 0.1 mm efter montering i samtliga led	Se separat kravlista för hörnförbindning	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering av hjulslåde-profil	C		K	701558 eller motsvarande. Geometrierna ska avvika mer än 0.1 mm efter montering i samtliga led	Avvikelse i millimeter, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

701570						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Motsvara infästningsprofil	A		K	701567 eller motsvarande	Geometrier får inte avvika mer än 0.1 mm	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering utan	B		K	Inga verktyg specialutformade	Geometrier får inte avvika mer	Undersökning av befintlig

specialverktyg				av företaget	än 0.1 mm	profil i CAD-modell
701575						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Ska kunna ansluta till 701567, 701376, 701570 och 701589 eller motsvarande	A		K	Se separata kravlistor ovan	Geometrier får inte avvika mer än 0.1 mm	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge låsmekanism	B		K	Ska finnas möjlighet att installera standard lås	Dimensioner som tillåter aktuella låsfunktioner på marknaden	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

Allmänna – Intressentanalys						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Profiler ska vara i extruderat aluminium	A	Ändring av material och tillverkningsmetod är inte aktuell	K	De aluminiumtyper som är möjliga för tillverkningsmetoden extrudering	Materialval och tillverkningsmetod	Företagets attribut
Minsta möjliga avstånd mellan profildelar i hörnförbindning	B	Estetik: pga radier på materialet upplevs springan stor	K	Max 0.2 mm	Avvikelser i millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell, företagets krav
Produktionskostnaden ska behållas eller minskas		Inga förändringar i designen får medföra radikalt ökade produktionskostnader för företaget	Ö	Tillgängliga tillverkningsmetoder av aluminium	Antal moment och tillverkningsmetoder	Företaget
Dörrbladets vikt ska bibehållas eller minskas		Anpassa dörrblad till moterenhet	Ö	Max 55 kg	Kilogram	Företaget
Minimera profilernas materialjocklek		Minska materialåtgång	Ö	Statisk last av 150 kg	Millimeter	Företaget
<i>Design for assembly</i> metodik ska appliceras vid utvecklingen av dörrbladet		Undvika onödiga delar, minimera kostnader för montering	Ö		Tillverkningsmetod och geometri	Miyakawa, S, Och Ohashi, T (1986)
Dörrens design ska knytas till projektets <i>moodboard</i>		Ge dörren önskat uttryck	Ö	<i>Moodboard</i>		Österlin, Kenneth (2003)

Hållbar utveckling - Dörrsystemet						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Minimera luftgenomströmning	A	Glipor mellan dörrblad och runt systemet har luftgenomströmning.	K	Um-värde 0.6	Watt per kvadratmeter och kelvin	BFFS 2011:26 Avsnitt 9:22 Klimatskärm

		Inte kompensera för Boverkets krav på klimatskärm				
Dörrsystemets ljudisolerande förmåga ska vara densamma eller bättre	D	Koncentrations-svårigheter uppkommer vid 45 dB	K	Max 45 dB	Decibel	Arbetsmiljöverket, (Kjellberg; 1990, Kjellberg; 1994 ;)
<i>Design for disassembly</i> metodik ska appliceras vid designprocessen		För återvinning av ingående material	Ö	Alla komponenter i dörrblad och sidoljus ska kunna monteras isär och olika material ska kunna separeras		<i>Cradle to cradle/ cirkulär ekonomi</i>
Samtliga komponenter ska vara utbytbara		Om något går sönder ska detta gå att ersätta utan att byta ut hela dörrsystemet	Ö	Alla komponenter i dörrblad och sidoljus ska kunna monteras isär och bytas ut		<i>Cradle to cradle/ cirkulär ekonomi</i>
En miljömanual ska bifogas till varje sålt dörrsystem		Information om var materialet dörren är tillverkad av kommer ifrån. Materialet ska gå att spåra. Dörrens påverkan på miljön	Ö			Miljösynpunkt
Det ska vara möjligt att visa att det är en sustainability- dörr		Säljargument	Ö	Design eller markering		Miljösynpunkt
Ska ha färre eller samma antal olika material		Ge dörren önskat uttryck	Ö	Nuvarande lösning innefattar fyra olika material	Antal olika material	Observation av befintlig profil

Hållbar utveckling – Glasningslist						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Samtliga delar i dörrblad och sidoljus ska gå att separera			Ö	Vid underhåll, demontering, inför återvinning/ återanvändning		<i>Cradle to cradle/ cirkulär ekonomi</i>

Hållbar utveckling – Hörnförbindelse						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Ska ha färre eller samma antal ingående komponenter		Design för montering och demontering	Ö	Nuvarande lösning innefattar tre komponenter	Antal delar	Observation av befintlig profil

Hållbarutveckling – Tätningar						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa

Slitstark produkt	C		K	Bibehålla prestanda under sex månader	Antal månader	Företaget
Ska gå att avlägsna			Ö	Vid underhåll och demontering, utan specialverktyg		Observation av befintlig profil
Möjliggöra underhåll			Ö	Ska gå att ersätta och underhålla utan specialverktyg		Observation av befintlig profil
Minimera genomträngning av vatten			Ö	När dörrsystemet är stängt	Kubikmeter	Miljösynpunkt

Hållbar utveckling – 1005727						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Möjliggöra tätning mot sidoljus	B		K	Finns plats för 738128 eller motsvarande		Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

Hållbar utveckling – 701544						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Medge olika grader av tätning mot golv		Genomförs idag med en eller två borstar	Ö	Separat komponent som hindrar luftgenomströmning		Företaget

Bombsäkerhet – Bilbomb						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Dörrsystemet ska uppfylla de krav som ISO specificerar efter applicerad kraft från tryckvåg enligt ISO förbestämd mängd explosivt ämne och avstånd	A	Krävs för certifiering	K	Finns beskrivet i testspecifikation ISO 16 933, Glass in building, table 2, Classification criteria – vehicle bombs	Mängd och storlek på partiklar som träffar <i>witness screen</i>	Fältstudier, säljkontor England
Dörrsystemet ska uppnå klassificering B enligt ISO 16 933	B	Krävs för certifiering	K	Finns beskrivet i testspecifikation ISO 16 933, Glass in building, table 2, Classification criteria – vehicle bombs	Olika nivåer på krav som certifieringen kräver	Fältstudier, säljkontor England
Dörrsystemet ska uppnå klassificering A enligt ISO 16 933		Krävs för certifiering	Ö	Finns beskrivet i testspecifikation ISO 16 933, Glass in building, table 2, Classification criteria – vehicle bombs	Olika nivåer på krav som certifieringen kräver	Fältstudier, säljkontor England

Bombsäkerhet – Handburen bomb						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Dörrsystemet ska uppfylla de krav	A	Krävs för certifiering	K	Finns beskrivet i testspecifikation	Mängd och storlek på	Fältstudier, säljkontor

som ISO specificerar efter applicerad kraft från tryckvåg enligt ISO förbestämd mängd explosivt ämne och avstånd				ISO 16 933, Glass in building, table 3, Classification criteria – hand carried satchel bombs	partiklar som träffar <i>witness screen</i>	England
Dörrsystemet ska uppnå klassificering B enligt ISO 16 933	B	Krävs för certifiering	K	Finns beskrivet i testspecifikation ISO 16 933, Glass in building, table 3, Classification criteria – hand carried satchel bombs	Olika nivåer på krav som certifieringen kräver	Fältstudier, säljkontor England
Dörrsystemet ska uppnå klassificering A enligt ISO 16 933		Krävs för certifiering	Ö	Finns beskrivet i testspecifikation ISO 16 933, Glass in building, table 3, Classification criteria – hand carried satchel bombs	Olika nivåer på krav som certifieringen kräver	Fältstudier, säljkontor England

Bombsäkerhet						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Estetiken ska efterlikna företagets övriga dörrsystem		Avskalat uttryck, önskemål för flertalet intressent-grupper	Ö	Återspegla framtagna <i>moodboard</i>		Fältstudier, säljkontor England

Inbrottssäkerhet - Allmänna						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Låsa automatiken då dörrparti är låst		Skapar ett konstant hinder mot särande av dörrblad	Ö	Funktionalitet att låsa remdriftens rörelse		Fältstudier, säljkontor Nederländerna

Inbrottssäkerhet – Dörrbladets ram						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Styvhet i dörrblads ram för att undvika maximal tillåten utböjning vid last enligt EN 1627, klass 2	A	Förhindrar åtkomst, krävs för certifiering – nuvarande lösning flexar för mycket	K	Finns beskrivet i EN 1627, kap.7 Mechanical strength, table 2 – Static loading of group 1 and group 2 products	Förflyttning/ åtkomst med fördefinierade geometrier enligt EN 1628	Fältstudier, säljkontor Nederländerna, EN 1627

Inbrottssäkerhet – Dörrsystem						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Förhindra sidoförflyttning (y-led) av dörrbladsparti i	B	Dörrblad får ej kunna forceras, krävs för	K	Finns beskrivet i EN 1627, kap.8 Manual burglary attempts, table 6	Förflyttning/ åtkomst med fördefinierade geometrier	Fältstudier, säljkontor Nederländerna, EN 1627

låst läge vid påfrestningar enligt EN 1627, klass 2		certifiering – nuvarande konstruktion kan skjutas i sidled			enligt EN 1628	
Förhindra åtkomst till lås vid påfrestningar enligt EN 1627, klass 2	E	Lås får ej kunna forceras, krävs för certifiering – Aluminiumet går att forcera med spetsiga verktyg	K	Finns beskrivet i EN 1627, kap.8 Manual burglary attempts, table 6	Åtkomst med verktyg enligt EN 1627, EN 1630	Fältstudier, säljkontor Nederländerna, EN 1627
Dörrsystemet ska utifrån samtliga aspekter uppfylla de specifika krav som krävs för att uppnå klass 3 enligt EN 1627		Krävs för certifiering. Det finns fler steg i klassificering men efterfrågan ligger på klass 3	Ö	Finns beskrivet i EN 1627 (test specifications)	När olika nivåer på krav som certifieringen kräver	Fältstudier, säljkontor Nederländerna, EN 1627

Inbrottsäkerhet – Upphångningsanordning						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Förhindra att hjulsläden kan pressas ut skena vid påfrestningar enligt EN 1627, klass 2	C	Dörrblad får ej kunna forceras, krävs för certifiering – Hjulsläde hoppar ur vid nuvarande konstruktion	K	Finns beskrivet i EN 1627, kap.7 Mechanical strength, table 2 – Static loading of group 1 and group 2 products , table 5 – Drop height for dynamic test, kap.8 Manual burglary attempts, table 6	Absolut: JA/NEJ – Hoppar ur	Fältstudier, säljkontor Nederländerna, EN 1627

Inbrottsäkerhet – Golvstyrning						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Förhindra att golvstyrningsbulten avlägsnas från golvstyrningslist vid påfrestningar enligt EN 1627, klass 2	D	Dörrblad får ej kunna forceras, krävs för certifiering – Nuvarande bult viker sig och går att lyfta ur	K	Finns beskrivet i EN 1627, kap.7 Mechanical strength, table 2 – Static loading of group 1 and group 2 products , table 5 – Drop height for dynamic test, kap.8 Manual burglary attempts, table 6	Absolut: JA/NEJ – Hoppar ur	Fältstudier, säljkontor Nederländerna, EN 1627

Inbrottsäkerhet – Montering						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Lösningar ska i hög grad vara oberoende av montörens		Estetik och funktion kan bli lidande om ej	Ö			Fältstudier, säljkontor Nederländerna

skicklighet		uppfylld				
-------------	--	----------	--	--	--	--

Inbrottsäkerhet – 701544						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Medge montering av specialkomponenter		Komponenter för inbrottsäkerhet eller minskad luftgenomsläpplighet ska kunna monteras	Ö	Golvstyrning och tätningar		Fältstudier, säljkontor Nederländerna

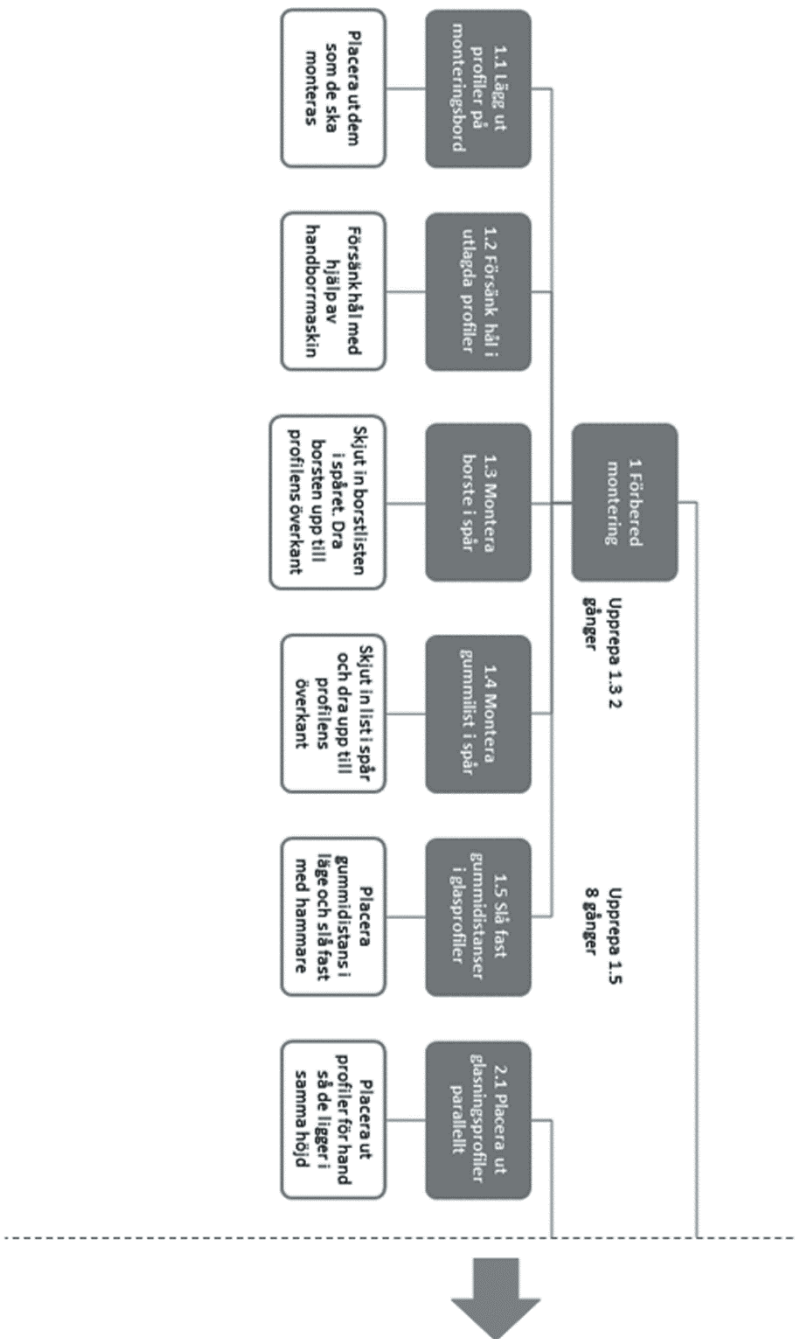
Glasningslist						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Medge montering av olika glastjocklekar	A		K	Glasdimensioner: 6, 8 och 22 mm	Dimensioner, millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering mot glasningsprofiler	B		K	701602 och 701575 eller motsvarande	Geometrier ska motsvara varandra och inte avvika mer än 0.1 mm	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Glaset ska inte komma i kontakt med aluminiumprofiler	C		K	Monterat läge		Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge montering av gummilist	D		K	711573, 701574 och 701635 eller motsvarande	Geometrier ska motsvara varandra och inte avvika mer än 0.1 mm	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Minsta möjliga avstånd mellan glasningslister i hörnförbindning	E	Estetik – radier på materialet får springan att upplevas som stor	K	Max 1.0 mm	Avvikelse i millimeter	Observation av befintlig profil, företagets krav
Medge montering utan specialverktyg	F		K	Inga verktyg specialutformade av företaget		Monteringsanvisningar och monteringsfilm

Hörnförbindelse						
Krav/Önskemål	Gradering	Motivering	Typ	Funktionsgräns	Mätvärde	Källa
Medge montering av olika glastjocklekar	A		K	Glasdimensioner: 6, 8 och 22 mm	Dimensioner, millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge infästningsmöjlighet i vertikal samt horisontell profil	B		K	Vertikal 701602 eller 701575, horisontell 701602 eller motsvarande		Undersökning av befintlig profil i CAD-modell
Medge fixering av profil del i 90 graders vinkel	C		K	701575 mot 701602 eller motsvarande och 701602 mot 701602 eller	Avvikelse i millimeter, vinklar i grader	Undersökning av befintlig profil i CAD-modell

				motsvarande		
Medge infästnings- möjlighet för glasningslist och distanser	D		K	701589, 701376, 701517 och 701565 eller motsvarande	Geometrier ska motsvara varandra och inte avvika mer än 0.1 mm	Undersökning av befintlig profil i CAD- modell
Ska klara påfrestningar i samtliga led	E		K	Påfrestningar: egentyngd och pålagd last	Avvikelser i millimeter	Undersökning av befintlig profil i CAD- modell
Skydda glas			Ö	Ram runt glas förhindrar sprickbildning och minskar påfrestning direkt på glas		Undersökning av befintlig profil i CAD- modell
Effektiv monterings- process			Ö	Effektiv: utan verktyg, få komponenter		Undersökning av befintlig profil i CAD- modell
Monteras utan verktyg			Ö	Utan verktyg: går att montera med enbart manskraft		Undersökning av befintlig profil i CAD- modell

II - HTA

HTA före redesign



Montera
dörrblad



2.2 Montera nedre
glasningsprofil
med
hörnförbindelser

Upprepa 2.2.2 4
gånger

Om nej på
2.3.1, gå
vidare till 2.4

2.3 Kontrollera
placering

2.4 Snäpp fast
golvsstyrningspro
fil

Om nej på
2.5.1, gå
vidare till 2.6

2.5 Kontrollera
placering

2.2.1 Skjut in
metallbricka i
vertikalprofilens
spår

2.2.2 Skruva fast
mot horisontell
glasningsprofil

2.3.1 Undersök
om det finns
nivåskillnader
och glapp

2.3.2 Justera
med klubba

Placera nederdel mot
förkonstrueratspår.
Vinkla uppåt och tryck
utan verktyg tills den
fastnar. (Borste uppåt)

2.5.1 Undersök
om det finns
nivåskillnader
och glapp

2.5.2 Justera
med klubba

Passa in bricka
med kortida i
spår, skjut i
position framför
hållutanverktyg

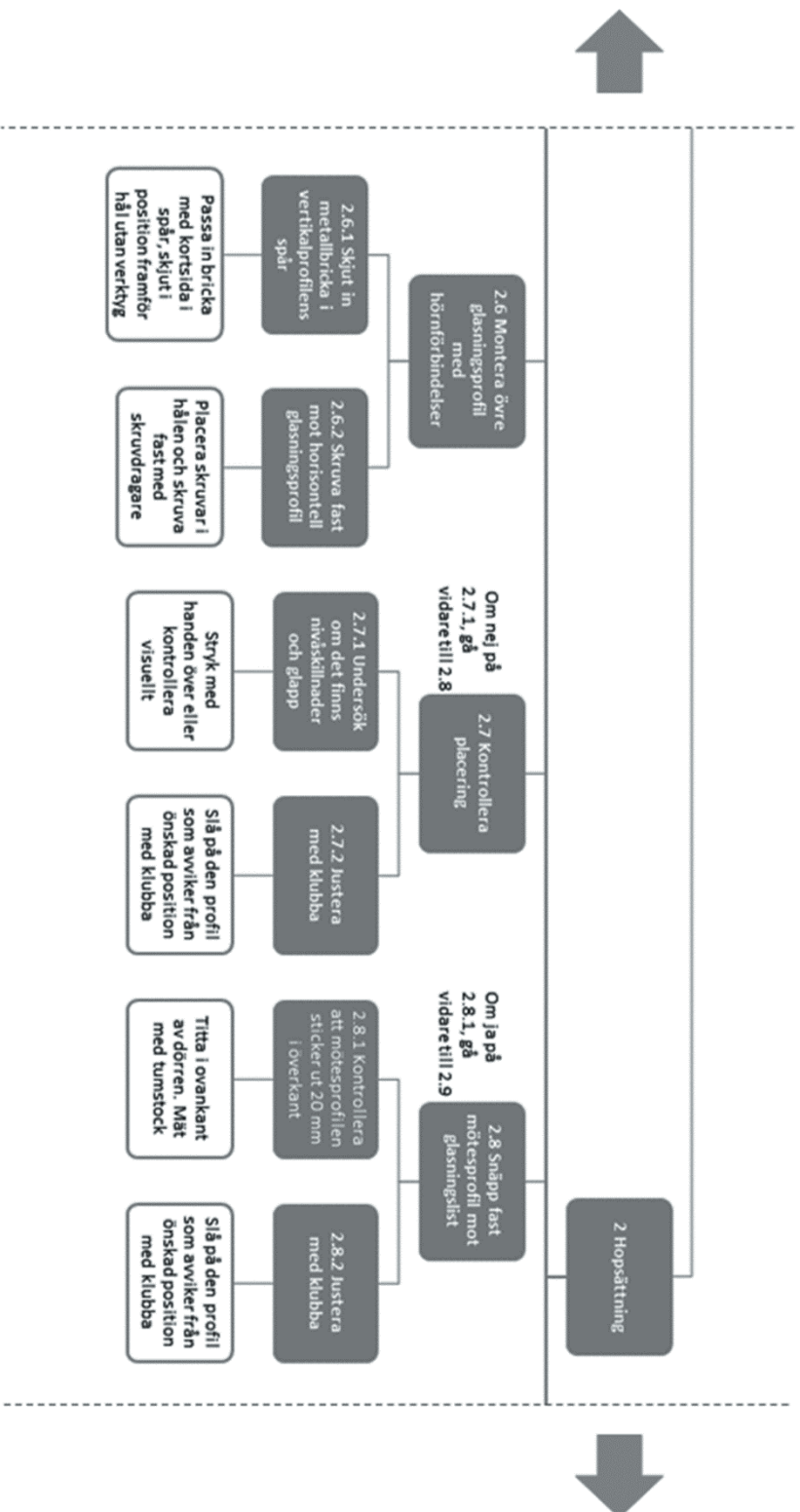
Placera skruvar i
håll och skruva
fast med
skruvdragare

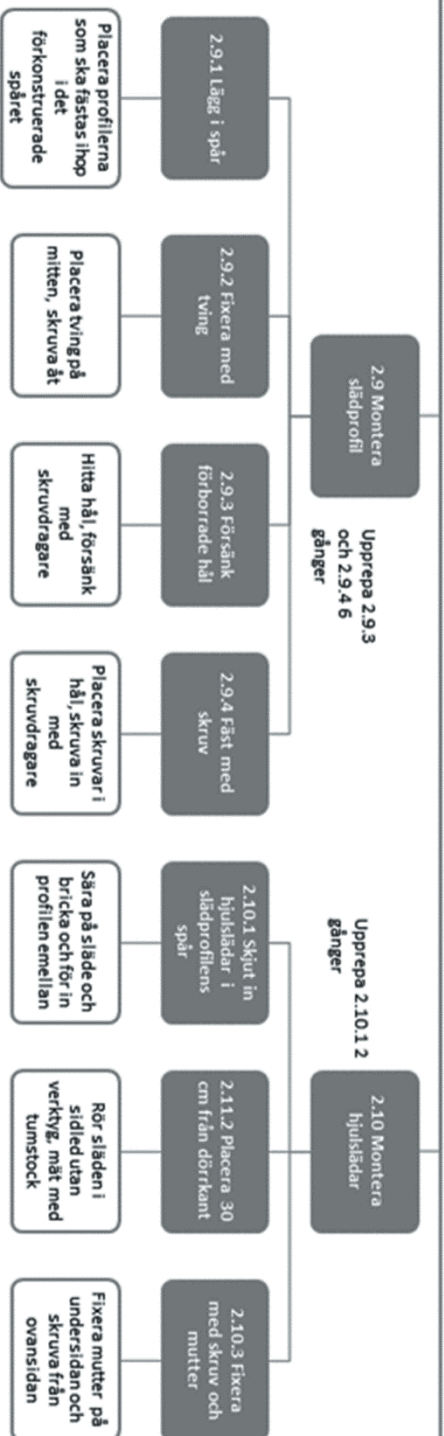
Stryk med hand
över eller
konstrollera
visuellt

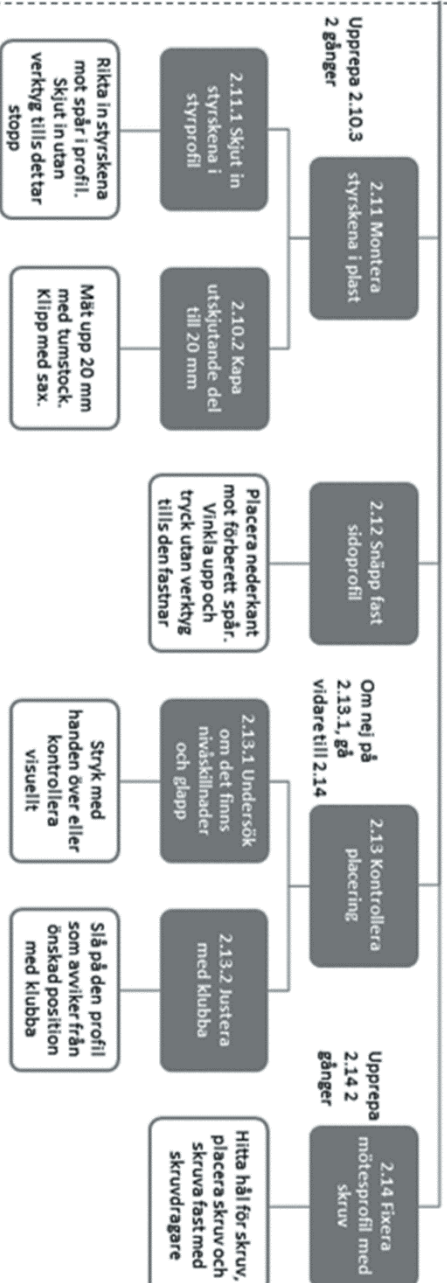
Slå den profil
som avviker från
önskad position
med klubba

Stryk med
handen över eller
kontrollera
visuellt

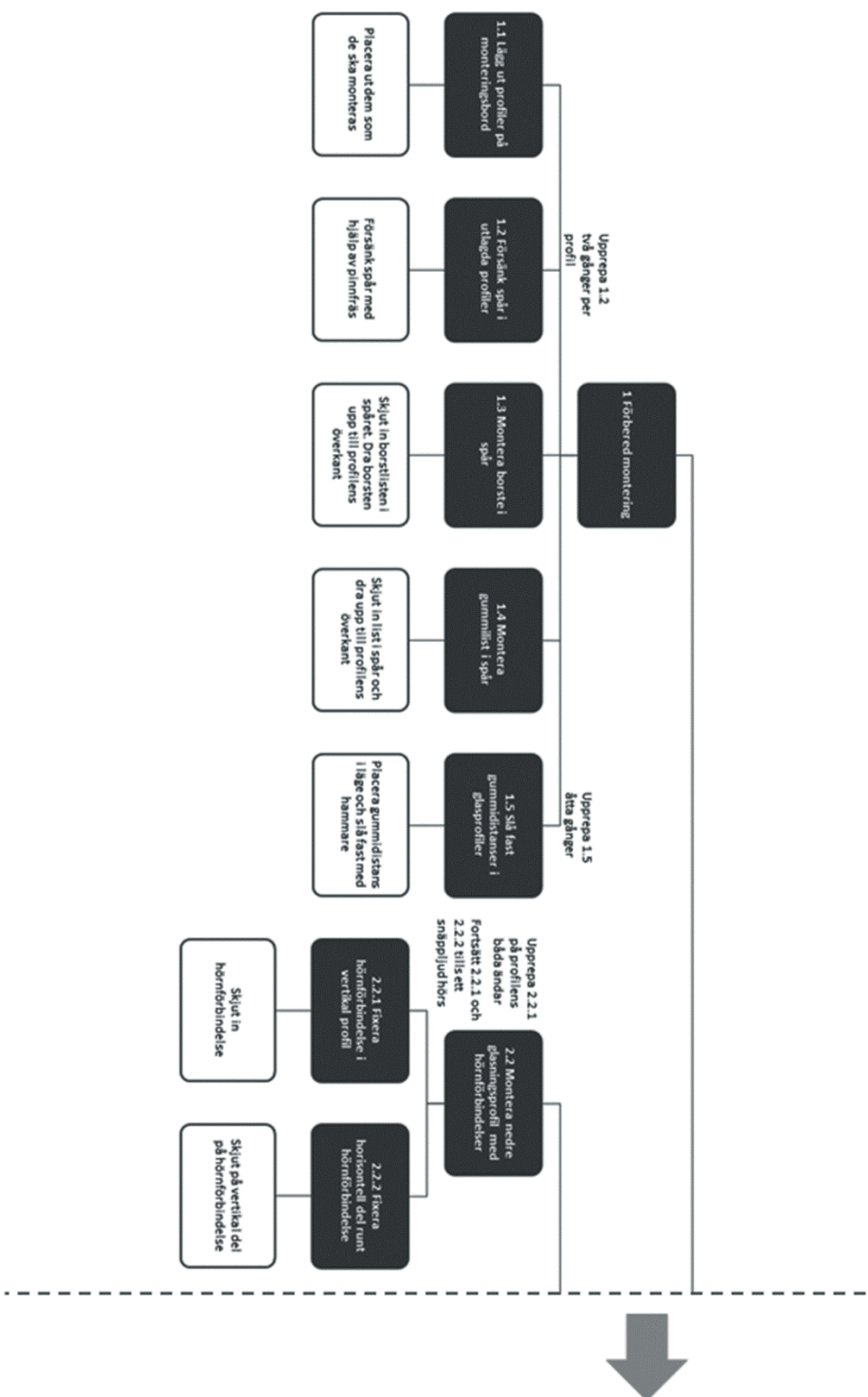
Slå på den profil
som avviker från
önskad position
med klubba







HTA efter redesign



Montera öftrblad



2.3 Kontrollera placering

Om ja på 2.3.1, upprepa 2.2 för övre glasningsprofil. Om nej utför 2.3.2 och upprepa sedan 2.2 för övre glasningsprofil

2.3.1 Undersök om snöplattarna är fästerade i spår

Kontrollera visuellt

2.3.2 Justera med klubba

Slå på den profil som avviker från önskad position med klubba

2.4 Fästa de två ihopmonterade profilparerna

Passa in de resterande ändarna mot passande hörnförbindelse och sägur på plats

2.5 Kontrollera placering

Om ja på 2.5.1, gå vidare till 2.6

2.5.1 Undersök om snöplattarna är fästerade i spår

Kontrollera visuellt

2.5.2 Justera med klubba

Slå på den profil som avviker från önskad position med klubba

2.6 Snäpp fast golvstyrningsprofil

Placera nedre delen mot förkonstruerat spår. Vinkla uppåt och tryck utan verktyg tills den fästnar. (borste uppåt)

2.7 Kontrollera placering

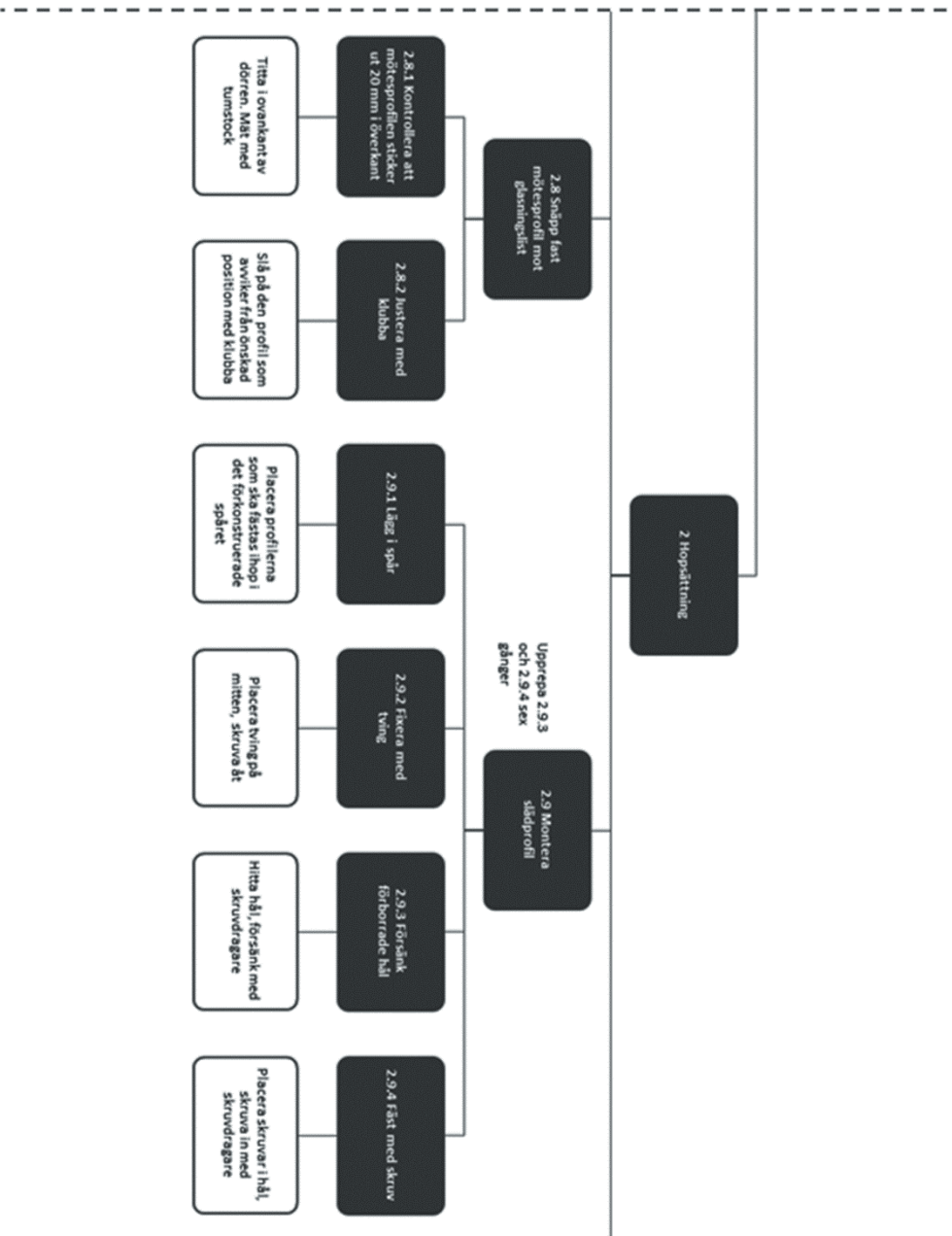
Om ja på 2.7.1, gå vidare till 2.8

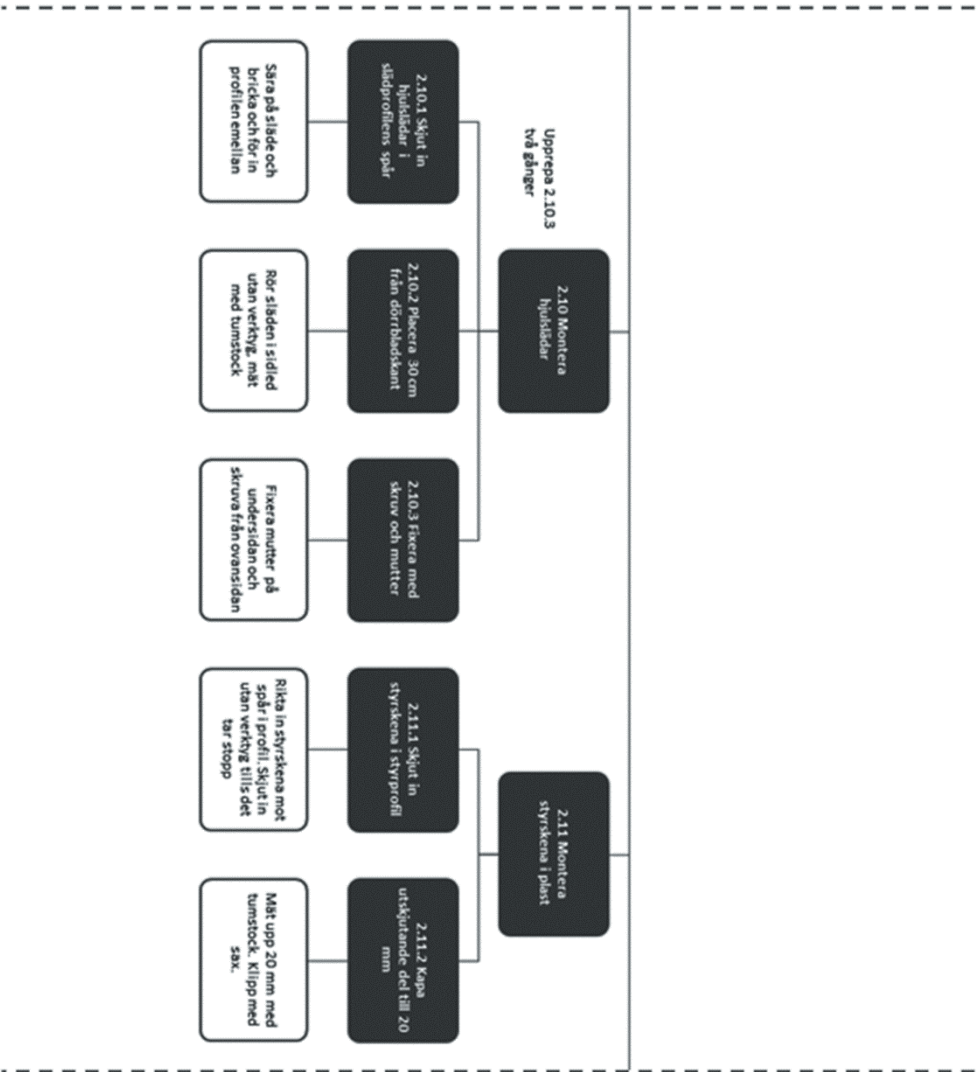
2.7.1 Undersök om det finns nivåskillnader och gläpp

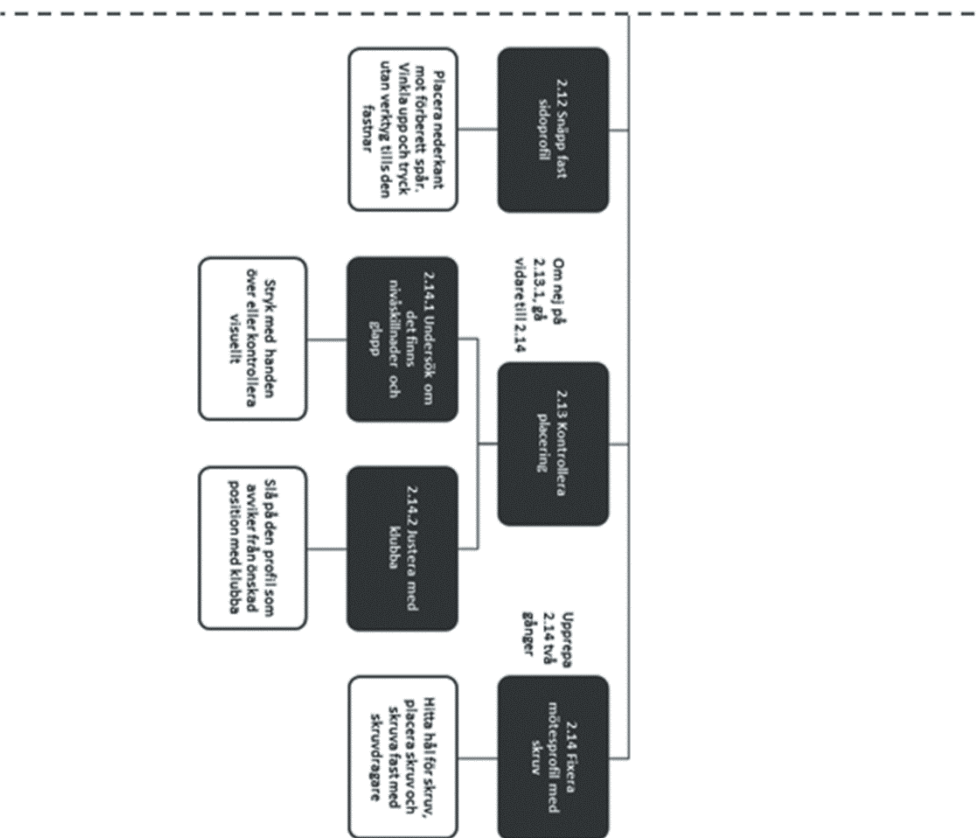
Stryk med handen över eller kontrollera visuellt

2.7.2 Justera med klubba

Slå på den profil som avviker från önskad position med klubba







IV – Pugh-matriser

Koncept → Kriterier	Referens	Hakningslist	Horisontal- snäpp	Vinkel- snäpp	Ankar- snäpp	Horisontellt ställbart	Reklam- skylten
Påfrestning x-led	0	0	0	0	+	0	-
Påfrestning z-led	0	-	+	0	+	0	0
Montering antal steg	0 (3 steg)	0	0	+	0	-	0
Montering med eller utan verktyg	0	0	0	0	0	0	0
Bearbetning av profilen	0 (4 steg)	0	0	0	-	0	0
Antal delar	0	+	+	+	+	-	0
Demontering antal steg	0 (3 steg)	0	0	0	0	0	0
Demontering verktyg	0	+	0	0	0	0	0
Ställbarhet	0	+	+	+	+	+	+
Toleranser	0	0	0	0	+	-	-
Moduler- barhet	0	0	0	0	0	0	0
Antal +	0	3	3	3	5	1	1
Antal -	0	1	0	0	1	3	2
Antal 0	11	7	8	8	5	7	8
Netto	0	+2	+3	+3	+4	+2	-1
Rangordning	4	3	2	2	1	3	5

Koncept → Kriterier	Referens	Vinkeljärn i spår	U-järn i spår	L-kloss	Expander- kloss	Spårkloss	Vrid- profiler	Expand- erande massa
Påfrestning x-led	0	+	+	+	-	+	+	+
Påfrestning y-led	0	0	0	0	+	+	+	+
Påfrestning z-led	0	+	0	0	-	0	+	+
Montering antal steg	0 (3 steg)	+	+	+	+	-	0	
Montering med eller utan verktyg	0	+	+	+	0	+	+	+
Bearbetning av profilen	0 (4 steg)	+	+	+	+	0 (4 steg)	+	
Demontering antal steg	0 (3 steg)	0 (färre steg men kräver större kraft)	+	+	+	0 (3 steg)	-	-
Demontering verktyg	0	0	0	0	-	0	0	-
Anpassning efter montering	0	-	-	-	0	-	-	-
Toleranser	0	0	0	0	0	0	+	+
Moduler- barhet	0	-	-	-	-	0	-	-
Antal +	0	5	5	5	4	5	5	6
Antal -	0	2	2	2	4	1	4	4
Antal 0	11	4	4	4	3	5	2	1
Netto	0	+3	+3	+3	0	+4	+1	+2
Rangordning	5	2	2	2	5	1	4	3

V – Beräkningar

Övergripande data:

Skjuvmodul, Aluminium:	$G = 26 \text{ [GPa]}$
Elasticitetsmodul, Aluminium:	$E = 69 \text{ [GPa]}$
Jordens tyngdacceleration:	$g = 9.82 \text{ [m/s}^2\text{]}$

Glasningslisten

Dimensionering av glasningslister.

Beräkning av reaktionskrafter i glasningslist från utbredd last orsakad av vind på glasruta.

Vindhastighet: storm:	$v = 28.4 \text{ [m/s]}$
Luftens densitet:	$\rho = 1.2 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
Bredd glasruta:	$H = 1.2 \text{ [m]}$
Höjd glasruta:	$L = 2 \text{ [m]}$

$$\text{Jämviktsekvation: } \frac{Q}{2} = R_A = R_B = R$$

$$Q = 0.5 * \rho * v^2 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

$$R = \frac{Q}{2} * H * L = 725.9 \text{ [N]}$$

Beräkning av största böjspänning i glasningslist med avseende på kritisk punkt.

Höjd glasningslist:	$h = 22 \text{ [mm]}$
Djup skjuvarea:	$B = 2 \text{ [mm]}$

$$\text{Areatröghetsmoment: } I = \frac{B * H^3}{12} \quad (7-35)$$

$$\text{Böjmotstånd: } Wb = \frac{H * B^2}{6} \quad (7-36)$$

$$\text{Jämviktsekvation } \cup: Mb - R * h = 0$$

Böjmoment: $Mb = R * h$

Största böjspänningen: $\sigma = \frac{Mb}{Wb} = 19.2 [MPa]$ (7-28)

Beräkning av största böjspänning av snäpp-arm i samband med utböjning. Antag elementarfall för konsolbalk: fast inspänd- fri balk.

Bredd balk: $B = 1.5 [m]$
Höjd balk: $H = 1.75 [mm]$
Tillåten utböjning: $p1 = 2 [mm]$

Areatröghetsmoment: $I = \frac{B * H^3}{12}$ (7-35)

Kraft för utböjning: $P1 = \frac{3 * p1 * E * I}{L^3}$ (Elementarfall, KTH)

Böjmoment: $Mb = L * P1$

Största böjspänningen: $\sigma = \frac{Mb}{Wb} = 724.5 [MPa]$ (7-28)

Hörförbindelser

Beräkning av skjuvspänning vid skjuvarea av en snäpphake:

Säkerhetsfaktor:	$n = 2$
Massa:	$m = 150 [kg]$
Bredd snäpphake:	$B = 44 [mm]$
Längd snäpphake:	$L = 2 [mm]$

Skjuvarea: $A = B * L [mm^2]$

Jämviktsekvation: $T * A - P = 0$

Dimensionerad belastning: $P = \frac{(m * g * n)}{2} [N]$

Medelskjuvspänning: $\tau = \frac{P}{A} = 16.7 [MPa]$ (3-15)

Beräkning av största böjspänning av snäpp-arm i samband med utböjning. Antag elementarfall för konsolbalk: fast inspänd- fri balk.

Höjd snäpphake:	$H = 2 [mm]$
Tillåten utböjning:	$p1 = 2 [mm]$
Längd hävarm:	$L = 55 [mm]$

Areatröghetsmoment: $I = \frac{B * H^3}{12}$ (7-35)

Kraft för utböjning: $P1 = \frac{3 * p1 * E * I}{L^3}$ (Elementarfall, KTH)

Böjmoment: $Mb = L * P1$

Böjmotstånd: $Wb = \frac{B * H^2}{6}$ (7-36)

Största böjspänningen: $\sigma = \frac{Mb}{Wb} = 136.8 [MPa]$ (7-28)

Beräkning av hållkantryck av ramverk i förhållande till inverkan från hörnförbindelse.

$$\begin{aligned} \text{Längd hål:} & \quad L = 40 \text{ [mm]} \\ \text{Höjd hål:} & \quad t = 2 \text{ [mm]} \end{aligned}$$

$$\text{Hållkantryck:} \quad p = \frac{P}{L * t} = 18.4 \text{ [MPa]} \quad (3-15)$$

$$\text{Största böjspänningen:} \quad \sigma = \frac{P}{L^2 * t} = 122.75 \text{ [MPa]} \quad (3-13)$$

$$\text{Kontroll mot sprickinitiering:} \quad p \ll \sigma$$

VI - Ritningar

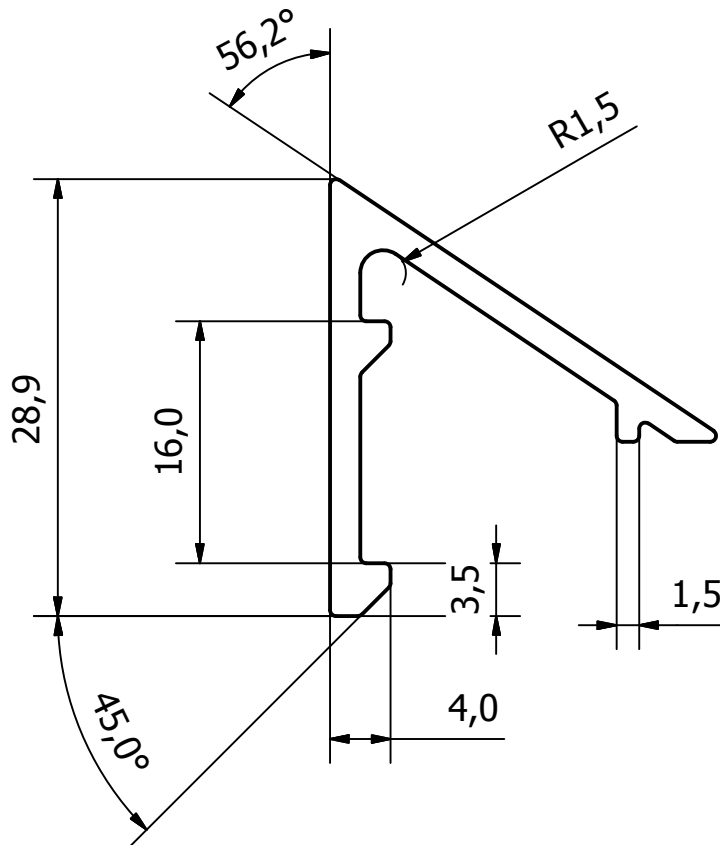
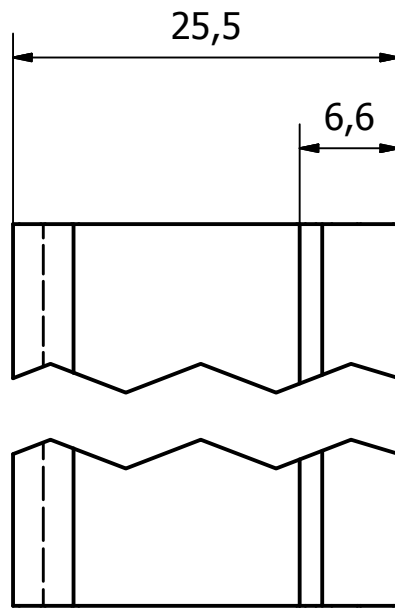
Glasningslist

Hörnförbindning

Ritning över hopsättning

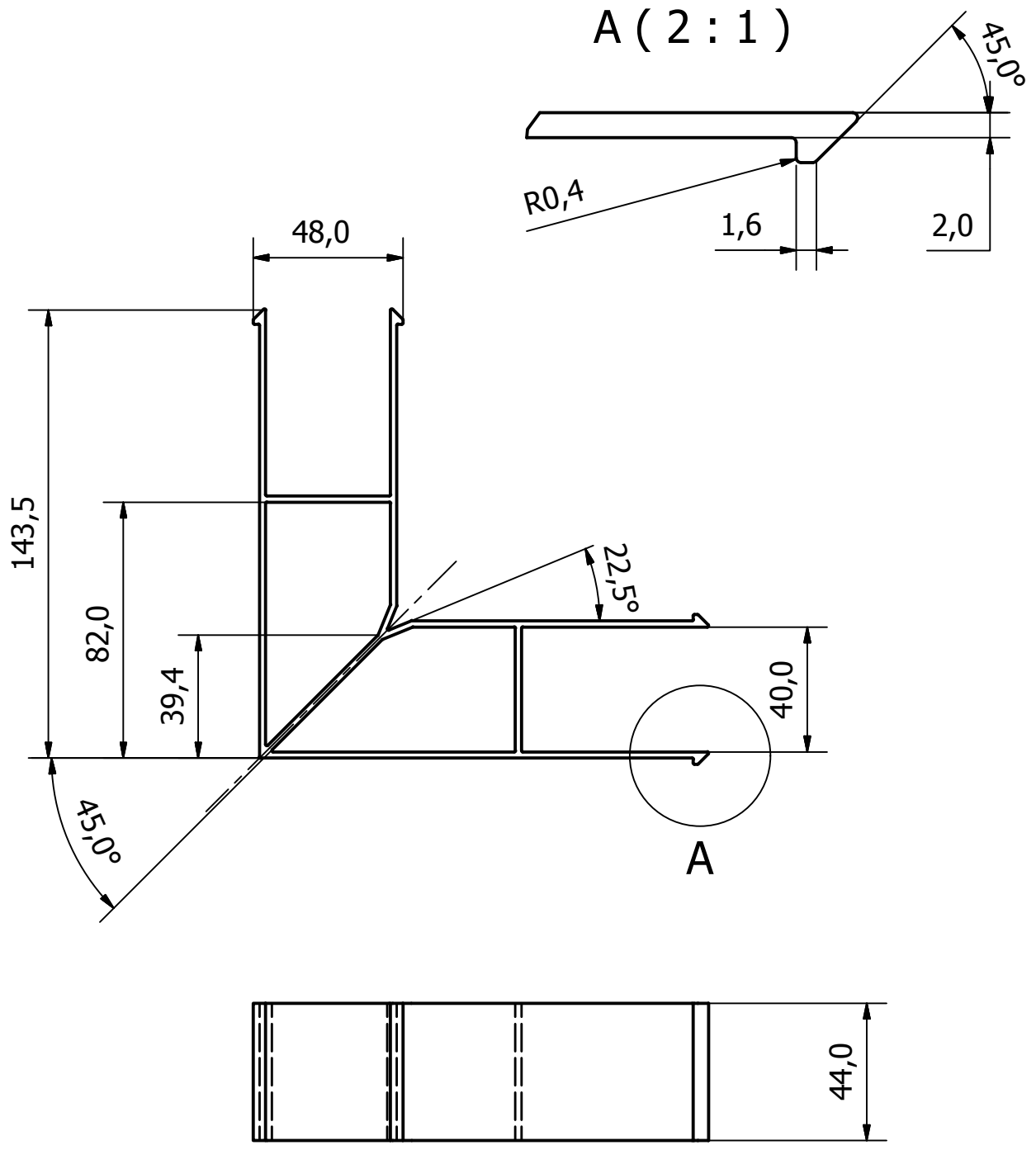
Detaljritning av profil 1

Detaljritning av profil 2



Genomgående godstjocklek: 2 mm
 Genomgående radie: 0.4 mm
 Material: EN AW-6063
 Skala: 2:1

Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	
				2014-05-19	
Glasningslist - Horisontalsnäpp			Kandidatarbete - Assa Abloy		
			glasningslist_ritning1	Edition	Sheet 1 / 1

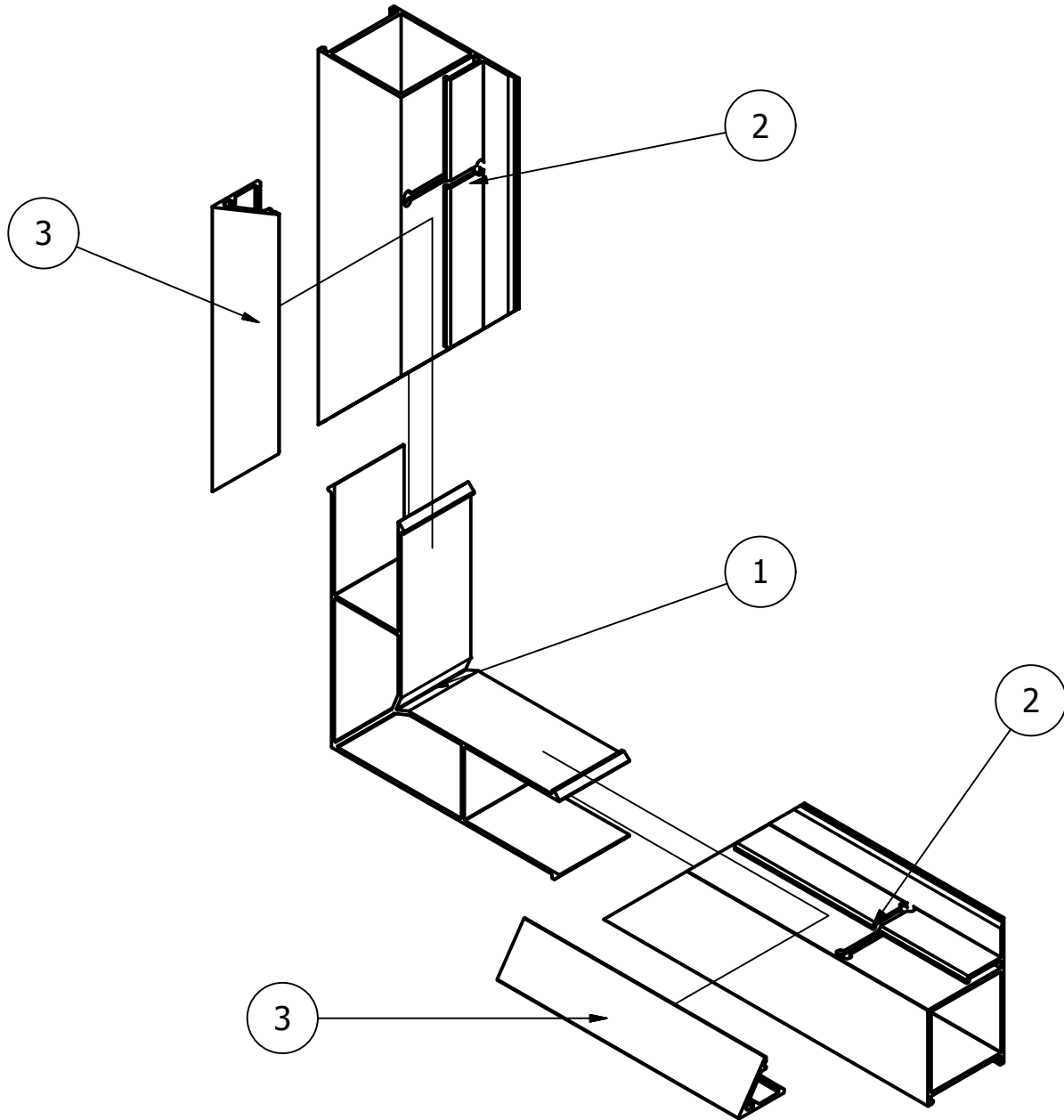


Genomgående godstjocklek: 2 mm
 Genomgående radie: 0.4 mm
 Material: EN AW-6063
 Skala: 1:2

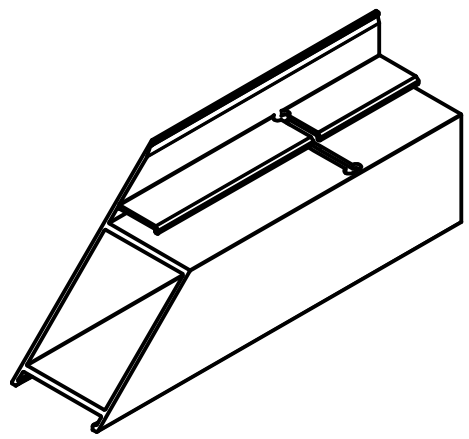
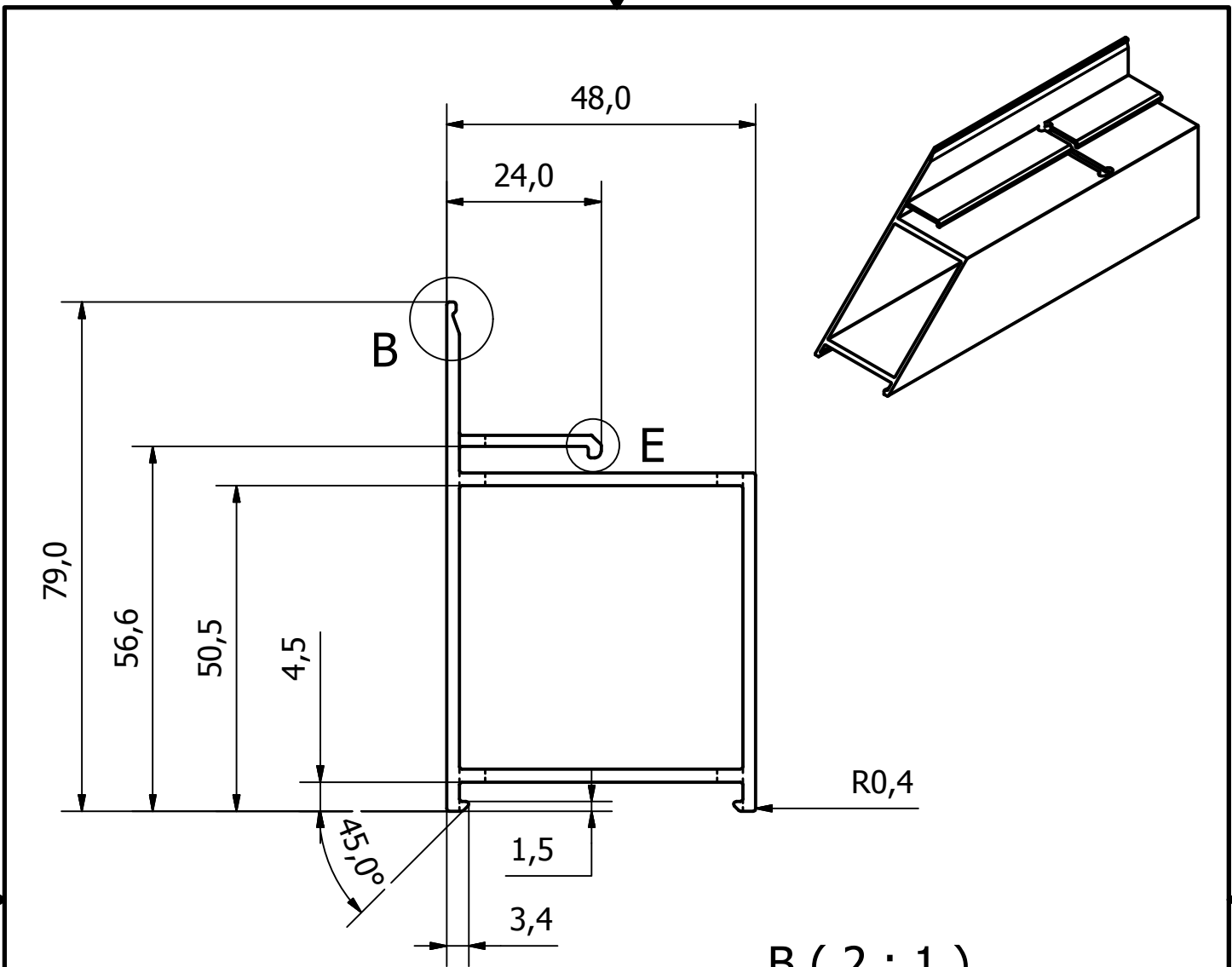
Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	
				2014-05-19	
Hörnförbindning - L-kloss			Kandidatarbete - Assa Abloy		
			hornforbindning_ritning1	Edition	Sheet
					1 / 1

PARTS LIST

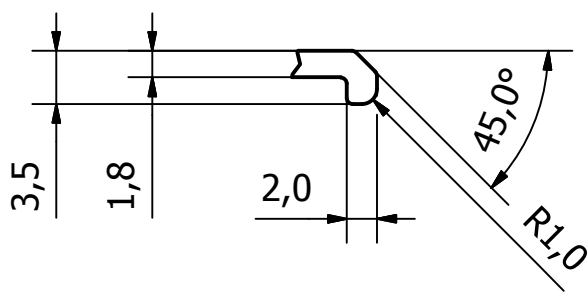
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Hörförbindning	L-kloss
2	2	Profil	Tavelram
3	2	Glasningslist	Horisontalsnäpp



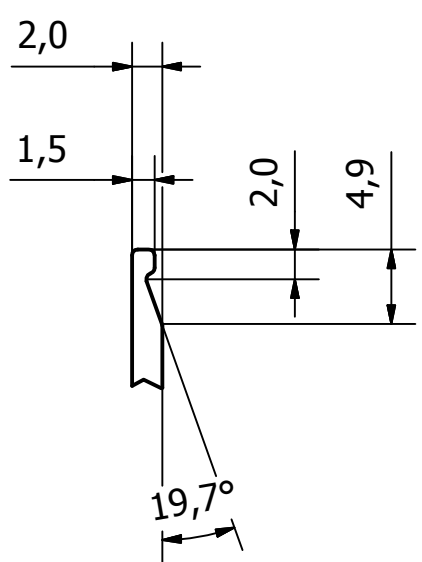
Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	
				2014-05-20	
Assembly			Kandidatarbete - Assa Abloy		
			assembly_ritning1	Edition	Sheet 1 / 1



E (2 : 1)



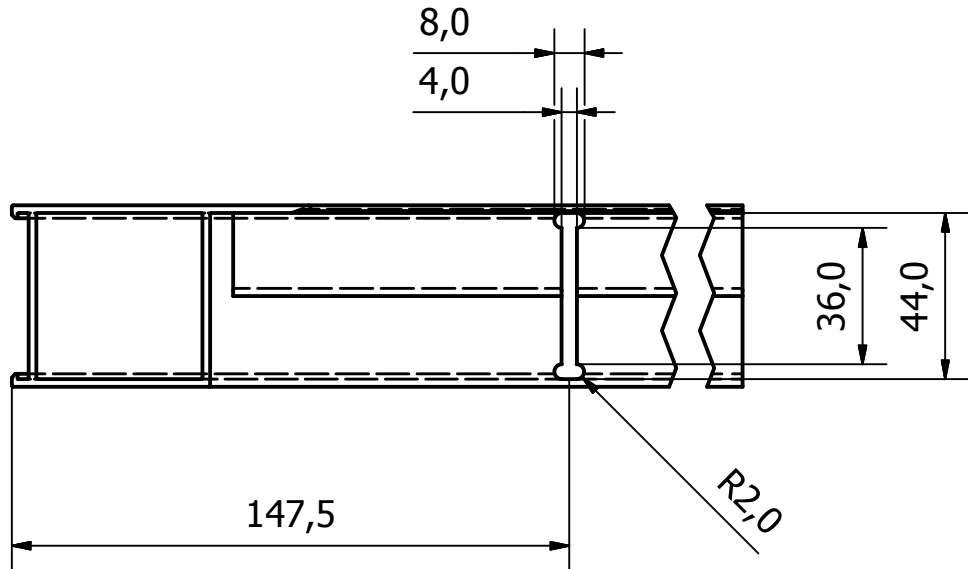
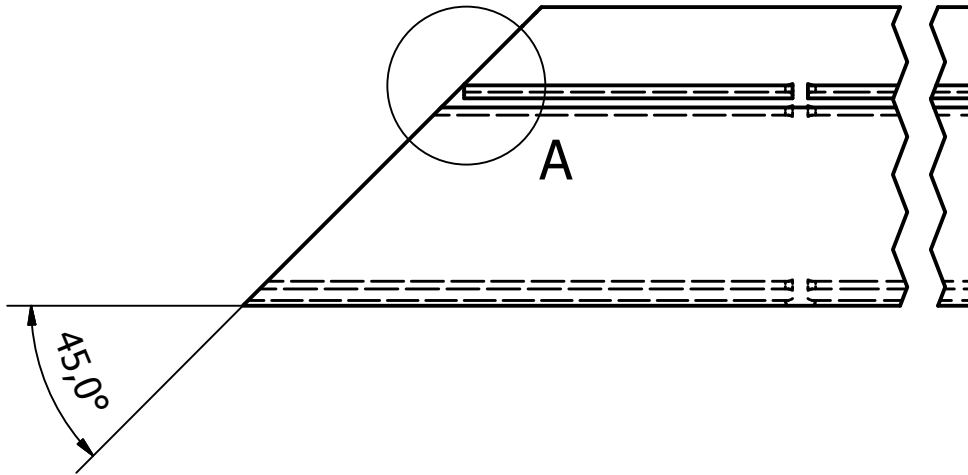
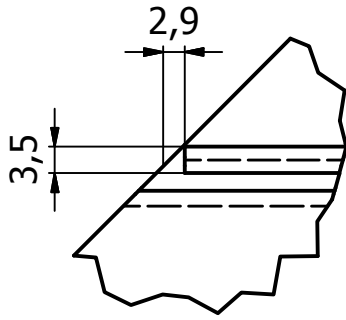
B (2 : 1)



Genomgående godstjocklek: 2 mm
 Genomgående radie: 0.4 mm
 Material: EN AW-6063
 Skala: 1:1

Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	
				2014-05-20	
Profil - Tavelram			Kandidatarbete - Assa Abloy		
			profil_ritning1	Edition	Sheet
					1 / 2

A (1:1)



Genomgående godstjocklek: 2 mm

Genomgående radie: 0.4 mm

Material: EN AW-6063

Skala: 1:2

Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	
				2014-05-20	
Profil - Tavelram			Kandidatarbete - Assa Abloy		
			profil_ritning1	Edition	Sheet
					2 / 2

