

CHALMERS



Utveckling av avfyrningshus för drönare

Med avseende på innovation inom effektiviseringen av Sjöräddningssällskapets verksamhet

Kandidatarbete i Teknisk Design

OLA DELFIN, AXEL NATHORST-WESTFELT, LUKAS RIEDEL

FILIP SVALANDER OCH THURE WALLER

Utveckling av avfyrningshus för drönare

Kandidatarbete i Teknisk Design

OLA DELFIN, AXEL NATHORST-WESTFELT, LUKAS RIEDEL

FILIP SVALANDER OCH THURE WALLER

HANDLEDARE: PONTUS WALLGREN

EXAMINATOR: ÖRJAN SÖDERBERG OCH LARS-OLA BLIGÅRD

Kandidatarbete PPUX03

Utveckling av avfyrningshus för drönare

Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet Teknisk Design

© Ola Delfin, Axel Nathorst-Westfelt, Lukas Riedel
Filip Svalander och Thure Waller

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

Omslagsfoto: Thure Waller och Ola Delfin
Tryck: Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling

SAMMANFATTNING

Drönare används idag inom många olika områden. Genom sin nätta storlek och höga funktionalitet, med bland annat möjligheter till direktströmmad video från luften, kan de ersätta dyrare alternativ som till exempel helikoptrar. Drönare har också varit med och räddat liv genom att bidra med högdetaljerade bilder från en mörkerseende kamera.

Sjöräddningssällskapet (SSRS) är en ideell organisation bestående av ungefär 2000 frivilliga sjöräddare. SSRS står för 70% av all sjöräddning på svenskt vatten, vilket görs helt utan statliga bidrag.

Det av SSRS givna uppdraget var att utveckla ett avfyrningshus som fjärrstyrt kan avfyra en drönare. Huset ska uppfylla de krav som miljö och brukare ställer, och det ska alltid vara redo att avfyra drönaren.

Genom en förståelse för den teoretiska bakgrunden om flygplansteori, samt om olika drönartyper, påbörjades en informationsinsamling. Denna utfördes genom observationer, intervjuer och benchmarking. Informationen hämtades från såväl professionella användare som amatörer. Fokus i informationsinsamlingen var att hitta vad som var möjligt att uppnå med den referensdrönare som valts, eftersom användandet av fjärrstyrt avfyrate drönare är såpass nytt.

Resultatet från informationsinsamlingen visade att det vore bra att avfyra drönaren med en vinkel på ungefär 30 grader från markplanet för att kunna flyga över föremål som är i vägen. Detta kan förhindras av vindstyrka. Observationer på plats, på tre olika sjöräddningsstationer, visade att det finns väldigt få generella placeringsmöjligheter, varför flexibilitet med placering var viktig. Eftersom sjöräddare har arbetat hårt under ett uppdrag är det också viktigt att användning av avfyrningshuset kräver en så liten insats som möjligt efter slutfört uppdrag.

Under konceptframtagningen genererades koncept genom iterationer av bland annat brainstorming och morfologisk matris. I ett nära samarbete med uppdragsgivaren genererades på så vis tre koncept. Dessa koncept stod nära kraven som ställts av uppdragsgivaren, vilket gjorde att alla koncept visade liknande resultat i utvärderingen. Därför fanns det utrymme för ett friare val av koncept för uppdragsgivaren tillsammans med projektgruppen.

I den detaljerade utformningen bearbetades det valda konceptet vidare. Konceptets delfunktioner ställdes upp och lösningsgångar presenterades. Detaljutformningen verifierar att de tänkta konstruktionslösningarna är realiserbara. Slutkonceptet marknadsför SSRS på ett bra sätt genom en hamnnära placering. Ett innovativt avfyrningssystem har utvecklats och genomgående har mekaniska funktioner kombinerats för att hålla komplexiteten på produkten nere.

ABSTRACT

Today drones are used in many fields of application. With their neat size and high functionality, together with the ability of streaming live video from the air, drones can replace more expensive options such as helicopters. Drones have also saved lives by contributing with high-resolution images, shot via night vision camera.

Swedish Sea Rescue Society (SSRS) is a non-profit organization which consists of about 2000 volunteer crew members. SSRS carry out 70% of all the sea rescue operations in Swedish waters without any funding from the government.

The assignment given by SSRS consists of the development of a launching box which can launch a drone distant-controlled. The box shall meet the requirements set by environment and users, as well as always be ready to launch the drone.

Through an understanding of the theoretical background of airplane theory and of different types of drones, a gathering of information was initiated. This gathering was conducted through observations, interviews and benchmarking. The information was collected from professional users as well as amateurs. Since the field of automatically launched drones is novel, the focus of the information gathering lied in finding what was possible to achieve with the chosen drone of reference.

The result from the information gathering shows that it is desirable to launch the drone with an angle of 30 degrees from the ground to enable it to fly over obstacles in its way. Sometimes, this can not be achieved due to wind strength. Observations made at three different sea rescue stations showed that there are very few general sites where the launching box can be placed. Therefore there is an importance of flexibility of placement. Since the lifesavers have been working hard during a mission, the mounting of the drone must be of little effort.

During the concept development, concepts were generated through iterations of among others brainstorming and morphological matrixes. In close collaboration with SSRS three concepts were developed. These concepts were in close relation to the requirements given by SSRS which made them all obtain similar results in their evaluation. Because of that, there was a possibility of an independent choice for SSRS and the workgroup.

In the detailed design the chosen concept was further developed. The sub functions of the concept were listed and paths of solutions were presented. The detailed design verifies the functionality of the construction. The final concept markets SSRS in a good way through its possibility to be placed in a harbour. An innovative launching mechanism was developed and throughout the concept mechanical functions have been combined to reach low complexity on the final concept.

INNEHÅLL

1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	2
1.2 Uppdragsbeskrivning	3
1.3 Syfte	3
1.4 Mål	4
1.5 Frågeställningar	4
1.6 Avgränsningar	4
1.7 Rapportens disposition	5
2 TEORI	7
2.1 Drönarsystem	8
2.2 Aerodynamik	9
3 METOD	13
3.1 Produktutvecklingens faser	14
3.2 Informationsinsamling	15
3.3 Analys	16
3.4 Idégenerering	17
3.5 Utvärdering	18
3.6 Kommunikerande medel	19
4 INFORMATIONSSAMLING & KRAVIDENTIFIERING	21
4.1 Genomförande	22
4.2 Allmän förståelse för drönare	22
4.3 Få drönaren luftburen	23
4.4 Återmontering	25
4.5 Placering	25
4.6 Avfyrningsvinklar	27
4.7 Säkerhetszon	29
4.8 Underlag för konceptframtagning	30
5 KONCEPTFRAMTAGNING	33
5.1 Genomförande	34
5.2 Expression board	34
5.3 Brainstorming	35
5.4 Morfologisk matris	36
5.5 Vidareutveckling av koncept	36
5.6 Hela koncept	37

5.7 Utvärdering.	43
5.8 Val av koncept	44
6 DETALJERAD UTFORMNING	45
6.1 Genomförande	46
6.2 Avfyrningshusets grundutförning	46
6.3 Skyddslåda	48
6.4 Avfyrning	50
6.5 Hissanordning	55
6.6 Pelare	60
6.7 Energiförsörjning.	63
6.8 Materialval	64
6.9 Systembeteende	67
6.10 Estetik/uttryck	68
7 SLUTKONCEPT	73
7.1 Genomförande	74
7.2 Presentation av slutkoncept	74
7.3 Fysiska modeller.	78
7.4 Prispild	78
7.5 Utvärdering.	79
8 DISKUSSION	83
8.1 Metod och genomförande	84
8.2 Resultat	85
8.3 Förslag till vidareutveckling	86
9 SLUTSATS	87
9.1 Syfte och frågeställningar	88
KÄLLFÖRTECKNING	89
BILAGOR	93

1

INLEDNING

Kapitlet ger en inledning till rapportens studie. Detta görs genom bakgrund, syfte och mål, frågeställningar, avgränsningar och avslutningsvis hur rapportens disposition är upplagd.

1.1 Bakgrund

Idag har utvecklingen kommit otroligt långt kring flygande drönare. Spridningen mellan vilka uppdrag en drönare klarar av är fascinerande. De används bland annat för att göra detaljerade 3D-kartor och för att göra inspektioner en helikopter annars hade gjort. Ett område där en drönare verkligen gör nytta visade sig första gången i maj 2013. En man hade kraschat med sin bil i de kanadensiska ödemarkerna och efter att en helikopter med utrustning för eftersök i mörker inte lyckats hitta olycksoffret fortsattes eftersöket med en drönare. Denna drönare hade en vanlig kamera och en värmekamera monterad, vilket till slut ledde till att den olycksdrabbade mannen kunde lokaliseras. Ett tillfälle där en drönare gjort skillnaden mellan liv och död. (Handwerk 2013)

Sjöräddning i Sverige bedrivs enligt en modell som rekommenderas av FN där Sjöfartsverket har det juridiska ansvaret för sjöräddning. Sjö- och flygräddningscentralen tar i sin tur emot alla sjöräddningslarm och beslutar om lämplig insats och larmar ut räddningsresurser. (Sjöräddningssällskapet 2014)

Sjöräddningssällskapet (SSRS) är en av de räddningsresurser som larmas ut och står idag för 70% av alla sjöräddningsuppdrag på svenskt vatten. SSRS är en ideell organisation bestående av cirka 2000 frivilliga sjöräddare. De får inga statliga bidrag och är därmed helt beroende av donationer och frivilligt arbete. (Sjöräddningssällskapet 2014)

För att effektivisera sjöräddningsarbetet driver SSRS flertalet utvecklingsprojekt, där ett av dessa projekt berör användandet av drönare inom sjöräddning. Med ett införande av drönare inom SSRS verksamhet uppstår flera olika möjligheter. Systemet skulle möjliggöra att besättningen som ska rycka ut på ett larm kan få en bild av olycksområdet innan de bemannar sina båtar. Drönarna skulle även kunna hjälpa till att göra ett eftersök för att lokalisera en nödställd. En annan möjlighet som skapas är att SSRS centralt skulle kunna ge stöd åt sjöräddarna på plats under en pågående räddningsinsats.

En vision som finns kring projektet att använda drönare inom SSRS är att ha en drönare per sjöräddningsstation, cirka 70 stycken runt den svenska kusten. För att möjliggöra implementeringen

av drönare inom SSRS organisation skulle därför autonoma avfyrningshus vara till stor hjälp. Dessa skulle då kunna skötas fjärrstyrt av en och samma pilot, vilket skulle minska både arbetsbelastning och avfyrningstid drastiskt. Båda faktorerna är avgörande för ett effektivt drönarsystem för SSRS.

1.2 Uppdragsbeskrivning

Genom möten under de tidiga faserna i projektet gavs en bild av hur uppdraget skulle se ut. Ett hus för drönaren skulle tas fram och nedan listas de kriterier som gavs inför utvecklingen av detta.

- Drönarhuset ska avfyra drönaren utan att någon är på plats.
- Drönaren ska placeras i sitt hus av en sjöräddare.
- Drönarhuset ska ge drönaren laddning och skydd från väder året runt.
- Drönarhusets funktioner ska inte begränsas av is eller snö.
- Huset ska skydda drönaren från stöld och skadegörelse.
- Drönarhuset behöver antagligen känna av vinden för att möjliggöra avfyrning mot vinden.
- Drönarhuset ska möjliggöra säker avfyrning så att ingenting är i vägen.
- Drönarhuset ska medföra minimal miljöpåverkan.

1.3 Syfte

Att genom en strukturerad produktutveckling visa en konkret och realistisk produkt för hur Sjöräddningssällskapets vision kring drönare skulle kunna realiseras.

1.4 Mål

- Identifiera vilka krav som ställs av brukare, kontext och företag med avseende på ett framtida drönarhus.
- Utveckla ett koncept som uppfyller de krav som ställs av brukare, kontext och företag. Detta koncept ska vara en fysisk funktionsprototyp tillsammans med skisser och renderingar.

1.5 Frågeställningar

- Vilka geografiska förutsättningar finns för ett drönarhus?
- Hur kan en säker avfyrning säkerställas?
- Hur avfyras en drönare bäst vid olika vind- och väderförhållanden?
- Hur konstrueras ett drönarhus bäst för att tåla väder?
- Hur kan ett drönarhus hjälpa till att marknadsföra SSRS och främja donationer?
- Hur görs ett drönarhus så arbetseffektivt som möjligt ur en sjöräddares synvinkel?

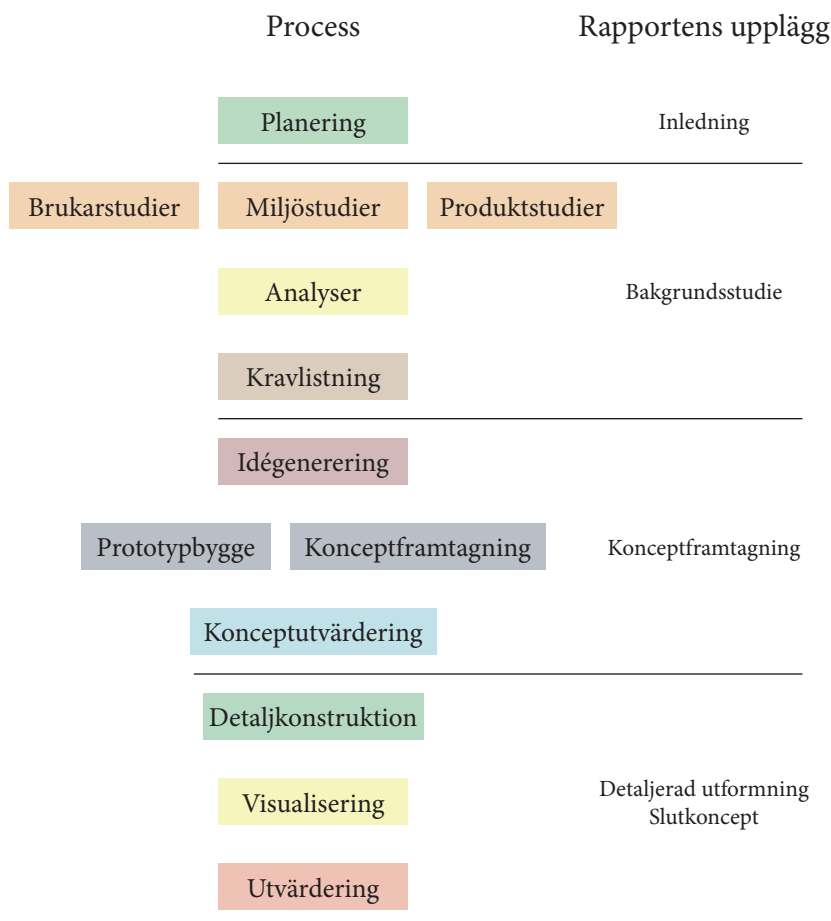
1.6 Avgränsningar

Detta projekt kommer behandla vilken information och vilka möjligheter en pilot har vid avfyrning, men inte hur dennes användargränssnitt kommer se ut eller hur avfyrningen kommer opereras.

Det finns flera olika typer av drönare på marknaden. Den typ av drönare som valts för detta projekt är en typ som består av endast en fast vinge. Detta för att drönartypen har en robust konstruktion och tillåter betydligt längre aktionstid. SSRS har för sitt projekt hittat en drönare som passar in på deras krav, varför denna valts som referens för detta projekt. Den heter Bramor C4EYE och tillverkas av C-Astral.

1.7 Rapportens disposition

Figur 1.1 nedan illustrerar sambandet mellan rapporten och det produktutvecklingsarbete rapporten berör. Rapporten börjar med tre basbyggande kapitel: inledning, teori och metod, där läsaren ges en bakgrund och introduktion till produktutvecklingen. Därefter följer fyra resultatkapitel där processen beskrivs i detalj. Det sista resultatkapitlet, slutkoncept, ämnar att ge en komplett bild av vad produktutvecklingsarbetet resulterade i. Därefter följer diskussion som problematiserar resultatkapitlen och dess genomförande. Slutsatsen är det sista kapitlet och svarar till syfte och mål från inledningen.



Figur 1.1
Samband mellan rapport och produktutvecklingsarbete.

2 TEORI

Teorikapitlet ger värdefull teori som behövs för förståelse av senare delar i rapporten. Här tas bland annat allmän flygplansteori och aerodynamik upp.

2.1 Drönarsystem

2.1.1 C-Astral Bramor C4EYE

C-Astral är ett företag som specialiserar sig på drönare, luftburen bevakning och bildprocessering. Företagets drönarmodell Bramor C4EYE är den modell som används som referensdrönare för det här projektet. Modellen är specialiserad på direktströmmad video för eftersök och övervakning. Idag används den bland annat för övervakning inom räddningstjänsten och inom skogsnäringen. Bramor C4EYE används vidare för översvämningsbevakning, skogsbrandsövervakning samt för diverse militära bruk. (C-Astral 2014)

Ett drönarsystem från C-Astral består av en drönare, en datorenhet på marken och en avfyringsramp. Systemet fungerar så att användaren först programmerar in en flygrutt på datorn, sedan skickas drönaren iväg med hjälp av rampen. Väl i luften styrs drönaren automatiskt efter den inplanerade rutten. Drönaren skickar direktströmmad video till datorenheten så att användaren kan se det drönaren filmar i realtid. Användaren kan även styra drönarens kamera eller korrigera flygrutten efter eventuella önskemål. Efter avslutad flygning landar drönaren med hjälp av fallskärm på ett bestämt område med en träffsäkerhet på 30x30 meter. Drönaren är vattentät och kan därför landa även i vattnet. Drönarens flygning styrs av kombinerade höjd- och skevroder. Specifikationer för drönaren presenteras i tabell 2.1. (C-Astral 2014)

2.1.2 Trimble UX5

Trimble är ett företag som utvecklar avancerad mät- och positioneringsutrustning för byggarbetsplatser. Som ett led i deras produktkedja finns drönaren UX5 med inbyggd kamera för kartläggning av stora ytor. Drönarens konstruktion och form liknar Bramor C4EYE mycket, men den skiljer sig något i specifikationerna, se exakt jämförelse i tabell 2.1. Den största skillnaden är att UX5 är mindre och har kortare batteritid. Avfyrningen av drönaren sker med en fällbar ramp och en elastisk lina som spänns upp för hand. UX5 har, precis som Bramor C4EYE, endast kombinerade höjd- och skevroder. (Trimble Navigation Limited 2013)

	C-Astral Bramor C4EYE	Trimble UX5
Vingspann	230 cm	100 cm
Total längd	96 cm	65 cm
Vikt	4,5 kg	2,5 kg
Avfyrningshastighet	15-16 m/s	-
Cruise speed	16 m/s	22,2 m/s
Max hastighet horisontellt	30 m/s	-
Stallfart	13 m/s	-
Drifftid	3 h	50 min

Tabell 2.1
Specifikationer för C-Astral
Bramor C4EYE och Trimble UX5.

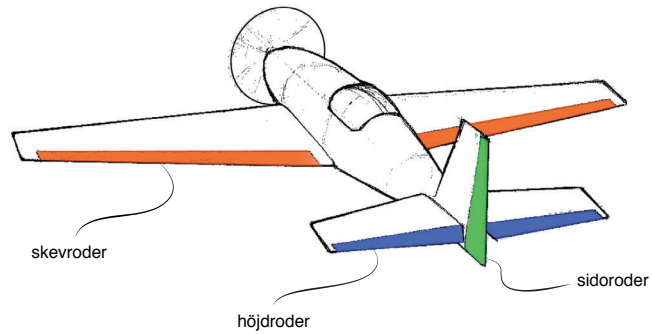
2.2 Aerodynamik

2.2.1 Allmän flygplansteori

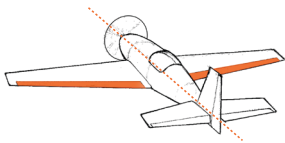
När luft strömmar över en vinges ovan- och undersida bildas olika tryck. Längs vingens ovasida rör sig luften snabbare än längs undersidan, på grund av vingens krökning. Därför blir trycket lägre på ovasidan. Är tryckskillnaden mellan ovan- och undersidan tillräckligt stor kommer vingen att få den lyftkraft som behövs för att planet ska flyga. (White 2011)

Vinkeln mellan vingen och luften kallas anfallsvinkeln. Om anfallsvinkeln är för stor tappar vingen lyftkraft och kommer i en så kallad stall. Stall är mycket kritiskt och skall undvikas. (White 2011)

Ett flygplan styrs med ett antal roder; skevroder, sidoroder och höjdroder (figur 2.1). När ett roder ger utslag ändras luftflödet kring ytan och får planet att ändra riktning. På nästa sida illustreras de olika rodren och hur de påverkar flygplanets rörelseriktning.

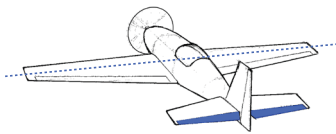


Figur 2.1
Flygplans olika typer av roder:
skevroder, höjdroder och sidoroder. ►



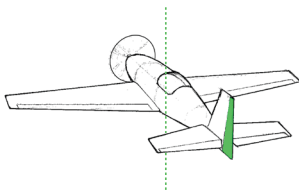
Figur 2.2
Skevroder med rotationsaxel.

Skevroder ändrar vingarnas lyftkraft, om det ena skevrodret vinklas nedåt och det andra uppåt kommer planet att rotera kring sin longitudinella axel enligt figur 2.2.



Figur 2.3
Höjdroder med rotationsaxel.

Höjdrodren påverkar lyftkraften i planets stjärtfena. Ökas lyftkraften kommer planet att gira nedåt och vice versa. Detta illustreras i figur 2.3 till vänster.



Figur 2.4
Sidoroder med rotationsaxel.

Sidorodren roterar flygplanet kring sin vertikala axel. Trycket minskar på ena sidan av stjärtfenan vilket får flygplanskroppen att ändra riktning åt motsatta hållet. Se figur 2.4 till vänster. När ett flygplan ändrar kurs samverkar alla roder.

2.2.2 Gränsskikt och släppning

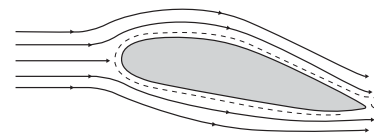
När ett luftflöde strömmar över en vinge skapas ett så kallat gränsskikt se figur 2.5. Det är i regel mycket tunt. I gränsskiktet flödar luftströmmen med lägre hastighet än planets totala hastighet. Hastigheten på luftflödet i gränsskiktet är mycket låg precis på ytan och ökar fram till gränsen på gränsskiktet där luftflödet håller samma totala hastighet som planet. Denna hastighetsskillnad kommer ge upphov till ett varierande tryck inne i gränsskiktet. (White 2011)

Gränsskiktet som skapas när luft strömmar över en vinge vill följa vingens form. Hur långt det följer beror bland annat på vingens geometri och ytstruktur samt med vilken anfallsvinkel luftströmmen träffar vingen. När gränsskiktet slutar följa vingens form kallas det för släppning. Vingens lyftkraft beror på i vilken punkt längs vingen släppningen sker, se figur 2.6. Den största lyftkraften uppkommer när släppning sker så långt bak som möjligt. (White 2011)

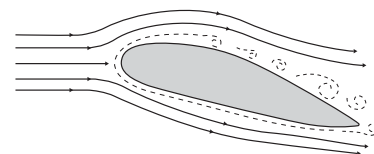
2.2.3 Anfallsvinkel och stall

Flygplansvingar är utformade så att de är rundade på sidan vänd mot den tänkta färdriktningen och avsmalnande mot den bakre delen. Mellan den punkt som befinner sig längst fram på vingen och längst bak går en linje som kallas för korda. Vinkeln som uppstår mellan kordan och den riktning som vinden har när den träffar vingen kallas för anfallsvinkeln. Anfallsvinkeln kommer påverka lyftkraften som verkar på vingen samt luftmotståndet.

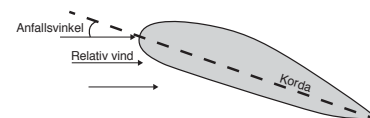
Varje vingprofil har ett spann av vinklar där den får tillräcklig lyftkraft för att flyga. När anfallsvinkeln blir för stor kommer trycket i gränsskiktet att bli allt högre längre fram på vingens ovansida. När trycket blir för högt kommer släppningen att ske så pass tidigt att gränsskiktet inte följer ovansidan av vingen över huvudtaget. Det kommer att leda till att vingen tappar all lyftkraft och planet hamnar i stall, den anfallsvinkel som detta uppstår vid kallas för stallvinkeln. Vid stall har planet ingen lyftkraft, vilket leder till en snabb höjdminskning. Det är mycket kritiskt och kan leda till haveri. (White 2011)



Figur 2.5
Vinge med det gränsskikt som skapas när luft strömmar över den.



Figur 2.6
Släppning som sker långt upp på vingen och medför låg lyftkraft.



Figur 2.7
Illustration av vingens anfallsvinkel och korda.

3

METOD

Metodkapitlet är tänkt att fungera som ett uppslagsverk. Detta för att en insatt läsare lättare ska kunna ta till sig kommande delar av rapporten utan att störas av metodförklaringar. Detta kapitels struktur är tematisk och inte kronologisk som det följer i rapporten. Det är gjort för att vissa metoder används under flera olika steg i processen.

3.1 Produktutvecklingens faser

En produktutvecklingsprocess består av olika faser som kan komma att behöva genomgå ett flertal gånger för att iterativt komma fram till en produkt som uppfyller kraven på ett tillfredsställande sätt. Vid nyutveckling av en produkt kan produktutvecklingsprocessen komma att gå igenom följande grundläggande faser. (Johannesson 2013)

Målsättningar

Här etableras vad som ska åstadkommas med projektet och vilka begränsningar som finns. Vad uppdragsgivaren vill ha omsätts i konkreta mål.

Informationsinsamling och kravidentifiering

En objektiv problemanalys genomförs för att etablera vilka krav som kommer ställas på den färdiga produkten och vilka funktioner som kommer behövas för att lösa problemet. Anledningen till att problemanalysen är objektiv är för att ge möjlighet att få med ett så brett spektrum av lösningar som möjligt när det sedan kommer till konceptframtagning. Det görs genom att undvika att specificera potentiella lösningar, utan istället hänvisa till varför vissa lösningar behövs.

Konceptframtagning

Utgående från de krav som fastställts i informationsinsamlingen kommer ett antal olika lösningskoncept tas fram för att sedan jämföras med varandra och fastställa några koncept som löser problemet bra.

Utvärdering av koncept

Här kommer koncepten som tagits fram undersökas för att till slut komma fram till en lösning som uppfyller kraven på bästa sätt och därmed kommer användas för vidare detaljkonstruktion.

Detaljkonstruktion

Det koncept som valdes ska nu vidareutvecklas mer detaljerat för att få fram en konstruktion som kan tillverkas.

3.2 Informationsinsamling

3.2.1 Intervju

Intervjuer är en frågebaserad metod för att direkt kunna fråga exempelvis brukaren eller någon sakkunnig. En intervju kan ha olika strukturnivå beroende på vad som önskas få ut av den. För att göra en helt strukturerad intervju genomförs den med förbestämda frågor som är samma för alla personer. Detta leder till att en enkel och precis jämförelse kan göras mellan dessa för att få fram eventuella mönster. För att genomföra en ostrukturerad intervju utgår man från förutbestämda teman när frågeställaren intervjuar. Dessa teman diskuteras relativt fritt och möjliggör att intervjun kan styras åt det håll intervjupersonen vill. Man kan därmed få mer djupgående svar. Mellan dessa strukturnivåer finns semi-strukturerad nivå för de gånger då både lättanalyserade svar men även mer djuplodande förklaringar söks. (Wallgren 2013)

3.2.2 Observation

Observation är en metod för att kunna registrera en användnings-situation. En observation kan, som ovan beskrivs kring intervjuer, ha olika grad av struktur. Ett sätt att observera är genom deltagande observation. Detta betyder att observatören själv deltar i det scenario som ska observeras. En annan metod är en direkt observation som innebär att på håll och utan deltagande observera ett scenario. För att registrera observationer kan tekniska hjälpmedel användas, exempelvis videokamera. Observationen kan också registreras endast med ett anteckningsblock. (Wallgren 2013)

3.2.3 Benchmarking

För att få en inblick i vilka liknande produkter eller system som finns på marknaden görs en marknadsundersökning, eller benchmarking. Undersökningen ska hållas bred för att hitta lösningar på andra problem som kan appliceras inom projektets ramar. Dessa lösningar kan sedan användas i det egna utvecklingsarbetet som inspiration. Det kan också hända att vissa lösningar går att ta del av och använda i den slutgiltiga konstruktionen. (Bohgard et al. 2011)

3.3 Analys

3.3.1 Funktionsanalys

Vid utformandet av en produkt är det viktigt att ta reda på vilka uppgifter som produkten faktiskt ska utföra och därmed vad dess huvudsakliga funktion kommer vara, alltså anledningen till att produkten överhuvudtaget finns. Att uppfylla huvudfunktionen hos produkten kan innebära att den behöver bestå av ett antal delfunktioner som när de samverkar leder till att produkten utför den tänkta huvudfunktionen.

Att utföra en funktionsanalys leder till att risken för att ett projekt riktar in sig på en speciell lösning i början av processen minskar. Istället är det själva funktionerna hos produkten som kommer betraktas när potentiella lösningar till problemet tas fram. Dessutom kommer lösningar till hur varje delfunktion kan lösas tas fram och sedan kombineras ihop för att få fram många olika koncept. (Österlin 2011)

3.3.2 Kravspecifikation

Att uppföra en kravspecifikation är en metod som går ut på att konkretisera problemformuleringen med avseende på satta krav och önskemål. Detta för att få en enhetlig bild över projektets mål. De krav och önskemål som sätts är sådana som uppdragsgivaren har satt tillsammans med de som har uppkommit i samband med bland annat funktionsanalysen. Dessa kriterier listas i ett dokument och om möjligt ska alla kraven som ställs på ett eller annat sätt vara mätbara. Detta görs med syftet att koncepten vid utvärderingen ska kunna kontrolleras gentemot kravspecifikationen för att se hur bra de uppfylls.

Kraven som ställs ska formuleras så att de är helt lösningsberoende för att kunna tillåta att olika sorters lösningar ska kunna användas för att uppfylla kraven och inte låsas på någon specifik lösning. Eftersom kravspecifikationen beskriver vad som måste uppfyllas av produkten kan detta underlätta arbetet under konceptgenereringsfasen. Detta då olika dellösningar som uppfyller de olika kraven kan tas fram och sedan kombineras för att få alla kraven uppfyllda. (Johannesson 2013)

3.3.3 Hållbarhetsanalys

En hållbarhetsanalys görs för att analysera vilka material som har vilken negativ påverkan på miljön. Den analysmetod som använts i detta projekt kretsar kring Okala Impact Factors 2014. Det är ett register där material, bearbetningsprocesser och ytbehandlingar givits poäng i förhållande till hur mycket de påverkar miljön. (White 2013)

3.3.4 Hållfasthetsanalys

Finita elementmetoden kan användas vid hållfasthetsberäkningar. Strukturen delas upp i en förutbestämd mängd element och löser differentialekvationer för varje element. Resultatet kan med hjälp av datorprogram bli tydliga visualiseringar av spänningsfördelningar. Det kan också visualisera spänningskoncentrationer, både var de uppstår och hur stora de är. (Ottosen et al. 1992)

3.4 Idégenerering

För att hjälpa den kreativa processen med att ta fram nya idéer finns strukturerade metoder som beskrivs nedan.

3.4.1 Brainstorming

Brainstorming är en kreativ metod för att generera idéer till koncept. En brainstorming genomförs under en kort tidsperiod och låter de medverkande föra fram alla idéer till lösningar som de kommer att tänka på under denna tidsperiod. Eftersträvan under en brainstorming är att komma fram till så många idéer det går.

Detta kan även utföras för att komma fram med dellösningar som därmed löser de olika delmomenten som den färdiga produkten ska utföra för att kunna uppfylla sin huvudfunktion. Då utförs brainstormingen ett flertal gånger där varje omgång behandlar olika delfunktioner hos produkten. (Johannesson 2013)

3.4.2 Morfologisk matris

Dellösningar som tagits fram för att kunna lösa produktens olika delfunktioner kommer på ett systematiskt vis behöva kombineras ihop för att tillsammans kunna utföra den huvudfunktion som slutprodukten är tänkt att ha. Denna kombination kan genomföras i en morfologisk matris, där lösningarna till varje delfunktion förs in på en egen rad i matrisen. Sedan kombineras de olika dellösningarna i matrisen genom att dra linjer mellan dellösningarna och bilda totallösningar. Dessa totallösningar blir därmed de koncept som kommer undersökas vidare och som förhoppningsvis kommer uppfylla alla de krav som ställs på produkten. (Johannesson 2013)

3.5 Utvärdering

När ett antal olika koncept har tagits fram behöver dessa utvärderas för att kunna komma fram till vilket av dessa som bäst uppfyller den huvudfunktion som produkten ska ha. Detta inleds med att direkt sålla bort de koncept som överhuvudtaget inte uppfyller de krav som ska uppfyllas. Koncepten som möjligtvis kan uppfylla kraven men är helt orimliga att konstruera kommer också att sällas bort. Metoder som används för att på ett strukturerat sätt ta fram det koncept som bäst lämpar sig för uppgiften beskrivs i avsnitten nedan. (Johannesson 2013)

3.5.1 Pughmatris

En pughmatris är en relativ beslutsmatris där kriterier från kravspecifikationen tas upp och koncepten jämförs gällande vilket koncept som bäst uppfyller kriterierna. Dessa jämförelser genomförs iterativt genom att olika koncept används som referens vid varje iteration. Detta innebär att de koncept som undersöks i pughmatrisen endast jämförs med hur de uppfyller kraven i jämförelse med referensen, de jämförs inte med alla andra koncept. Pughmatrisen är ibland oviktad och poängen tilldelas som “- 0 +”, ett koncept tilldelas “-” om det uppfyller kriteriet sämre än referensen, “0” om det uppfyller kriteriet lika bra som referensen och “+” om det är bättre. Dessa summeras ihop för alla kriterier och totalpoängen jämförs sedan mellan koncepten för att få en uppfattning om det finns koncept som är tydligt bättre eller sämre än

de andra. Möjlighet finns även att kombinera bra sidor av de olika koncepten för att kunna ta fram ett koncept som uppfyller alla kriterier på ett tillfredsställande sätt. (Johannesson 2013)

3.5.2 Kesselringmatris

För att på ett annat sätt utvärdera koncept kan en viktad beslutsmatris användas. Denna behandlar de önskemål som ställts i kravspecifikationen samt hur viktiga dessa önskemål anses vara. Önskemålets vikt värderas på en skala från 1-5. Ett önskemål som anses vara viktigare har en högre poäng. Sedan jämförs de olika koncepten. Varje önskemål genomgås hos koncepten baserat på hur väl de uppfyller önskemålen på en skala från ett till fem. Detta multipliceras sedan med hur önskemålet är viktat och summeras ihop. Poängen som koncepten erhåller jämförs sedan relativt med en idealprodukts poäng som är tänkt att ha full poäng i alla kategorier. Detta ger en översikt om hur varje koncept förhåller sig till den optimala produkten. Det koncept som till slut ligger närmast idealprodukten är det som anses lösa uppgiften på bästa sätt. (Johannesson 2013)

3.6 Kommunicerande medel

3.6.1 Skiss

För att på ett enkelt och snabbt sätt kunna visualisera idéer kan skisser användas. Denna metod lämpar sig för utomstående så väl som för diskussioner inom en projektgrupp. En skiss är ibland tydligare och ger lättare förståelse om en idé än om endast en beskrivning genom ord redovisas. Grundläggande skisser går även relativt snabbt att få fram och kräver därmed inte mycket extra arbete för att kunna framhäva den idé som ska förmedlas. (Österlin 2011)

3.6.2 Expression board

En expression board används vid produktveckling när det kommer till att beskriva det uttryck som det är tänkt att en produkt ska förmedla, baserat på hur produkten är utformad. Den består av bilder som representerar produktens uttryck gällande bland annat material, form, färg samt metafor som ska efterliknas hos produkten.

En expression board är även ett verktyg att ha som inspiration vid produktutformandet då det genom expression boarden är fastställt hur produkten ska uppfattas. (Wikström 2013)

3.6.3 Funktionsmodeller

Fysiska funktionsmodeller är ett effektivt sätt att grundläggande testa om idéer överhuvudtaget kommer fungera i praktiken. Dessa modeller kommer inte nödvändigtvis se ut som den slutgiltiga produkten utan fokus ligger på funktion och användning av produkten. De kommer även ge en uppfattning om produktens egentliga storlek om modellen görs i fullskala. (Johannesson 2013)

3.6.4 CAD-modeller

Att tillverka modeller i CAD innebär att tillverka tredimensionella modeller i ett CAD-program på en dator. Dessa modeller som konstrueras kan utformas till att se ut precis som den slutgiltiga produkten kommer se ut. CAD-modellen kan därmed användas som ett visualiseringsverktyg för att ge de involverade i projektet, men även utomstående en exakt bild över hur produkten kommer se ut redan innan den har gått i produktion. 3D-modellen kan även användas som underlag när det kommer till simuleringar och grundläggande beräkningar som kan tänkas utföras för att säkerställa att produkten klarar de krav som ställs på den.

Eftersom alla dimensioner och former är bestämda och utsatta på 3D-modellen kommer dessa modeller sedan bli ett bra underlag för att ta fram ritningar som kan användas vid tillverkning av produkten. (Österlin 2011)

4

INFORMATIONSSINSAMLING & KRAVIDENTIFIERING

Detta kapitel ämnar att undersöka vilka möjligheter och begränsningar som finns vid utveckling av ett avfyrningshus för sjöräddningssällskapet.

4.1 Genomförande

Underlaget för konceptframtagningen togs fram genom en informationsinsamling som innefattade ett flertal olika metoder och moment. Första steget gick ut på att skapa en tydlig bild av drönare, hur de fungerar och används. Detta genomfördes genom informationssökning på internet och i böcker. En stor del av detta arbete innebar också att undersöka olika typer av drönare och utskjutningsanordningar som fanns på marknaden i en så kallad benchmark.

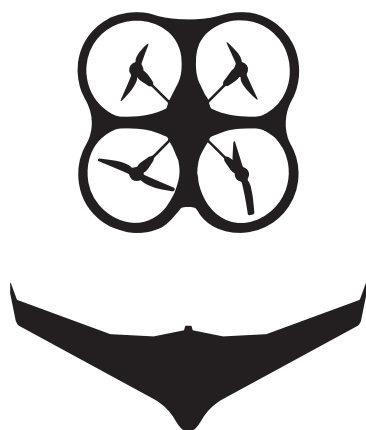
Efter den första benchmarkingprocessen genomfördes mer ingående studier på kraftbehovet vid avfyrning av drönaren och vilka vinklar som skulle vara möjliga att skjuta ut den i. För att få fram var drönarhuset skulle kunna placeras genomfördes empiriska studier på tre sjöräddningsstationer. Under besöken på stationerna intervjuades sjöräddare för underlag när det gällde återmonteringen av drönaren i huset. Det handlade om att få en förståelse för hur sjöräddarnas arbete ser ut efter avslutat uppdrag. Ytterligare ett område som undersöktes var säkerhetszonen som skulle krävas vid avfyrning av drönaren och hur den skulle påverkas vid ett haveri av planet.

Materialet från informationsinsamlingen sammanställdes till en funktionsanalys och en kravspecifikation som kom att ligga till grund för konceptframtagningen.

4.2 Allmän förståelse för drönare

Det som upptäcktes vid fördjupning inom drönarområdet var ett väldigt stort spann av produkter. Det finns drönare avsedda för hobbybruk för några hundralappar till drönare avsedda för militär användning för miljontals kronor. De produkter som låg närmast det som SSRS var ute efter var drönare avsedda för övervakning eller lantmäteri, dessa undersöktes därför mer noggrant.

Även för övervakning och lantmäteri fanns ett flertal olika drönare att välja mellan. Det förekom modeller av helikoptertyp samt modeller av flygplanstyp (figur 4.1). Modellerna av helikoptertyp valdes bort av uppdragsgivaren framför allt då de inte har den långa aktionstid som en flygplanstyp har.



Figur 4.1
Drönare av helikoptertyp
respektive flygplanstyp.

De två modeller av drönare som har undersökts mest är C-Astral Bramor C4EYE och Trimble UX5. Då C-Astral inte har någon återförsäljare i Sverige var det svårt att få tillgång till den drönaren i verkligheten. Trimble däremot har ett flertal återförsäljare i Sverige, varav en finns i Göteborg. Återförsäljaren av Trimbles drönare i Göteborg kontaktades och en demonstration av Trimble UX5 med ramp genomfördes i deras butik. Tyvärr fanns inte möjlighet till testflygning.

4.3 Få drönaren luftburen

När en tydlig bild av drönare rent allmänt hade skapats gällde det att undersöka djupare hur dessa drönare skulle fås luftburna. Det första steget för detta blev att undersöka hur dagens lösningar såg ut. Det fanns i huvudsak en metod som användes för drönare av liknande storlek och egenskaper som de SSRS efterfrågade, nämligen en vinklad ramp. Ramperna hade en vinkel på mellan 10 och 30 grader från markplanet och var för det mesta hopfällbara.

4.3.1 Avfyrningsmekanismer

I undersökningarna som utförts upptäcktes två typer av avfyrningsmekanismer som användes på dagens ramper, dels mekanismer med gummiband och dels pneumatiska lösningar. De olika lösningarna har olika för- och nackdelar som tas upp här nedanför.

Gummiband

Enklast och vanligast på dagens ramper är att kraften genereras av gummiband som spänns upp med hjälp av en vev. Detta är en billig och enkel konstruktion som uppfyller kraven som ställs på de flesta ramper. En annan fördel med gummibanden är att det enkelt går att skapa fällbara ramper. Det negativa med att använda gummiband i rampen är att gummits elastiska egenskaper försämras vid låga temperaturer samt att de inte kan hållas förspända under lång tid.

Pneumatisk

I de pneumatiska lösningarna trycksätts en pneumatisk cylinder med luft. I cylindern finns en kolv som överför lufttrycket till mekaniskt arbete som i sin tur avfyrar drönaren. Fördelarna med denna typ av system är att de kan hållas startklara och fungerar i alla temperaturer. Nackdelarna är att de är mer komplicerade än lösningen med gummiband då de i dagsläget kräver en kompressor som förser systemet med luft.

4.3.2 Kraftbehov

För att ta reda på vilka krav som ställs på avfyrningsmekanismen har kraftbehovet beräknats utifrån referensdrönarens vikt och hastighet. Längden på rampen i beräkningarna är baserad på C-Astrals pneumatiska ramp som är 2,5 meter. C-Astrals ramp har använts som referens eftersom den är anpassad för projektets referensdrönare. Utskjutningsvinkeln har i detta exempel antagits till 30 grader eftersom det är den högsta utskjutningsvinkeln som har observerats på dagens ramper. Vikten för en Bramor C4EYE är 4,5 kg och den behöver en utgångshastighet på 16 m/s.

Beräkningar visar att det kommer att krävas en total kraft på cirka 253 N för att få drönaren luftburen på ett tillfredsställande sätt. Fullständiga beräkningar återfinns i bilaga 2.

4.3.3 Svårigheter med befintliga avfyrningsmetoder

Det fanns ett flertal svårigheter som gjorde att SSRS inte kunde använda de befintliga ramperna för avfyrning av drönare. Det största problemet var att dagens lösningar kräver att en person är på plats och monterar upp rampen i rätt riktning. SSRS vill kunna få iväg sina drönare fjärrstyrt med en pilot på en central plats positionerad långt från drönaren.

De befintliga produkterna är inte tänkta att stå ute hela tiden utan monteras ner när drönaren inte används. SSRS måste ha sina drönare startklara hela tiden vilket innebär att de måste vara monterade och skyddade mot väder och vind. Med autonom avfyrning kommer också problem med att se till att det är säkert att skjuta ut drönaren. Detta kräver någon form av övervakning runt platsen så att inga människor eller föremål befinner sig i vägen för drönaren vid utskjutning.

4.4 Återmontering

Efter avslutat uppdrag kommer drönaren att behöva monteras tillbaka i sitt hus. Detta arbete kommer göras av en sjöräddare. För att ta reda på vilka krav som sjöräddarna ställer vid återmontering samt hur det ser ut när de kommer tillbaka från larm genomfördes intervjuer med sjöräddare vid besöken på sjöräddningsstationerna (figur 4.2).

Under intervjuerna framkom det att det redan är hög belastning på sjöräddarna som det är idag och att de inte vill ha mer att göra. Vid hemkomst efter larm är det mycket att göra för sjöräddarna och om det har varit ett längre uppdrag är de ofta trötta vid hemkomsten. Ytterligare en viktig aspekt att tänka på är att sjöräddarna ofta kan vara blöta och frusna när de kommer tillbaka från uppdrag och vill därför byta om och komma in i värmen så snabbt som möjligt. Rutinerna vid hemkomst varierar mellan stationerna men en uppgift som de ofta gör när de har kommit hem och förtöjt båtarna är att de bunkrar upp med bränsle och ser till att allt är redo inför nästa larm.

På grund av detta bör drönarhuset vara placerat på en plats så att arbetsbelastningen på sjöräddarna vid återmontering blir så låg som möjligt. Det är också viktigt att återmonteringen är enkel att förstå och utföra så att det inte blir ett tungt moment för sjöräddarna när de kommer tillbaka efter larm. En enkel återmontering skulle innebära en snabbare återställningstid, vilket i sin tur skulle medföra att drönaren kan gå ut på uppdrag oftare.

4.5 Placering

För att ta reda var och hur drönarhuset kan placeras genomfördes empiriska studier på och runt omkring tre olika sjöräddningsstationer på västkusten. Dessa stationer var Bua, Hovås och Rörö. Vid dessa besök undersöktes omgivningarna runt stationerna och intervjuer med sjöräddare genomfördes. Utifrån dessa besök konstaterades att det ur sjöräddarnas perspektiv hade varit bra om huset kunnat placeras på eller nära sjöräddningsstationen, vilket oftast betyder placering i hamnmiljö. Placeringen i hamnen är också bra på så sätt att huset då kan fungera som en reklampelare för SSRS. Under observationerna upptäcktes dock ett



Figur 4.2

Bild från möte med sjöräddare på Rörö.



Figur 4.3
Panoramavvy över hamnen i Hovås.

flertal svårigheter när det gäller placering i hamnen. Dels är det många båtar med höga master i närheten och dels är det många människor i rörelse. Dessa faktorer gör att det kan vara svårt att få iväg drönaren på ett säkert sätt. En panoramavvy av hamnen i Hovås kan ses i figur 4.3.

Omgivningarna kring de tre sjöräddningsstationerna som besöktes skilde sig åt, vilket innebar att det var svårt att uppskatta någon generell placering som fungerar på alla sjöräddningsstationer. Dock observerades ett flertal likheter mellan de tre stationerna. Hamnarna skilde sig en del åt i sin utformning men bestod allihop i huvudsak av långa bryggor där båtarna låg på rad. I hamnarna fanns också sjöräddningsstationerna som bestod av små hus eller baracker.

Liknande typer av terräng, med öppna fält, stränder och klippor, observerades kring de tre stationerna, se figur 4.4. Alla tre stationer hade någon eller flertalet av dessa miljöer inom några hundratal meter från stationshuset. Om drönarhuset placeras i dessa miljöer istället för i hamnen är risken att något är i vägen vid utskjutning mindre. Däremot skulle sjöräddarna bli tvungna att ta sig längre bort från stationen vid återmontering av drönaren.



Figur 4.4
Karta med de omgivningar som observerades kring sjöräddningsstationerna.

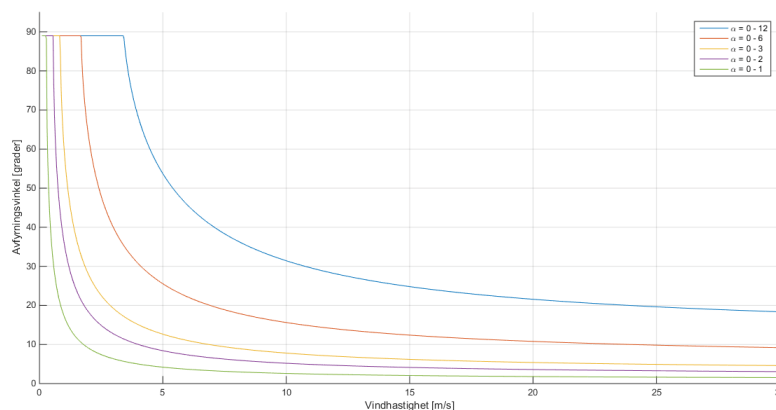
Ytterligare en möjlig placering är på taket av byggnader. För att detta ska vara ett bra alternativ krävs dock att det är lätt att ta sig upp på taket vid återmonteringen, eller någon lösning så att planet kan monteras från marken. På de tre stationer som har besökts i den här studien är stationshusen små vilket gör att det är svårt att placera drönarhusen på taket på någon av stationerna.

4.6 Avfyrningsvinklar

4.6.1 Möjliga avfyrningsvinklar

Projektets referensdrönare, Bramor C4EYE, avfyras normalt med en utskjutningsvinkel på ungefär 20 grader i förhållande till markplanet. Drönaren avfyras alltid i motvind, eftersom det ger den största relativa vindhastigheten. Något som studerades var förutsättningarna att ändra utskjutningsvinkeln. Syftet med det var att minska avfyrningszonen kring huset, alltså den zon som måste vara fri för att kunna avfyra drönaren. Diskussioner fördes med hobbyplansflygare samt en doktorand på Chalmers, Marcus Lejon vid avdelningen för strömningslära. Det resulterade i att idén att alltid avfyra med en vinkel nära 90 grader övergavs, på grund av att det då behövs en mycket hög effekt hos drönaren. Eftersom drönaren till stor del kommer att användas på längre uppdrag är batterikraft för start önskvärt att minimera. Drönaren måste dessutom utsättas för stora påfrestningar vid en utskjutningsvinkel nära 90 grader.

Figur 4.5 innehåller en graf som visar gränsen för när drönaren kommer i stall vid en viss utskjutningsvinkel och vindhastighet. De olika kurvorna är för olika vingprofiler. Det har under projektets gång gjorts flera försök att ta kontakt med C-astral för att få reda på vingprofilen för Bramor C4EYE, dock utan framgång. Därför approximeras referensdrönarens vingprofil till en standardprofil som motsvarar den blåa kurvan i grafen. Denna profil tillåter en anfallsvinkel upp till 12 grader vilket ansågs vara en rimlig approximation till drönarens vingprofil.



Figur 4.5

Grafen visar när olika vingprofiler hamnar i stall, beroende på avfyrningsvinkel och vindhastighet.

Slutsatsen av grafen i figur 4.5 är att en drönare måste avfyras med en allt lägre vinkel ju kraftigare vinden är för att undvika att hamna i stall. En helt vertikal avfyrning är endast möjlig i mycket svaga vindar. Vid en för brant avfyrningsvinkel i en allt för hög vindhastighet kommer luftströmningen över vingen att leda till stall. Den låga toleransen mot vind gjorde att det i konceptgenereringsprocessen bortsågs från utskjutningar nära 90 grader.

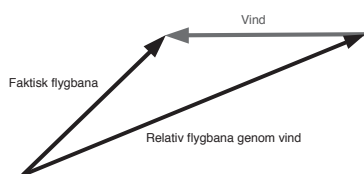
I beräkningarna som ligger till grund för grafen var ett antagande att vinden angrep vingen rakt framifrån, utan sidvind. Det skall också nämnas att kurvorna är ungefärliga och att värdena inte bör användas som exakta siffror, utan med goda marginaler.

Ekvationerna som användes för att ta fram grafen i figur 4.5 är härledda ur kraftjämvikter över en flygplansvinge. Exakta beräkningar för grafen återfinns i bilaga 1.

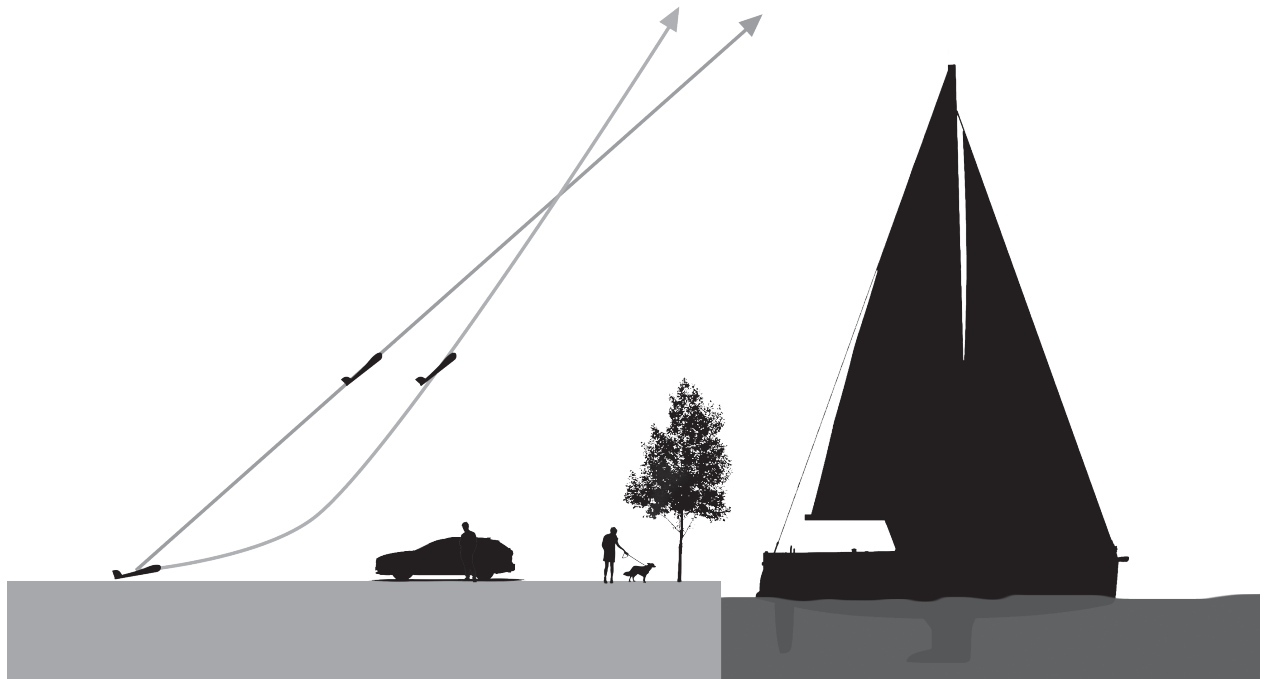
Även metoder där gravitationskraften skulle kunna utnyttjas genom att drönaren skulle släppas från hög höjd undersöktes. Uppskattningar av flygbanan visar att drönaren skulle behöva sitta minst 20 meter ovanför marken för att hinna få tillräcklig hastighet för att flyga och dessutom plana ut till horisontell flygning. En möjlig placering skulle vara utmed en hög byggnad eller annan struktur. Det finns då risk för att återmonteringen blir besvärlig. Det observerades få möjliga placeringar på höga konstruktioner under observationerna kring sjöräddningsstationerna. Vidare finns problem att drönaren inte faller rakt ner vid vind, och därför blir en avfyrning genom släppning väldigt osäker.

4.6.2 Flygbana efter avfyrning

För att ta reda på hur avfyrningen skall gå till studerades en drönares flygbana efter avfyrningen. Trimbles information anger en avfyrningsvinkel på 20 grader och efter det en stigningsvinkel på 30 grader relativt markplanet för deras drönare. Motvind tillåter planet att stiga brantare relativt marken på grund av vinden, se figur 4.6 och 4.7. På samma sätt har medvind en negativ inverkan på planets stigningsvinkel relativt marken.



Figur 4.6
Illustration över hur vinden påverkar faktisk stigningsvinkel.



4.6.3 Summering av avfyrningsbanan

Sammanfattningsvis är det mest fördelaktigt att avfyr drönare i motvind då det dels krävs mindre avfyrningshastighet och dels tillåts en brantare stigning relativt marken. Vid höga vindstyrkor leder brantare avfyrningsvinklar till stall, varför en flackare avfyrningsvinkel är att föredra vid kraftigare vindar.

Figur 4.7

Flygbanor för olika vindhastigheter. Den brantare pilen visar flygbanan vid starkare motvind.

4.7 Säkerhetszon

4.7.1 Lagkrav

Enligt Transportstyrelsen, (TSFS 2009:88), får den kinetiska energin för en drönare maximalt vara 1000 J. Det gäller för en drönare i kategori 1B, vilket innebär en startvikt mellan 1,5 och 7 kg. Referensdrönaren för projektet faller inom denna kategori. Om den kinetiska energin skulle överstiga den gränsen måste det kunna påvisas att luftfartyget är särskilt konstruerat med avsikt att minska den negativa inverkan på personer och egendom i händelse av kollision.

Referensdrönaren i projektet, Bramor C4EYE, har en massa på 4,5 kg och en utgångshastighet på 16 m/s. Det resulterar i en kinetisk energi på 576 J, vilket är väl under Transportstyrelsens gräns.

4.7.2 Misslyckad avfyrning

Om drönarens motor inte startas vid avfyrningen skulle den till slut tappa flygförmågan och landa. För att förenklat räkna ut var det skulle ske kan glidtal användas. För trafikplan är glidtalet mellan 1:15 och 1:20. Därför antas referensdrönarens glidtal till 1:20 för att approximera en så lång flygning som möjligt. Detta för att vara säker på att drönaren inte kan komma längre utan motorhjälp. Förhållandet 1:20 innebär det att den sjunker en meter i vertikalled för varje flugen 20-meterssträcka i horisontalled.

Det räcker med att drönaren kommer en meter upp i luften för att den ska kunna glida 20 meter. Då rampen som finns nu är ungefär en meter hög kommer drönaren komma högre än detta vid en icke-horisontal avfyrning. Detta resulterar alltså i att drönaren vid gynnsamma förhållanden kommer flyga väldigt långt beroende av avfyrningshöjd och -vinkel. För att beräkna exakt hur högt drönaren kommer över marken efter avfyrning utan motorhjälp kan formler för kinetisk energi och potentiell energi användas.

Motorhaveri direkt efter avfyrningen kan alltså skapa en fara för de som vistas i närheten under avfyrning. Därför vore det lämpligt med någon form av protokoll programmerat i drönaren för att landa så fort som möjligt. Det skulle kunna vara att få vingen att tappa lyftkraft genom att medvetet försätta drönaren i stall. Den skulle då landa mycket fort och riskera att skadas. Ett annat alternativ kan vara att försöka glidflyga så långt som möjligt för att nå en säkrare landningszon. Beroende på utskjutningsplatsen är också utlösning av fallskärmen ett möjligt alternativ om motorn inte startar.

4.8 Underlag för konceptframtagning

4.8.1 Underlag från informationsinsamling och kravidentifiering

Detta kapitel ger underlag för konceptframtagning. Det fastslås att det finns två existerande avfyrningsmekanismer i dagsläget, gumiband och pneumatik. Den största utmaningen med projektet är att det i dagsläget krävs en människa närvarande vid varje av-

fyrning, vilket uppdragsbeskrivningen motsäger. En stationsnära placering av drönarhuset är önskvärd då återställningstiden blir kortare samt att exponeringen ökar.

Att släppa drönaren och låta den falla lodrätt tills flygfart har uppnåtts visade sig kräva en hög höjd och lite vind. Under besöken på stationerna observerades inte några passande strukturer i närheten, därför skulle det innebära relativt lång återställningstid. Drönaren är också känslig för höga vindstyrkor i accelerationsfasen.

Efter beräkningar av stallvinklar vid olika vindhastigheter och utskjutningsvinklar kom projektgruppen fram till att en avfyrning i motvind är att föredra. Ju högre vindstyrka desto flackare avfyrningsvinkel var den andra slutsatsen. Slutligen fastställs det att storleken på en säkerhetszon kring avfyrningshuset är beroende av huruvida drönaren har ett protokoll för misslyckad start eller ej, avfyrningsvinkel och rådande vindförhållanden.

4.8.2 Funktionsanalys

Genom stationsbesöken, samtal med uppdragsgivaren och diskussioner i projektgruppen fastställdes följande funktioner för ett avfyrningshus:

Huvudfunktion:

- Få en drönare luftburen, autonomt.

Delfunktion:

- Skydda drönaren, både från stöld och väderexponering.
- Drönaren ska alltid hållas startklar.
- Möjliggöra enkel återmontering.
- Utformningen skall möjliggöra placering på flera olika ställen.

Stödfunktion:

- Bidra till god marknadsföring för SSRS.

4.8.3 Kravspecifikation

Kravspecifikationen innehåller alla krav och önskemål som ställs på produkten. Här ingår främst krav och önskemål från uppdragsgivaren, men också projektgruppens egna krav samt externa krav såsom lagar och förordningar. Fullständig kravspecifikation återfinns i bilaga 3.

Detta kapitel samt uppdragsgivarens information resulterade i följande krav och önskemål:

Krav:

Produkten ska:

- Hålla drönaren startklar.
- Kunna få referensdrönaren luftburen i <17 m/s.
- Kunna få referensdrönaren luftburen i samtliga vindriktningar.
- Skydda drönaren för vindåverkan.
- Skydda drönaren för nederbörd.
- Kunna tillverkas i 70 exemplar.
- Rymma plan och startanordning.
- Möjliggöra säker återmontering av drönaren.
- Möjliggöra säker avfyrning för omgivningen.
- Skydda drönaren från skadegörelse.

Önskemål:

Produkten bör:

- Kräva minimalt med underhåll av sjöräddare.
- Förmedla SSRS värderingar.
- Vara självförsörjande.
- Kunna tillverkas i mängder om 70 - 500 exemplar.
- Rymmas på en lastbil eller ett släp.
- Förmedla miljövänlighet.
- Konstrueras med material med minimal miljöpåverkan.
- Kräva minimal arbetsinsats vid återmontering.

5

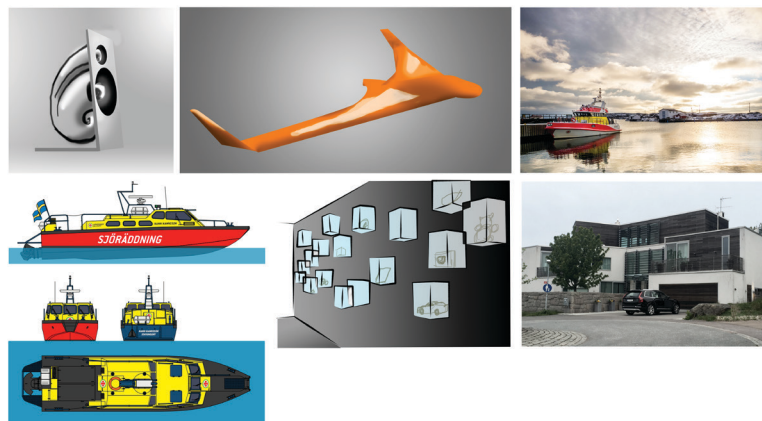
KONCEPTFRAMTAGNING

I detta kapitel behandlas den konceptgenereringsprocess som använts samt de koncept som skapats. Slutligen utvärderas koncepten mot varandra och ett slutgiltigt val görs.

5.1 Genomförande

Konceptframtagningen bestod till stor del av expression board, brainstorming och morfologisk matris. Huvudsakligen genomfördes de enligt denna ordning, men viss överlappning och iteration föregick. Inför idégenereringen av produkten framställdes en expression board för att ena gruppens tankar kring drönarhusets helhetsbild. Med denna i bakhuvudet genomfördes flertalet brainstormingsessioner på olika dellösningar som skulle behövas. Dessa sammanställdes i en morfologisk matris ur vilken helhetskoncept utvanns. Helhetskoncepten vidareutvecklades genom fler brainstorming-sessioner och ytterligare versioner på helhetslösningar togs fram. Till slut efter alla vidareutvecklingar kvarstod tre färdiga koncept.

5.2 Expression board



Figur 5.1
Expression board.

Den expression board som visas ovan i figur 5.1 är en censurerad version där bilder utan rättigheter ersatts med skisser (bild 1, 2 och 5). Under projektet har originalen använts.

Första bilden på en högtalare är ett inspirerande exempel på hur en produkt kan få ett elegant utseende när den formas efter funktion. Precis som högtalaren formats som en snäcka efter dess akustiska egenskaper ska den framtagna produkten formas efter dessa funktioner. Bilden med drönaren på togs med eftersom drönaren kommer vara en stor faktor vid utformningen, både funk-

tionellt och estetiskt. Bilden med en båt i hamnen beskriver en typisk miljö där produkten skulle kunna stå. Den tecknade båtbilden är en exempelbild från SSRS grafiska profil, vars färger kommer användas vid behov. Bilden med glaslådorna är tänkt att visa på en metafor: produkten ska visa upp drönaren likt ett konstverk i en visningsmonter. Sista bilden visar exempel på material som kan tänkas användas i produkten: Glas, metall, betong och inslag av trä.

5.3 Brainstorming



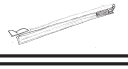








För att utforska alla olika typer av lösningar delades produktens totala funktion upp i olika delar som skulle behöva lösas. Dessa identifierades som:

- Avfyrningsanordning.
- Öppning för avfyrning.
- Återmontering.
- Energiförsörjning: Husets rörelse.
- Energiförsörjning: Laddning av drönare.
- Energiförsörjning: Avfyrning.
- Placering.
- Rörelseriktningar.

Genom brainstormingsessioner arbetades olika lösningar fram för samtliga delar tills 4-6 bra lösningar fanns för varje del.

5.4 Morfologisk matris

En morfologisk matris, se bilaga 4, sammanställdes med samtliga dellösningar som tagit sig genom hela brainstormingprocessen.

Lösningsprinciper Funktion	1	2	3	4	
1 Avfyrningsanordning	Pneumatisk Kan vara helblad Klappas upp 	Gummiband Fästs på helblad 	Fjäder Kan vara helblad Ökade/överskräng kompression 		
2 Avfyrningsöppning	Dörrar (i utskjutningsriktning) Kan öppnas Fylls ut med luft Inskjutningsöppning 	Öppning av taket Helblad kan lyftas upp Lucka i taket Helblad kan lyftas bort Klappas upp som kan hålla åsag 	Öppning i botten Lucka i botten Öppning i botten med åsag eller klapp Öppning i botten med åsag 	Lucka som kan snurra Drönaren fästs på luckan 	
3 Återmontering	Dörr på baksidan Kan öppnas Fylls ut med luft Inskjutningsöppning 	Öppning av taket Helblad kan lyftas upp Lucka i taket Helblad kan lyftas bort Klappas upp som kan hålla åsag 	Roterande platta Lucka i botten Lucka i taket 	Vevas upp i position 	
4	Solceller	Elnät	Vindkraftverk	Batteri	

Figur 5.2
Urklipp ur den morfologiska matrisen (bilaga 4) som visar dellösningar ur kategorierna 1-3.

Efter en viss bearbetning av matrisen framgick att olika kategorier av dellösningar (rader i matrisen) var mer beroende av varandra än andra. Grupper skapades därför av de olika kategorierna, 1-3 blev en grupp (figur 5.2), 4-6 blev en annan, 7 och 8 hölls separata. I de olika grupperna testades sedan samtliga möjliga kombinationer av dellösningar. Varje kombination arbetades igenom och utvecklades så långt som möjligt. De som gick att utveckla till den nivå att de ansågs genomförbara togs vidare till nästa steg. I nästa steg kombinerades de lösningar som tagits fram från grupperna ihop med varandra till helhetskoncept.

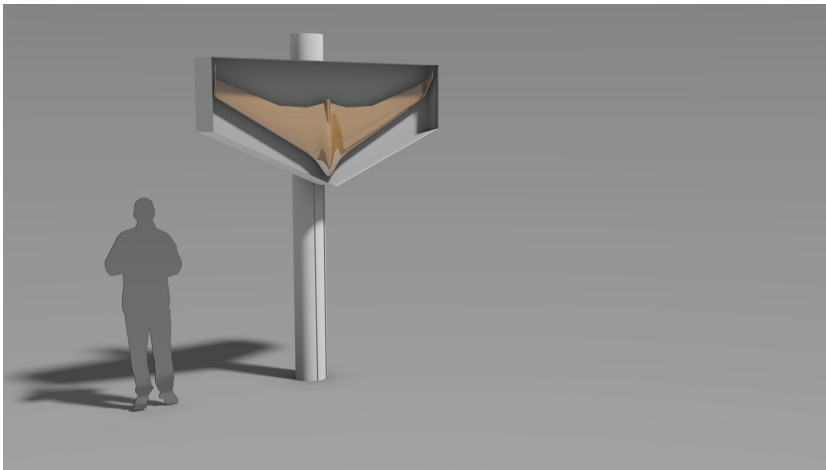
5.5 Vidareutveckling av koncept

De koncept som kommit ur den morfologiska matrisen genomgick sedan vidare bearbetning. Tekniken i koncepten utforskades nu vidare, och deras trovärdighet testades genom att skissa lösningsförslag på integration av de tekniska lösningar som skulle krävas. Konceptens storlek uppskattades med hjälp av mätningar, måttsatta skisser av koncepten tillsammans med människor samt en fullstor skalmmodell av drönaren. Under vidareutvecklingsprocessen av koncepten kom vissa koncept att förändras en del, andra föll bort helt och några helt nya skapades.

5.6 Hela koncept

Efter idégenereringsprocessen hade till slut totalt tre koncept skapats, dessa vidareutvecklades med fler skisser samt enkla CAD-modeller för presentationsmaterial och storleksuppskattning. De fick arbetsnamnen Vimpeln, Växthuset och Fällkniven.

5.6.1 Vimpeln



Figur 5.3
Översiktsbild av konceptet Vimpeln.

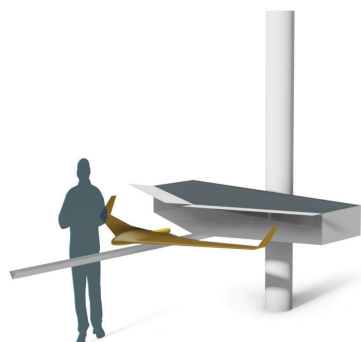
I detta koncept, se figur 5.3, sitter drönaren skyddad i en skyddslåda som är placerad på en hög pelare. Hela pelaren och lådan kan vridas upp för olika avfyrningsvinklar samt hissas upp och ner längs pelaren för att tillåta återmontering av drönaren från marknivå. Rörelsefriheten samt skyddslådans höga position vid avfyrning gör att drönaren kan skjutas ut över lägre hinder, exempelvis bilar, lägre byggnader och andra mindre objekt. I sitt viloläge fungerar pelaren även som ett inneslutande skydd för avfyrningsrampen.

I sitt viloläge står skyddslådan vinklad med sidan mot vinden för att minimera den belastning som uppkommer vid kraftiga vindar (figur 5.4). Då avfyrningssekvensen initieras vinklas skyddslådan upp och rampen ut från pelaren, sedan vrids hela anordningen upp mot vinden. Väl placerad efter önskad avfyrningsvinkel fälls en lucka upp i framkant av skyddslådan och drönaren skickas iväg. Avfyrningsmekanismen är en pneumatisk avfyrningsramp. Efter att drönaren avfyrats reverseras processen och skyddslådan går tillbaka till sitt vänteläge.



Figur 5.4
Avfyrningssekvens för Vimpeln.

Efter avslutat uppdrag återmonteras drönaren för hand. Vid återmontering fälls rampen ut, huset roteras upp i vind och hela huset sänks ner till en lämplig arbetshöjd. Drönaren monteras i motvind eftersom den skulle vara svårhanterad med vinden in från sidan eller bakifrån. Luckan på framsidan öppnas och drönaren kan nu placeras på sin släde och skjutas in i skyddslådan. Luckan stängs och huset går tillbaka till sitt viloläge.



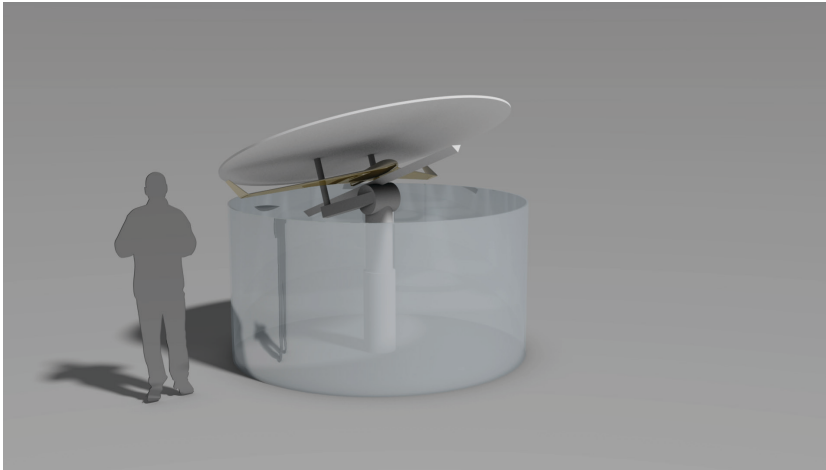
Figur 5.5
Återmontering av drönaren i Vimpeln.

Tack vare den höga höjden kan konceptet placeras nära bebyggelse, se figur 5.6. Detta är positivt ur många perspektiv då det till exempel underlättar för sjöräddarna vid återmontering samt kan medge god exponering för SSRS i reklamsyfte.



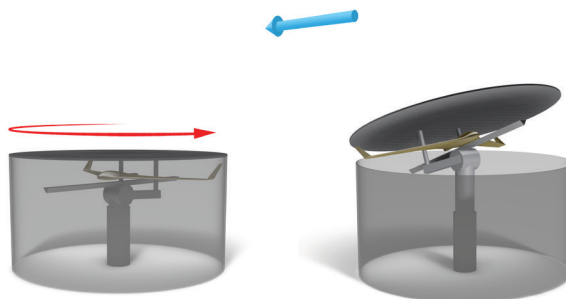
Figur 5.6
Karta som visar placeringsförslag för Vimpeln.

5.6.2 Växthuset



Figur 5.7
Översiktsbild över konceptet Växthuset.

I detta koncept, se figur 5.7, innesluts hela konstruktionen av ett enda stort genomskinligt hus, därav namnet. Inuti huset står en roterbar och höj- och sänkbar teleskopisk pelare, längst uppe på pelaren sitter ett vinklingsbart paket bestående av en avfyringsramp samt två stag som går upp och bär upp husets tak. Huset öppnas och stängs genom höjning och sänkning av pelaren. Vid initierad avfyrningsprocess (figur 5.8) vrids hela pelaren och taket upp mot vind, sedan hissas pelaren upp vilket öppnar taket och för upp drönaren. Taket, rampen och drönaren vinklas upp mot önskad vinkel från markplanet och drönaren skjuts iväg med hjälp av pneumatik. Taket och rampen vinklas sedan ner, och huset stängs genom att taket sluter tätt mot väggarna då pelaren sänks.

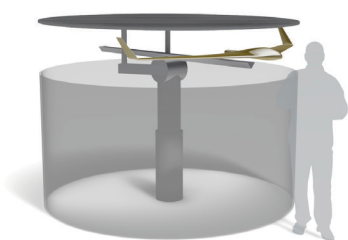
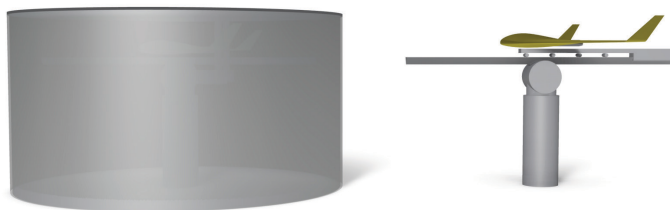


Figur 5.8
Avfyrningsprocess för Växthuset.

Drönaren har en viss spännvidd och ska kunna rotera inuti huset, för att göra ett så litet hus som möjligt behöver drönaren därför vara placerad i mitten av ett cylindriskt hus. En konventionell

Figur 5.9

Den specialutformade släden som ser till att drönaren är centrerad i avfyrningshuset.

**Figur 5.10**

Återmontering av drönaren i Växthuset.

ramp med standardsläde kan då maximalt vara så lång som hälften av drönarens spännvidd. Då rampens längd behöver var nästan lika lång som drönarens spännvidd skulle denna distans vara för kort. Rampen behöver alltså även den centreras. Ett sätt att lösa det på är att ha en släde som fäster långt bak i rampen (figur 5.9), och långt fram i drönaren. På det sättet utnyttjas hela rampens längd, och drönaren kan vara placerad nära mitten.

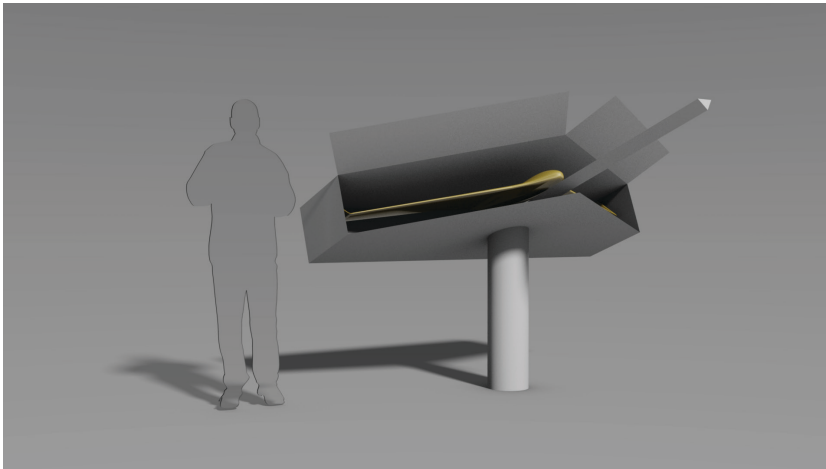
Då drönaren ska återmonteras vrids pelaren och rampen upp mot vinden (figur 5.10), detta för att drönaren inte ska fånga eventuella sidovindar som i sin tur kan försvåra återmontering. Pelaren lyfter upp paketet med rampen och taket och drönaren placeras på släden som förs in i huset.

Detta koncept är tänkt att placeras en bit från bebyggelse, på en öppen yta, exempelvis vid kustlinjen (figur 5.11). Även detta koncept skulle kunna ge god reklam åt SSRS om det placerades i närheten av där människor vistas.

**Figur 5.11**

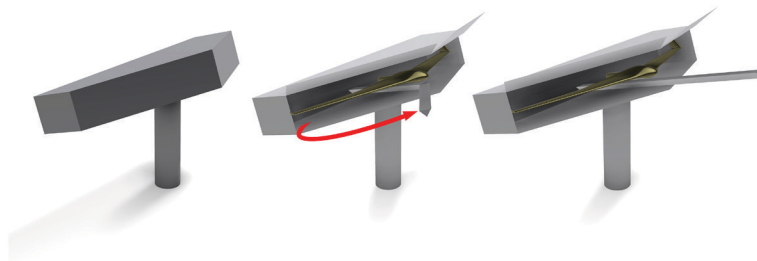
Placeringsförslag för Växthuset.

5.6.3 Fällkniven



Figur 5.12
Placeringsförslag för
konceptet Växthuset.

Koncept Fällkniven är ett kompakt hus som både innesluter drönaren och en hopfällbar avfyrningsramp. En stor fördel med huset är att det tack vare sin ringa storlek skulle kunna placeras väldigt flexibelt, exempelvis på ett hustak eller alternativt helt fristående.

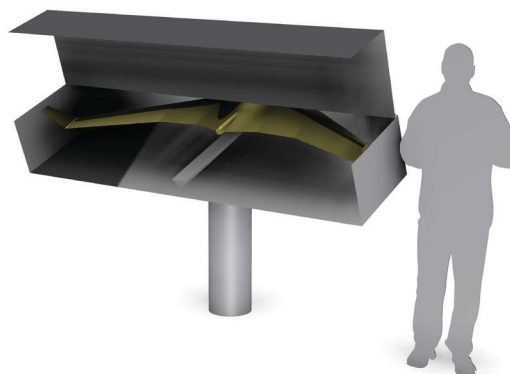


Figur 5.13
Avfyrningssekvens för Fällkniven.

Vid avfyrning vrids huset upp i motvind och vinklas upp i lämplig avfyrningsvinkel. Luckorna på framsidan öppnas och avfyrningsrampen faller ut. För att medge möjligheten att fälla in och ut rampen drivs dess avfyrning av en utväxlad metallfjäder. Efter avfyrning faller rampen in och luckorna stängs.

För att återmontera drönaren (figur 5.14) öppnar montören en lucka på baksidan av huset, därefter kan drönaren monteras direkt på släden i en ergonomisk arbetshöjd där montören har full kontroll. När luckan stängts är huset sedan redo att användas igen.

En fördel med att montera drönaren bakifrån är att montören inte behöver känna sig orolig för att bli träffad av drönaren om den oavsiktligt skulle avfyras.



Figur 5.14
Återmontering av drönaren i Fällkniven.

Detta koncept skulle kunna placeras som en fristående enhet monterad på marken, eller som en mobil enhet på exempelvis en släpkärra. Den skulle även kunna placeras på ett hustak (figur 5.15). En nackdel om den placeras fristående är att den kräver ett ganska stort säkerhetsområde. Drönaren avfyras från marknivå vilket gör att den inte får skymmas av ens ett mindre föremål som en cykel.



Figur 5.15
Placeringsförslag för Fällkniven.

5.7 Utvärdering

Första steget i utvärderingen var en presentation av koncepten för SSRS som svarade med önskemål och feedback. De tre koncepten utvärderades sedan mot varandra med hjälp av pughmatriser och en kesselringmatris, dessa matriser finns att se i bilaga 5. De önskemål som framfördes vid presentationen togs med i matriserna. Då vissa önskemål inte kunde uppskattas i ett så tidigt stadie lämnades dessa utanför resultatet. De finns dock med i matriserna, men har lämnats tomma eller satts som nollor.

5.7.1 Presentation

En presentation av de tre koncepten samt en sammanfattning av projektets tidiga faser hölls för SSRS. Efter presentationen framkom önskemål om att kunna placera avfyrningshuset exponerat bland människor likt koncepten Växthuset och Vimpeln. En god exponering gav enligt SSRS en bra reklampelare vilket skulle gynna deras möjligheter att få sponsring. Ett önskemål framfördes om att husets estetik tydligt skulle återspegla SSRS värderingar, med betoning på att avfyrningshuset inte skulle kopplas till militär användning. Detta var något som poängterades efter att Fällkniven ansetts antyda till militär användning.

5.7.2 Pughmatris

I pughmatrisen ställdes konceptens uppfyllande av krav och önskemål mot varandra. Totalt fanns 23 krav och önskemål. 10 st var krav, 9 var önskemål som identifierats under informationsinsamlingen och 4 var önskemål som uppkommit vid presentationen för SSRS. Pughmatrisen visade att Fällkniven uppfyllde kraven bäst, Vimpeln näst bäst och Växthuset sämst. Resultatet var dock jämnt och koncepten skiljde sig som mest med ungefär 10%.

5.7.3 Kesselringmatris

I kesselringmatrisen viktades först varje önskemål som fanns på slutprodukten, sedan uppskattades hur väl varje koncept uppfyllde önskemålen. Det resultat som användes för jämförelse mellan koncepten är ett tal som beskriver hur väl varje koncept uppfyller önskemålen relativt en idealprodukt. Här utföll resultatet som så

att Vimpeln rankades bäst med 0,63 jämfört med det ideala talet 1, Fällkniven som näst bäst med 0,58 och Växthuset som sämst med 0,50.

5.8 Val av koncept

Utvärderingen av koncepten gav inget entydigt svar, pughmatri-sen visade att Fällkniven var bäst, medan kesselringmatri-sen visade att Vimpeln var bäst. Resultatet i pughmatri-sen var väldigt jämnt, koncepten skiljde sig inte med mer än ungefär 10%, dess utfall dömdes därför som otillräckliga för ett slutgiltigt val. Även i kesselringmatri-sen uppvisades ett jämnt resultat med ungefär samma storlek på differensen mellan koncepten. Matriserna gav ingen självklar vinnare, den gav dock indikationen att det koncept som kom sist på båda, Växthuset, inte lämpade sig som slutval. Det stod istället mellan koncepten Vimpeln och Fällkniven. Båda koncepten uppfyllde enligt utvärderingen alla krav och önskemål på ett lämpligt sätt. Vimpeln uppfyllde till större del de önske-mål som identifierats som viktigast under projektet och med sina egenskaper som reklampelare exponerad bland människor ansågs den både från gruppen och företaget vara det intressantare konceptet. Därför valdes Vimpeln som det koncept att gå vidare med.

6

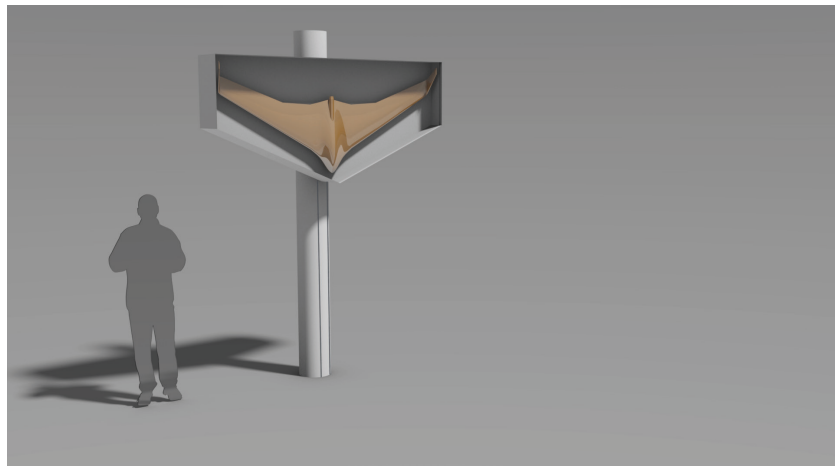
DETALJERAD UTFORMNING

I Detaljerad utformning behandlas de delar som tillsammans utgör avfyrningshusets helhet: ingående komponenter, materialval, systembeteende och estetik/uttryck.

6.1 Genomförande

Utgångspunkten för den detaljerade utformningen knyter an till uppdragsformuleringen och det satta syftet för projektet, att visa SSRS en konkret och realistisk produkt av ett drönarhus. Vissa delar i konstruktionen är nyskapande och kräver därför en djuplodande undersökning. Andra komponenter är lätta att köpa och har flertalet olika leverantörer och för den typen av komponenter har mest en avstämning skett mot någon tillverkare för att bekräfta realiserbarheten. Projektet ämnar inte att kunna lämna ett fullständigt tillverkningsunderlag, varför många delar kräver vidare anpassning för tillverkning. För att kontrollera en grundläggande hållfasthet i egentillverkade delar har beräkningar enligt finita elementmetoden gjorts i CATIA V5. Detta har varit för att testa om dessa klarat av avsedd belastning, inte huruvida de går att minimera i materialåtgång.

6.2 Avfyrningshusets grundutformning



Figur 6.1
Konceptet Vimpeln som valdes för vidareutveckling.

Med Vimpeln som det valda konceptet att arbeta vidare med, figur 6.1, krävdes en djupgående analys hur detta koncept skulle realiseras på ett bra sätt. Vimpelns delfunktioner delades upp i olika grupper för att strukturera detaljutformningen, se figur 6.2 för visuell hänvisning till grupperna. Dessa grupper var:

Skyddslådan

Skyddslådan är den del som ser till att drönaren skickas iväg korrekt men även att drönaren sitter skyddad från väder och skadegörelse.

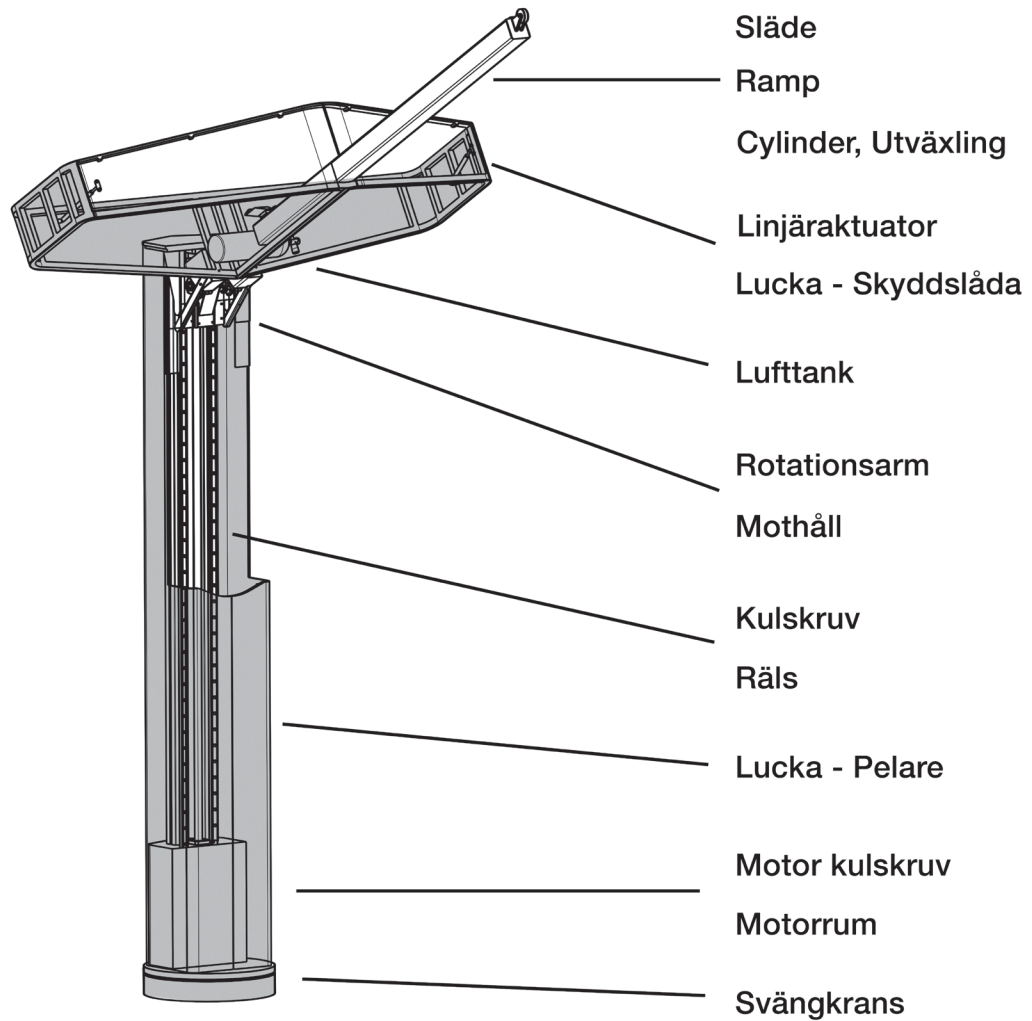
Hissanordning

Syftet med vimpeln var att möjliggöra en avfyrning av drönaren från en högre höjd än marknivå. För att underlätta återmonteringen av drönaren efter utfört uppdrag hissas skyddslådan ner till en lämplig monteringshöjd. Det är hissanordningens uppgift att se till att skyddslådan kan förflyttas i höjddled. Uppvinklingen av skyddslådan vid avfyrning har också kombinerats med hissanordningen.

Pelaren

För att undvika att hissanordningen tar skada konstruerades ett skyddshölje till denna, vilket även används som en bärande struktur till alla delar av vimpeln.

Figur 6.2
Översiktssbild över detaljutformning.



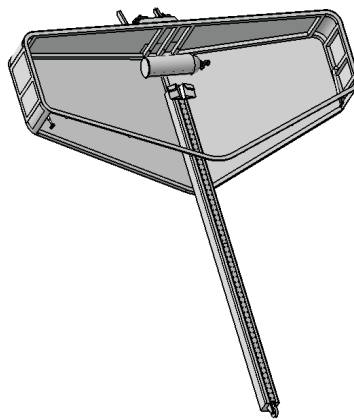
6.3 Skyddslåda

Skyddslådans huvudsakliga uppgift är som tidigare nämnt att se till att drönaren avfyras på säkrast möjliga sätt, men den måste även fungera som ett skydd för drönaren och de olika komponenterna däri. För att få iväg drönaren vid ett larm krävs det även att skyddslådan ser till att drönaren alltid är startklar. När det är dags för drönaren att lämna skyddslådan måste det vara säkerställt att drönaren kan komma ut. Det ska även kunna säkerställas att drönaren inte flyger in i något som kan finnas i vägen för drönarens färdväg.

Skyddslådan är ventilerad via ventilationshål på undersidan. Det gör att drönaren kan torka efter avslutat uppdrag.

6.3.1 Förvaring

Skyddslådan, figur 6.3, har som uppgift att förvara och skydda drönaren när den inte används. Detta innebär att skyddslådan utformats på ett sådant sätt att det klarar av alla tänkbara väder som den utsätts för. Skyddslådan skyddar även drönaren från eventuell skadegörelse.

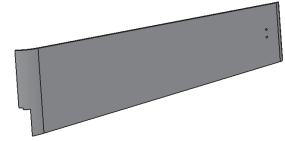


Figur 6.3
Skyddslådans utformning.

För att drönaren alltid ska vara startklar kommer drönaren behöva laddas inuti skyddslådan, detta görs genom att dess laddare sitter monterad inuti skyddslådan. I bakkant av drönaren monterades en laddningskontakt. Denna laddningskontakt ligger endast an mot laddstift som sitter monterade i skyddslådan. Dessa laddstift kommer i kontakt med drönaren i dess viloläge och släpper enkelt kontakten vid avfyrning. Ritning med exakta mått för denna komponent finns i bilaga 9.

6.3.2 Luckor

Vid avfyrning måste den omslutande skyddslådan öppnas upp framför drönaren. Detta görs genom två luckor, figur 6.4, som sitter i framkant av skyddslådan och som öppnas upp vid avfyrning. Dessa luckor kan öppnas automatiskt. De ska även förhindra stöld av drönaren.



Figur 6.4

En av de båda luckorna på skyddslådan.

Lucköppningen konstruerades först genom att en elektrisk motor skulle driva en kuggstång som satt fast i luckorna och på så vis tryckt upp luckorna till ett öppet läge. Det visade sig att det fanns ett bättre alternativ till detta som redan användes inom liknande applikationer, nämligen så kallade linjäraktuatorer. Dessa finns i mängder av olika utföranden och storlekar, varför det var onödigt att konstruera en ny lösning. Det finns även mycket kompakta modeller på marknaden som ansågs passa skyddslådan på ett bra sätt.

6.3.3 Övervakning

Det är viktigt att före avfyrning säkerställa att det inte finns någon eller något i vägen för drönaren när den avfyras eller när rampen vinklas upp till rätt avfyrningsvinkel. Ett sätt att lösa problemet på är att använda övervakningskameror. Då kommer piloten som centralt ska sköta avfyrningen direkt kunna se om det finns något hinder innan avfyrningsproceduren påbörjas. Det behövs en kamera placerad i drönarens färdriktning för att se till att det är fritt i denna riktning. En sådan kamera placeras i sidan av skyddslådan så att den kan se i samma riktning som drönarens avfyrningsriktning. Den används dels vid uppvinkling för att se att ingenting är i vägen, och dels vid avfyrning för att säkerställa en säker avfyrning.

Önskvärt vore även en till kamera som ger en bild över området runt vimpeln. Den kan placeras frångående avfyrningshuset för att ge en annan och kompletterande överblick. Att sätta upp kameror kräver tillstånd som kan vara svåra att få beprövade, varför antalet kameror eventuellt måste begränsas.

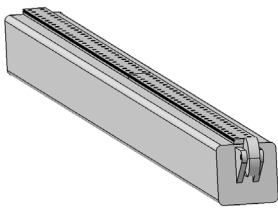
Drönaren behöver som tidigare nämnt avfyras i motvind för att få maximalt med lyftkraft vid avfyrning. För att veta vilken riktning som avfyrningshuset ska riktas in i kommer en vindmätare placeras längst upp på pelaren som registrerar både vindriktning och vindhastighet. På det sättet vet operatören vilken riktning som avfyrningshuset måste riktas i för bästa avfyrningsförhållande.

6.4 Avfyrning

Grundprincipen med att använda en pneumatisk avfyrning är att låta en gascylinder belastas med ett högt lufttryck som därmed trycker iväg en kolv i en hög hastighet. Fäst i kolven sitter en lina som drar med sig släden som drönaren sitter fast i. Släden dras på så vis längs en ramp och når snabbt en tillräckligt hög hastighet för att drönaren ska kunna flyga iväg. Vilka komponenter som tillsammans sköter själva avfyran av drönaren ur skyddslådan vid larm kommer behandlas i detta avsnitt.

6.4.1 Ramp

Rampen är den komponent som leder drönaren ut ur skyddslådan och upp till rätt hastighet för avfyrning. Att accelerera upp drönaren kräver en viss sträcka för att inte drönaren eller någon annan komponent ska belastas för hårt. Det innebär att rampen behövde ha en viss längd. Utifrån de observationer som gjordes av befintliga ramper under informationsinsamlingen och utifrån beräkningar av kraftbehovet har rampens längd satts till 2,5 m. Referensdrönaren behöver en utskjutningshastighet på 16 m/s och detta innebär att med en ramp på 2,5 m utsätts drönaren för accelerationskrafter på 5,7 g.

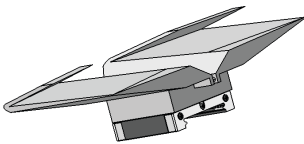


Figur 6.5
Den fyrkantiga profilen som utgör ramp.

Rampen (figur 6.5) konstruerades av en fyrkantig profil vars dimensioner anpassades för att rymma den pneumatiska cylindern. Anledningen till att en fyrkantsprofil valdes var just till stor del då den pneumatiska cylindern hade denna form och att den ansågs vara tillräckligt hållfast. På profilen monteras sedan en skena som den nedan beskrivna släden kan glida mot.

6.4.2 Släde

Komponenten som möjliggör för drönaren att färdas längs rampen är släden. Släden behöver utformas så att den enkelt kan åka längs rampen när den gasdrivna cylindern drar i den. Den behöver också ha en monteringsanordning som ser till att drönaren hålls på plats i skyddslådan när den är i viloläge men som ändå tillåter att drönaren släpps iväg när den ska avfyras.



Figur 6.6
Släde med vagn.

För att tillåta släden att glida fram och tillbaka på rampen har en vagn i form av ett linjärkullager valts. Denna kan glida längs ram-

pens skena med försumbar friktion och tål att belastas med den last som skapas från planets massa vid avfyrning. På vagnen sitter ett fäste för drönaren, fästet består av bockad plåt och håller fast drönaren och förhindrar den från att röra sig i sidled, vridas samt åka bakåt. Fästet är av en standardmodell som redan används vid avfyrning av denna drönartyp. Fästet har ingen mekanism som hindrar drönaren från att falla ur framåt, den hålls istället fast med hjälp av skyddslådans luckor.

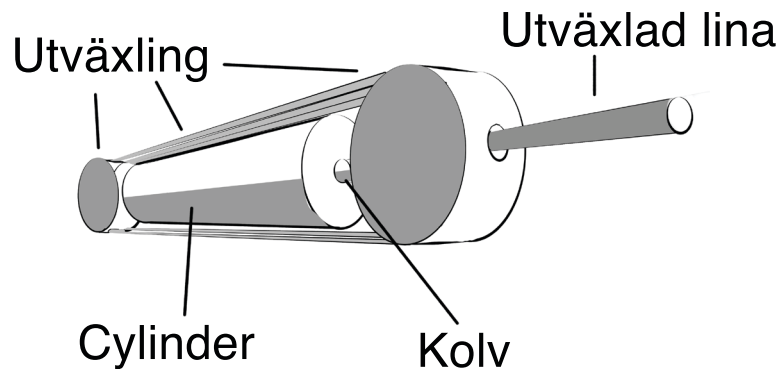
6.4.3 Utväxling

Den ursprungliga tanken med en pneumatisk avfyrning var att använda en pneumatisk cylinder med lika totallängd som rampens längd. Tanken var då att kolven från cylindern skulle dra med sig en vajer som var fäst i en släde med drönaren på. När cylinderns kolv då drog med sig vajern skulle släden med drönaren färdas lika lång sträcka som hela rampen med endast två gångers utväxling.

Pneumatiska cylindrar med så långa slaglängder var dock för stora för att få plats inuti rampen, vilket var något som ansågs nödvändigt för att skydda cylindern. Detta betydde att en mindre cylinder med kortare slaglängd valdes. Med en kortare slaglängd på cylindern krävdes en högre utväxling för att dra drönaren hela rampens längd.

Valet av utväxling hänger nära samman med valet av den pneumatiska cylindern och dess slaglängd. Under informationsinsamlingen observerades fällbara pneumatiska ramper som fick plats med pneumatisk cylinder och utväxling på en sträcka av en meter. Utifrån dessa ramper baserades valet av slaglängd och en cylinder med slaglängd på ungefär 400 mm ansågs få plats i rampen. Detta skulle betyda att cylindern vid sitt monterade läge var lite längre än 400 mm.

Som tidigare redovisats har rampen en längd på 2500 mm. Längst ut på rampen sitter ett stopp men då vagnarna längs skenan tar ungefär 100 mm behöver släden dras ungefär 2400 mm. Med en slaglängd på 400 mm innebär det att det behövs en utväxling på sex gånger slaglängden. Utväxlingen består av sex rullar som en lina dras runt. Valet av lina istället för vajer togs då linor idag går att få lika starka och stumma som vajrar, men linor ger betydligt

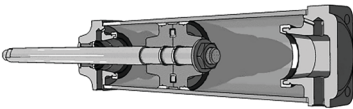


Figur 6.7
Exempelskiss över utväxlingen
med trissor.

mindre friktion i en så stor utväxling som valdes. Rullarna sitter monterade i två hållare, figur 6.7, en på var sida om den pneumatiska cylindern. Kolven från den pneumatiska cylindern fästes i den ena av hållarna och trycker ut denna 400 mm vid avfyrning.

6.4.4 Pneumatisk cylinder

För att en pneumatisk avfyrning ska vara möjlig behövs en gas-cylinder som omvandlar gastryck till mekanisk energi som i sin tur accelererar drönaren. Vid avfyrning fylls cylindern, figur 6.8, med luft i högt tryck som skjuter iväg en kolv i hög hastighet och kraft. Cylindern behöver vara placerad på ett sådant sätt att kolven kan dra med sig en lina som sitter fäst i släden. Cylindern måste vara dimensionerad så att drönaren har nått den hastighet som den behöver för att kunna lyfta när den når slutet av rampen.



Figur 6.8
Pneumatisk cylinder i genomskärning (Kamarton 2008).

När det gällde val av den pneumatiska cylindern var det ett antal parametrar som spelade in. Dels var det kraftbehovet som behövdes för att få drönaren luftburen på ett bra sätt, dels urladdningstiden och dels den fysiska storleken på cylindern som skulle rymmas inuti rampen. Kraftbehovet med en 30-gradig vinkel på rampen redovisades i kapitel 4 och är ungefär 253 N. Med sex gånger utväxling innebär det ett kraftbehov hos cylindern på 1518 N. Med en ramp på 2,5 m och den acceleration som krävs vid avfyrning krävs en urladdningstid av cylindern på ungefär 0,3 sekunder. Fullständiga beräkningar återfinns i Bilaga 10. Rampens dimensioner kunde till en viss grad anpassas för att rymma cylindern. Dock var en cylinder med höjd och bredd under 150 mm önskvärd för att rampen inte skulle ta för stor plats.

Vid valet av pneumatisk cylinder kontaktades Jonny Eklund på Industri Automations Gruppen AB, som hade stor kunskap inom området. Jonny rekommenderade en cylinder med en cylinderdiameter på 63 mm. Denna cylinder har en längd på 560 mm och bredd samt höjd på 82,4 mm. Slaglängden hos cylindern är i originalutförande 400 mm. Kraften hos cylindern kan varieras beroende på hur den trycksätts, högre tryck in medför högre kraft ut. Kraften varierar också beroende på om cylindern arbetar med utåtgående- eller inåtgående slag. Kraften är något lägre vid inåtgående slag och av denna anledning föredras en konstruktion med utåtgående slag. Cylindern ger vid 5 bar och utåtgående slag en kraft på 1559 N vilket är över den kraft som behövs på 1518 N. Däremot har det inte tagits någon hänsyn till friktion i den kraftberäkningen. Därför anses det säkrare att använda ett tryck på 6 bar vilket ger en kraft på 1870 N. Då finns en marginal på 20% för friktion vilket bör vara fullt tillräckligt.

Den luftmängd som krävs vid varje avfyrning är innervolymen av cylindern, som är 1250 cm³ vid 6 bar, plus trycksättning av de slangar och kopplingar som leder till cylindern. Luftmängden om 1250 cm³ är för att trycka ut kolven ur cylindern men det kommer även krävas nästan samma luftmängd för att föra tillbaka kolven till ursprungsläget. Vid tillbakaförandet av kolven behöver dock inte lika högt tryck användas, utan då räcker ett lufttryck på 1 bar. Det gör att luftmängden tillbaka blir en sjättedel av den på utvägen, ungefär 210 cm³. Totalt krävs därför en luftmängd till cylindern på ungefär 1,5 liter. För att räkna med marginal mot slangar och kopplingar som trycksätts anses 2 liter luft vid 6 bar gå åt.

6.4.5 Kompressor/lufttank

För att driva den pneumatiska cylindern krävs en källa som förser den med luft. I de pneumatiska ramperna som observerades under informationsinsamlingsfasen användes en kompressor tillsammans med en expansionstank för att leda in luft i cylindern. Den första idén var att använda denna lösning. En kompressor kräver relativt stort utrymme och strömförsörjning för att fungera. Det är även en ganska komplex konstruktion som kräver underhåll. Dessa anledningar ledde till undersökandet av alternativa lösningar när det gällde lufttillförsel.

Då den valda pneumatiska cylindern inte krävde en luftmängd på mer än totalt 2 liter vid 6 bar per avfyrning ansågs det möjligt att använda en dykflaska som lufttank. Fördelarna med en dykflaska gentemot en kompressor är att en dykflaska tar mindre plats och att den inte kräver någon strömförsörjning för att fungera. Den kräver också betydligt mindre underhåll. Dykflaskorna har högt tryck, ofta runt 300 bar. Det höga trycket gör att en dykflaska kommer räcka till många avfyrningar. Beräkningar med hjälp av den allmänna gaslagen visade att en dykflaska på 6 liter med 300 bars tryck skulle räcka till ungefär 150 avfyrningar. Ett så stort antal avfyrningar per dykflaska innebär att en flaska skulle räcka till en avfyrning var tredje dag i ett år.

De ingående parametrarna i allmänna gaslagen (1) är:
(White 2011)

$$pV = nRT \quad (1)$$

p = tryck	V = volym
n = substansmängd	R = gaskonstanten
T = temperatur	

För att få ner trycket från 300 bar i dykflaskan till 6 bar i den pneumatiska cylindern krävs en eller flera regulatorer. För dykning används i vanliga fall regulatorer i två steg. En direkt vid flaskan som sänker trycket till cirka 50 bar och en vid dykarens mun som tar ned trycket ytterligare till en bra nivå för inandning av luften. Urladdningen från dykflaskan till cylindern behöver ske på 0,3 sekunder. Vid kontroll med regulatorer på marknaden visade det sig inte vara några problem att nå upp till dessa hastigheter. Det fanns även elektroniskt styrda regulatorer som kan variera vilket tryck som ska användas.

Tack vare dykflaskans begränsade storlek kan den placeras uppe i skyddslådan. Det minimerar dragning av luftslangar, vilket leder till mindre tryckförluster och mindre risk för trassel.

6.5 Hissanordning

En lösning som tidigt var aktuell för att vinkla upp skyddslådan var att montera en elektriskt driven servomotor. Med de kraftbehov som föreligger ansågs denna lösning kräva en alltför platskrävande motor för att på ett bra sätt kunna byggas in.

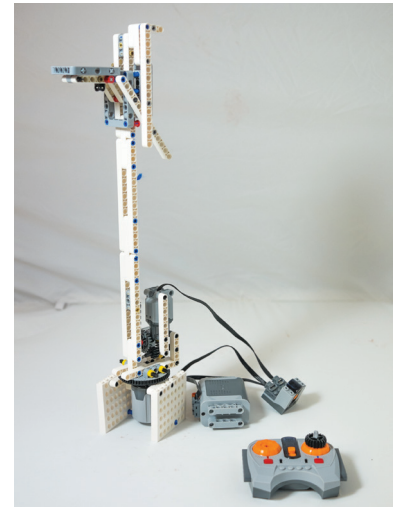
Istället utvecklades en enklare lösning som innehöll färre komponenter. En anordning utvecklades som sköter både hissande och vinklande av skyddslådan vid användning. Dess uppgift är att efter återmontering av drönaren hissa upp skyddslådan till sitt viloläge. Hissanordningen ska även vinkla upp skyddslådan till rätt avfyrningsvinkel.

För att minimera antalet komponenter och därmed möjliggöra en enklare konstruktion kommer samma komponenter som hissar upp skyddslådan även att användas för att vinkla upp den. Två olika rörelser kan då utföras med hjälp av endast en enhet, vilket gör hissanordningen mer kompakt. Kompaktheten är önskvärd vid konstruktionen av pelaren för att göra den inte ska bli för stor. I utvecklingsarbetet användes Lego, figur 6.9, för att testa olika mekaniska lösningar för hiss- och vinklingsfunktionen.

Färdiga lösningar som kan användas för att hissa upp skyddslådan finns redan. Ulf Nilsson på Aratron rekommenderade en remdriven lösning. Den består av en vagn som drivs upp och ner längs en aluminiumprofil med hjälp av en kuggrem som i sin tur drivs av en motor. På grund av att hissning och vinkling är tänkt att kombineras till samma komponent kommer belastningen bli för hög för en remdriven lösning.

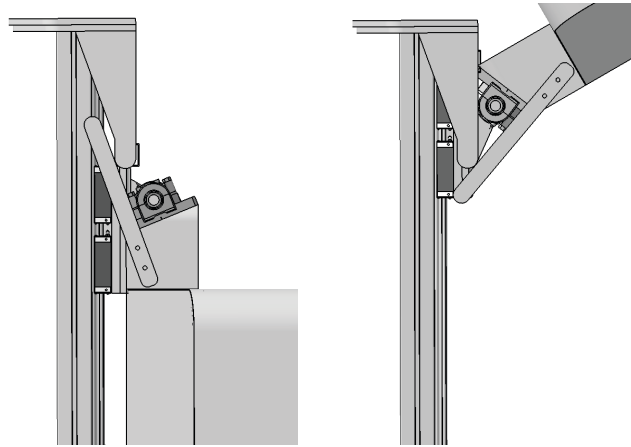
Istället för den remdrivna lösningen för att hissa och vinkla upp skyddslådan användes istället en kulskruvsdriven. En lösning där det är en skruv som ser till att skyddslådan hissas upp klarar av mycket höga belastningar. Dessa kulskruvar används bland annat för att lyfta bilar i verkstäder. Även här var Ulf Nilsson på Aratron behjälplig med konsultation.

För att hissning och uppvinkling av skyddslådan ska vara så enkel som möjligt sker det helt mekaniskt. När skyddslådan befinner sig i sitt viloläge och det är dags att avfyr drönaren kommer kulskruven börja röra sig uppåt och skyddslådan börjar hissas.



Figur 6.9

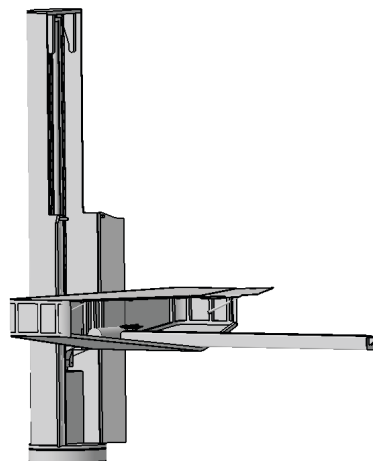
Lego-modell av hissanordning.



Figur 6.10
Illustration som visar hissanordningen i viloläge (t.v.) respektive i uppvinklat läge (t.h.).

I bakkant på skyddslådan placerades rotationsarmar. Inne i pelaren sattes mothåll i vägen för rotationsarmarnas rörelseriktning. När armarna träffar mothållen kommer de hållas i position samtidigt som den kulskrivsdrivna vagnen fortsätter uppåt. Detta skapar en momentarm som i sin tur får skyddslådan att rotera runt en axel. Ju högre vagnen hissas, desto större vinkel kommer skyddslådan få gentemot marken. Se figur 6.10.

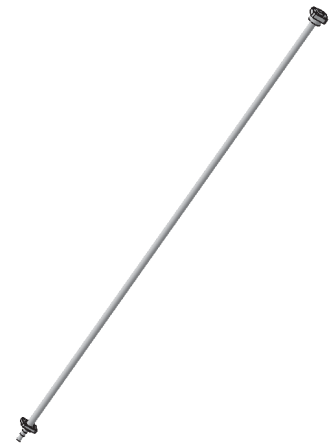
När drönaren sedan är avfyrad kommer kuls kruven hissas ner igen och därmed vinkla ner skyddslådan. Ska skyddslådan gå ner i sitt viloläge kommer det vinklas ner hela vägen på samma sätt som när det vinklades upp. Om drönaren istället ska återmonteras kommer skyddslådan vinklas ner tills det når en vinkel parallellt med markplanet. När det har nått denna vinkel kommer vinkeln låsas fast och skyddslådan kan då hissas ner hela vägen till marknivå för att möjliggöra återmontering, figur 6.11.



Figur 6.11
Skyddslådan i återmonteringsläge

6.5.1 Kulskruv

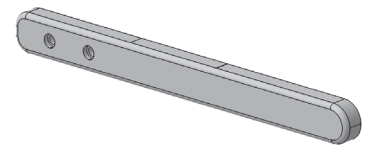
Kulskruven är den grundläggande komponenten som ska se till att hissa upp skyddslådan, figur 6.12. Förflyttningen av vagnen längs kulskruven görs med hjälp av en gängad stång som drivs av en motor i botten av konstruktionen. Den ska klara av att lyfta skyddslådans tyngd, men även att åstadkomma den kraft som behövs för att häva upp skyddslådan vid uppvingling.



Figur 6.12
Kulskruven som hissar skyddslådan.

6.5.2 Rotationsarm

Rotationsarmen, figur 6.13, utgör den hävarm som ser till att skyddslådan vinklas upp vid användning. För att minska belastningen som armen utsätts för används två likadana rotationsarmar. De fästes i bakkant av skyddslådan. När skyddslådan hissas upp och armarna kommer i kontakt med mothållet som sitter inne i pelaren kommer skyddslådan vinklas upp. Detta innebär att armarna kommer att utsättas för höga belastningar på grund av hävarmseffekten som uppstår. Därför har hållfasthetsberäkningar utförts för att säkerställa att armarna håller.



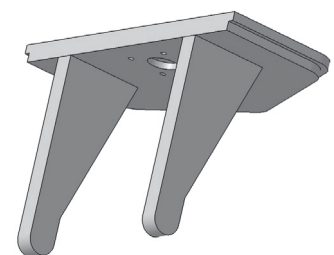
Figur 6.13
En av rotationsarmarna.

För att få en säkerhetsmarginal vid konstruktion av rotationsarmarna är det önskvärt att armarna ska klara av att rotera hela skyddslådan var för sig. Axeln och mothållen placerades nära varandra för att ge en så kort höjdedstranslation som möjligt när skyddslådan vinklas upp. Detta leder i sin tur till att hävarmen mellan axel och mothåll blir kort. På grund av den korta hävarmen kommer avståndet från skyddslådans masscentrum till axeln bli sju gånger så långt som avståndet från mothållet till axeln. Belastningen som rotationsarmen blir utsatt för kommer alltså bli sju gånger så hög som skyddslådans totala vikt.

Skyddslådan väger ungefär 120kg enligt beräkningar i CATIA V5, med säkerhetsmarginalen i åtanke betyder detta att en rotationsarm måste klara av en last på 8,3 kN. Detaljerad ritning finns tillgänglig i bilaga 9.

6.5.3 Mothåll

Denna komponent består av två stycken specialformade metallstycken, ett till varje rotationsarm, se figur 6.14. Dessa utformades så att rotationsarmarna kan glida längs dessa samtidigt som rotationen sker. Mothållet måste tåla höga belastningar från



Figur 6.14
Mothåll med fäste högst uppe på pelaren.

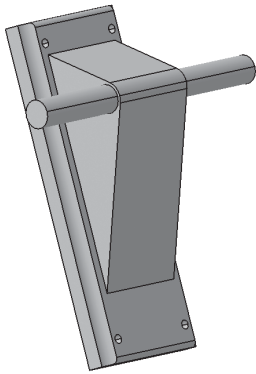
det moment som uppstår till följd av att skyddslådan vinklas upp. De sattes fast i en metallplatta längst upp på pelaren. I plattan sitter även ett rotationsfäste för kulskrusansordningen som hissar upp skyddslådan och ger den extra stabiliteten. Mothållet tillsammans med plattan som de sitter fast i utgör pelarens tak och ska därmed skydda den mekanik som sitter inuti pelaren.

För att säkerställa att denna produkt klarar av belastningarna den kommer att utsättas för i samband med rotation har en hållfasthetsanalys utförts. I dessa beräkningar antogs att varje mothåll ska klara av samma belastning på 8,3 kN som rotationsarmarna, även här för att få en säkerhetsmarginal. Ritning för tillverkning av denna komponent finns i bilaga 9.

6.5.4 Axel

Eftersom axeln, figur 6.15, kommer vara den enda komponent som länkar ihop skyddslådan med hissanordningen behöver den klara av höga belastningar. För att säkerställa att belastningarna inte blir för höga samt för att skapa ett bra underlag vid materialval har hållfasthetsberäkningar utförts på axeln.

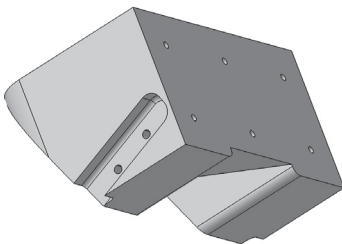
Axeln är en kritisk komponent och för att säkerställa att den ska hålla har den i beräkningarna belastats med en vikt på 17,8 kN. Den siffran har beräknats då axeln ska klara samma belastning som rotationsarmarna, plus egenvikten av skyddslådan.



Figur 6.15
Axel med montering till vagnarna.

6.5.5 Upphängning av skyddslåda

Mellan skyddslådan och axeln behövs en kopplingspunkt, figur 6.16. Denna upphängning behöver ha fästpunkter för rotationsarmarna. På grund av att rotationsarmarna sitter fast här behöver även denna komponent klara av samma belastning som rotationsarmarna blir utsatt för. Därför har samma last använts för upphängningen när hållfasthetsberäkningar har genomförts. Varje fästpunkt för armarna kommer få en belastning av 8,3 kN var, på så vis fås den önskade säkerhetsfaktorn även här.



Figur 6.16
Upphängningen av skyddslådan.

Fast i upphängningen monterades två stycken kullager som sedan passades fast på axeln för att tillåta att skyddslådan roterar friktionsfritt runt axeln. De kullager samt tillhörande kullagerhus som valdes till konstruktionen finns i bilaga 8. Dessa har valts för

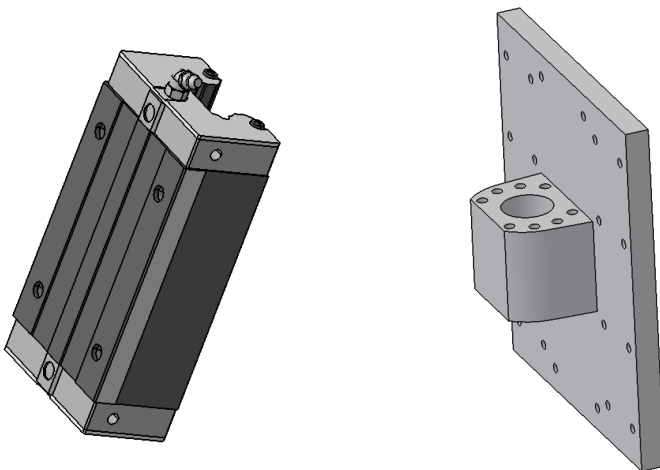
att de ska passa på axelns dimensioner samt för att klara av samma laster som axeln utsätts för. Ritning för tillverkning av denna komponent finns i bilaga 9.

6.5.6 Räls och vagnar

För att möjliggöra den vertikala rörelsen som sker vid hissning av skyddslådan rör upphängningen sig längs räler. Dessa räler monterar på en aluminiumprofil med måtten 80x80 mm, figur 6.17, för att uppnå stadga i konstruktionen. Aluminiumprofilerna levereras i olika dimensioner tillsammans med rälsen och Ulf Nilsson på Aratron har hjälpt till vid dimensionering. Detta är viktigt på grund av höjden på konstruktionen och då för att undvika knäckning. För att tåla sidobelastningar från exempelvis vind har två profiler med skenor och vagnar använts. Totalt har två vagnar på varje räl använts, figur 6.18, för att tåla snedbelastningar från alla tänkbara håll.

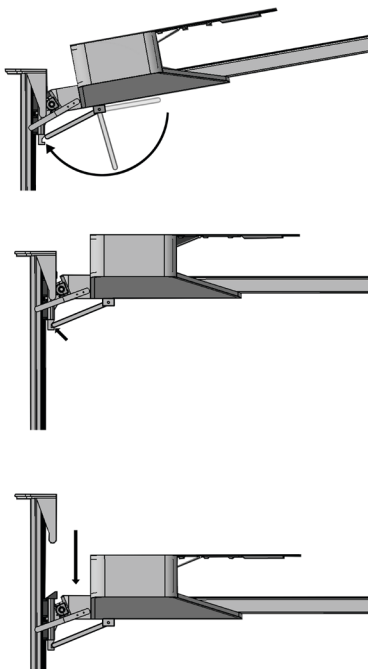


Figur 6.17
Rälerna som skyddslådan löper längs.

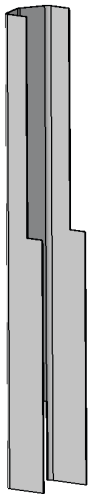


Figur 6.18
En av de fyra vagnarna (t.v.).
Fästplattan mellan vagnarna och axeln (t.h.).

På dessa fyra vagnar sattes en gemensam fästplatta, figur 6.18, som ser till att vagnarna rör sig som en enhet. Förutom att hålla ihop vagnarna är plattan fäst i kuls kruven som hissar upp hela anordningen. I denna platta har därför fästen konstruerats för kuls kruven. Plattan är även fästpunkten för skyddslådan och ser till att hålla upp dess vikt vid de olika lägen som det befinner sig i. Lasten som fästplattan ska klara av är samma belastning som axeln till skyddslådan. Därför har hållfasthetsberäkningar utförts på denna med belastningar på 17,8 kN.



Figur 6.19
Bild på rotationslåsningen.



Figur 6.20
Pelaren utan innehåll.

6.5.7 Motor

Motorn som driver kulskraven är dimensionerad för att klara av att leverera det moment som behövs vid den hastighet som kulskraven roterar. Eftersom motorn placerades längst ner på kulskraven behövdes det utrymme för den i botten av pelaren. Det fanns därmed i åtanke vid utformningen av pelaren.

Det moment som motorn behöver leverera har beräknats bli 16 Nm. Fullständiga beräkningar återfinns i bilaga 11. Med detta som grund har en motor med tillhörande växellåda valts. Växellådan behövs för att åstadkomma tillräckligt moment. Den motor som valts är en tappväxelmotor med medföljande tappväxel. Syftet med en tappväxelmotor är att spara plats i det utrymme där motorn är placerad. Eftersom motorn inte behöver placeras direkt under kulskraven finns extra utrymme att utnyttja till andra komponenter.

6.5.8 Rotationslåsning

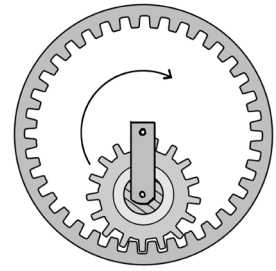
När drönaren har avfyrats och skyddslådan ska hissas ner för att förbereda en återmontering behöver den befinna sig i en vinkel parallell med markplanet. För att detta ska vara möjligt fälls en arm, se figur 6.19, från skyddslådan in till ett fäste i fästplattans nederkant. Armen bildar då ett stöd som behåller vinkeln. Den manövreras med en linjäraktuator som sitter inne i skyddslådan. När drönaren sedan är monterad hissas den upp så pass högt att mothållen tar över belastningen från armen så att den kan fällas tillbaka mot skyddslådan.

6.6 Pelare

Pelaren är den del av avfyrningshuset som står för det huvudsakliga skyddet av konstruktionen som sköter de olika momenten som avfyrningshuset utför. Pelaren bär även upp konstruktionens komponenter samt bidrar med stabilitet. Utformningen av pelaren har skett iterativt i en process där hållfasthet har varit en viktig aspekt då den ska hålla för en vindbelastning på 4,16 kN. Se figur 6.20 för slutgiltig utformning av pelaren. Ritning på denna komponent återfinns i bilaga 9.

6.6.1 Svängkrans

För att avfyrningshuset ska kunna rotera vid anpassning efter vindförhållanden behöver hela konstruktionen vila på en lagrad enhet. Den lagrade enhet som ser till att pelaren roterar fritt behöver bära hela Vimpels tyngd samt ta upp det moment som skapas av husets vindmotstånd vid starka vindar. Lagret behöver även kunna roteras med hjälp av en motor. Det lämpar sig därför att lagra med hjälp av en svängkrans som håller ihop pelaren med en bottenplatta som är förankrad i marken där vimpeln står placerad. För att möjliggöra att en motor styr rotationen av pelaren behöver svängkransen vara försedd med kuggar. På så vis går det att koppla ihop detta med ett kugghjul som är fäst i motorns drivande axel och rotation blir då möjlig, se figur 6.21.

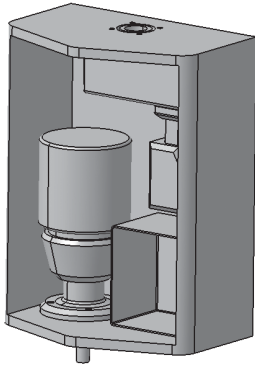


Figur 6.21
Illustration av svängkrans där motorn roterar det lilla kugghjulet.

Ett exempel med en tilltänkt svängkrans med en diameter på 505 mm testades med avfyrningshusets vikt som axiell belastning samt ett böjmoment från vindens kraft. För att ge en realistisk uppskattning av de maximala krafterna från vinden valdes den högst uppmätta vinden från svenska kusten på 40 m/s (SMHI 2014). Med den vinden gavs ett böjmoment på 10,4 kNm (Bilaga 7). Med en axialbelastning motsvarande avfyrningshusets vikt klarade svängkransen ett böjmoment på 30 kNm, vilket är nästan 3 gånger så mycket som krävdes.

6.6.2 Motor

Motorn som ska driva rotationen behöver klara av att dra den lasten som avfyrningshusets vikt tillför, även då vinden är kraftig. Eftersom avfyrningshuset har ett stort vindfång kan det bli en högre belastning för motorn när avfyrningshuset roteras mot vinden. Den motor som har valts är monterad fast i botten av pelaren och dess axel sticker ner i nivå till svängkransen. I axeln sitter ett kugghjul monterat för att föra över det moment som motorn skapar till svängkransen som därmed roterar huset. Med hänsyn till motorns placering, kugghjulsstorlek, svängkransens diameter samt uppvridning mot stark vind beräknades det maximala moment motorn behöver leverera till ca 55 Nm (beräkningar i bilaga 12). För att uppnå detta valdes en elmotor med en tillhörande kuggväxel.



Figur 6.22
Motorrum med motorer och
övriga komponenter.

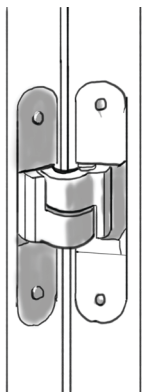
6.6.3 Motorrum

Förutom elmotorerna som driver de olika rörelserna vid avfyrning av drönaren kommer pelaren även behöva husa det system som ska styra vimpeln. Detta system innebär bland annat en dator som har kontroll över alla delsystem samtidigt som den har kontakt med den centrala styrningen som styr allt. Denna dator är i behov av att sitta skyddad inuti pelaren då den är känslig för fukt och för stötar. Datorn tillsammans med annan känslig utrustning måste därför ha ett utrymme där den sitter skyddad inuti pelaren.

För att optimera platsanvändningen används samma utrymme, se figur 6.22, som elmotorerna är monterade i till att skydda den mer känsliga utrustningen. För att lättare komma åt motorerna samt de mer känsliga komponenterna när det kommer till underhåll är detta utrymme placerat längst ner i pelaren. Detta utrymme är åtkomligt från pelarens baksida genom två låsta dörrar som håller komponenterna säkra från stöld och skadegörelse. Ritningar för denna komponent finns i bilaga 9.

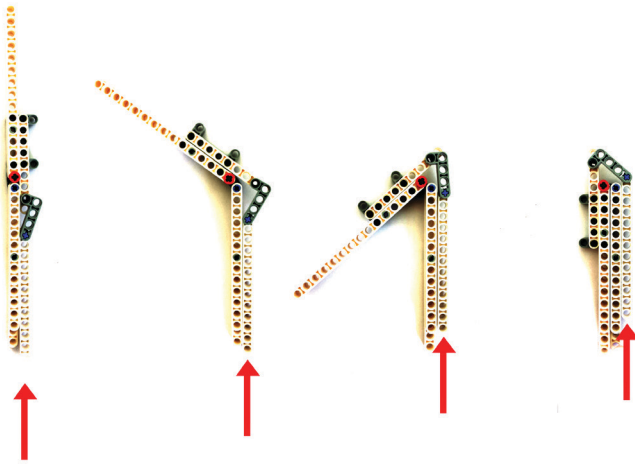
6.6.4 Dörrar

Dörrarnas uppgift är att sluta tätt då avfyrningshuset står i viloläge. Detta gör att de måste öppnas för att släppa ut rampen vid uppvinning och vid nedhissning av skyddslådan. Vid avfyrning öppnas luckorna tillräckligt för att bara rampen precis kommer ut. Efter avfyrning fälls rampen in igen, nu med släden i ett läge längst ut på rampen, luckorna har därför dimensionerats så att de sluter tätt runt både ramp och släde. När skyddslådan ska hissas ner för återmontering av drönaren behöver luckorna öppnas ungefär 180 grader för att komma ur vägen för skyddslådan. Dolda gångjärn likt figur 6.23 har därför valts, dels för deras höga vinklingsgrad och dels för att de skyddas då luckan är stängd.



Figur 6.23
Dolda gångjärn för att möjliggöra
öppning i 180 graders vinkel.

För att kunna styra luckorna elektroniskt används linjäraktuatorer. För att möjliggöra den stora vinklingen med hjälp av linjäraktuatorerna har en speciell konceptuell princip för en länkad hävarmskonstruktion utvecklats med hjälp av Lego, se figur 6.24. Konstruktionen består av en hävarm på dörren som sticker ut bakåt, en linjäraktuator som kan skjutas fram och tillbaka, samt en böjd länkarm som med ledande fästen sammankopplar linjäraktuatorn och hävarmen.


Figur 6.24

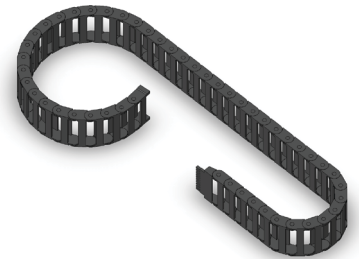
Funktionsmodell i Lego över hur gångjärnen skulle kunna fungera.

6.7 Energiförsörjning

Inuti pelaren går kablar för drönarens strömförsörjning. De kommer att följa med i skyddslådans förflyttning i höjdlid på pelaren. För att undvika trassel och skador på kablarna går de längs en kabelkedja, se figur 6.25.

En uppskattning visar att avfyrningshuset förbrukar 79,2 Wh per avfyrning. Där ingår rotation av pelaren, hissning och vinkling av skyddslådan samt laddning av drönaren efter utfört uppdrag. Siffran visar att det skulle vara möjligt att försörja huset med ett system av batterier och solpaneler. Ett batteri med en kapacitet på 80 Ah tillsammans en solcellspanel med en effekt på 100 W skulle uppskattningsvis klara av att försörja huset en viss avfyrningsfrekvens. Batteriet räcker för minst en avfyrningsprocedur, sedan beror det på hur snabbt solcellspanelerna lyckas ladda batteriet för att veta med vilken frekvens drönarna kan avfyras.

Elförbrukningen för drönarhuset behöver dock undersökas mer noggrant. Förbrukningen för datorenhet, linjäraktuatorer samt övervakningsutrustning är inte medtagna i uppskattningen eftersom deras förbrukning är okänd. Därför är det för tidigt att konstruera en lösning med solpaneler. Fullständig uppskattning för energiåtgången finns i bilaga 6.


Figur 6.25

Kabelkedja (Silberwolf 2007).

6.8 Materialval

I följande avsnitt behandlas de materialval som gjorts under detaljkonstruktionen av avfyrningshuset. Endast de komponenter som behöver framställas själva behandlas, inte de som köps in färdiga. För de komponenter som belastas med stora laster har materialvalet varit en iterativ process där olika material testats med hjälp av FEM-beräkningar.

6.8.1 Skyddslåda och ramp

Skyddslådan och rampen utsätts endast för lägre belastningar då de inte bär andra tunga konstruktioner. Då de hissas och vinklas upp och ner av andra bärande konstruktioner behöver deras vikt minimeras. Gemensamma huvudegenskaper för de material som används i skyddslådan och rampen är att de behöver tåla lägre belastningar samt att de behöver ha låg vikt.

Skyddslådan

Den ram som utgör stommen i skyddslådan behöver utöver huvudegenskaperna vara vridstyv och tillräckligt stark för skydda drönaren och kunna motstå vindmotståndet. Material med vilket detta kan uppnås är stål, aluminium eller någon form av kompositmaterial. Då kompositmaterial är mycket dyrare att bygga med samt svårare att underhålla faller det bort. Aluminium är både lättare än stål samt har mindre negativ påverkan på naturen om det är återvunnet (bilaga 13), vilket gör att återvunnet legerat aluminium är det slutgiltiga valet.

De täckande ytorna som klär skyddslådan behöver utöver huvudegenskaperna utgöra ett bra skydd mot skadegörelse samt ha en yta som tål alla väderförhållanden. Material som kan uppfylla dessa krav är bland annat polymerer, kompositmaterial eller en lätt metall som aluminium. Här valdes återvunnet legerat aluminium som det material att arbeta med då det uppfyller alla krav bäst samt har låg negativ påverkan på naturen (bilaga 13).

För att konstruera det fönster som utgör skyddslådans framsida samt skyddslådans luckor krävs ett material som utöver huvudegenskaperna har god genomskinlighet, god yta, och kan ge ett bra skydd mot skadegörelse. Tänkbara material för detta är polykarbonat, plexiglas eller fönsterglas. De båda polymererna

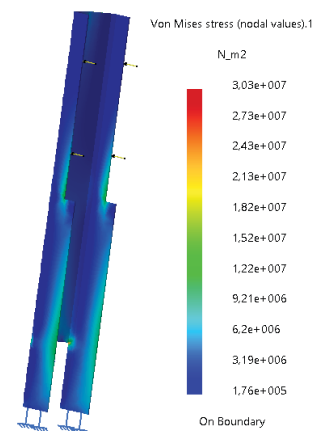
erbjuder bättre skydd än glaset i förhållande till sin vikt. Plexiglas är något bättre än polykarbonat i miljösynpunkt, men då polykarbonat dels har finare yta samt är mycket mera slagåligt (bilaga 13) valdes till slut polykarbonat som det material att gå vidare med.

Rampen

Rampens material behöver egenskaper som utöver huvudegenskaperna är styvt för att tillåta precisa avfyrningar. Återvunnet legerat aluminium uppfyller samtliga krav och valdes således.

6.8.2 Pelare

Pelaren är den stomme som bär upp avfyrningshusets samtliga komponenter. Dess material behöver ta upp den last som avfyrningshusets vikt skapar samt de krafter som skapas då vinden belastar konstruktionen. Pelaren behöver även behöva klara viss fysiskt våld och samtliga väderförhållanden. Inget krav på låg vikt finns. Vid beräkningar där pelarens utformning testades som en 10 mm tjock plåt bockad till en U-form uppstod det spänningstillstånd som visas i figur 6.26. Den högsta spänningen som uppkommer är 30 MPa. Detta är långt under sträckgränsen för konstruktionsstål. Denna överdimensionering är ändå relevant för att ge stabilitet och säkra dess konstruktion från skadegörelse. Då inget krav på låg vikt finns anses stål vara ett bättre material än exempelvis aluminium eftersom pelaren då kan konstrueras med mer vedertagna metoder. Pelarens material sattes således till 10 mm tjock bockad stålplåt.

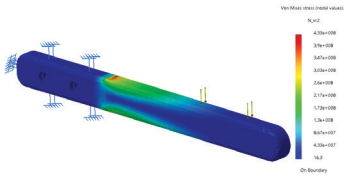


Figur 6.26
FEM-beräkningar för pelaren.

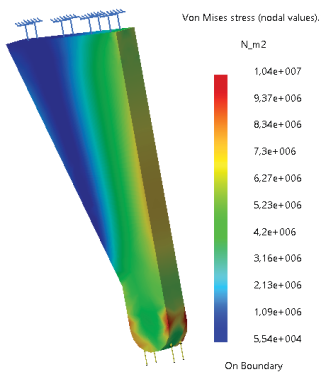
6.8.3 Hisskonstruktion

Kring hisskonstruktionen finns många egentillverkade detaljer. Dessa detaljer behöver också utstå höga belastningar varför det har räknats med goda säkerhetsmarginaler. Se tidigare avsnitt om de specifika detaljerna där det finns angivet exakt med vilka krafter som har räknats. De delar som är i hisskonstruktionen men som inte är kritiska ur hållfasthetssynpunkt har valts så lätta som möjligt för att minska de totala belastningarna. De delar ur hisskonstruktionen som är statiska har inga viktkrav.

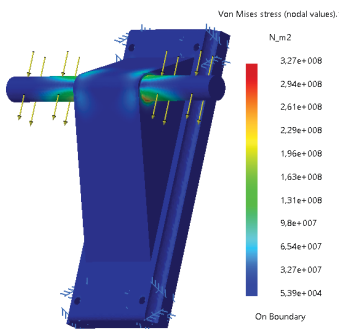
Detaljerna i följande avsnitt har först hållfasthetsberäknats utifrån stål, för att därefter optimera där det funnits utrymme. Stål har valts på grund av en hög sträckgräns, väl vedertagna tillverkningsprocesser och stumhet.



Figur 6.27
FEM-beräkningar för rotationsarm.



Figur 6.28
FEM-beräkningar för mothåll.



Figur 6.29
FEM-beräkningar för axel.

Rotationsarmar

Denna detalj belastas med väldigt höga böjande krafter. Se figur 6.27 för detaljer om var de största spänningarna uppkommer. Den största spänningen som uppkommer enligt beräkningarna är 430 MPa. Detta är över sträckgränsen för vanligt konstruktionsstål, varför det för denna förhållandevis detalj valts ett höghållfast stål. Motiveringen till det var detaljens storlek och även en framtida möjlighet att optimera komponenten för att kunna konstruera den med konstruktionsstål.

Mothåll

Rotationsarmarna verkar direkt på mothållen varför dessa kommer utsättas för samma belastning. Dessa har däremot en mycket gynnsammare utformning för att utstå med en så hög last. Sträckgränsen enligt beräkningar uppgår till ungefär 10 MPa, se figur 6.28, vilket är väl under konstruktionsståls sträckgräns. Genom att detaljen är statisk finns inga krav på vikt varför stål används till denna detalj.

Axel

Axeln som fungerar som rotationsaxel för skyddslådan kommer även denna utstå med ungefär samma laster som mothållet och rotationsarmarna. För axeln finns därför stora krav på hållfasthet, men även stumhet då de har en roterande part kopplad till sig. Beräkningar visar att det för denna detalj uppkommer belastningar på 330 MPa, koncentrerade till den inre delen av axeln, se figur 6.29. Denna belastning ligger under konstruktionsståls sträckgräns varför det med de goda marginaler som använts vid beräkningarna kan anses hålla. Därför valdes konstruktionsstål till denna detalj.

Upphängning av skyddslåda och fästplatta

Upphängningen av skyddslådan och fästplattan är båda detaljer som rör sig i konstruktionen vid hissning av skyddslådan. Därför är vikt en viktig aspekt för dessa detaljer. Båda detaljer behöver utstå med höga belastningar, men båda detaljer är även gynnsamt utformade för belastningar. Först sker en beräkning med stål för att se vilka spänningar som uppkommer. För båda detaljer ligger spänningarna kring 20 MPa enligt figur 30 och 31. Vid ett test med aluminium ses en märkbar minskning i vikt, medan spänningskoncentrationerna håller sig i ungefär samma nivå som innan. Därför valdes aluminium för dessa detaljer.

6.9 Systembeteende

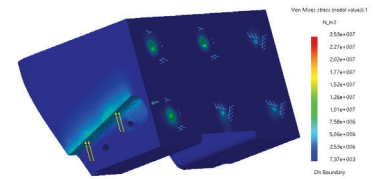
Avfyrningshuset består av flertalet motorer och mekanismer. För en lyckad avfyrningsprocess behöver dessa komponenter arbeta tillsammans som ett system. Hur detta system är utformat att fungera beskrivs nedan.

6.9.1 Uppfällning

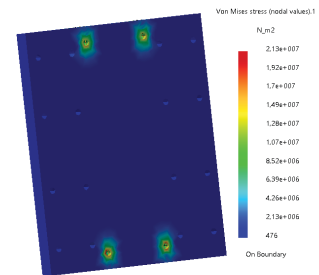
I det första steget av avfyrningssekvensen ges en situationsrapport där vindens riktning, styrka samt stabilitet läses av. Baserat på data från vindmätaren sker sedan en av följande processer. Vid väldigt låga vindar kan avfyrningshuset vridas upp i valfri avfyrningsriktning, sedan fälls skyddslådan och rampen upp till avfyrningsposition. Vid väldigt starka vindar vrids avfyrningshuset ifrån vinden, i den positionen fälls skyddslådan och rampen upp för att med hjälp av vinden underlätta uppvinklingen. Sedan roteras avfyrningshuset mot vinden. I ett spann mellan den lägre och högre vindgränsen vrids avfyrningshuset istället direkt upp mot vinden för att sedan fälla upp skyddslådan och rampen. Detta för att direkt positionera huset i sin avfyrningsposition. De olika avgränsande vindhastigheterna är inte bestämda då fullständig aerodynamisk data för en slutgiltigt tilltänkt drönare inte är tillgänglig.

6.9.2 Avfyrningsriktning

I nästa steg bestäms den exakta avfyrningsvinkeln kring en vertikal axel. Önskvärt vore en så stor frihetsgrad som möjligt för piloten som styr avfyrningen, för att kunna anpassa avfyrningen till omgivningen. I ett vindstill scenario kan drönaren avfyras i valfri vinkel, när vinden ökar måste avfyrningsvinkeln ligga närmre vindriktningen för att i hård vind avfyras rakt mot vinden. Begränsande i detta fall är den relativa sidvind som rör sig över drönaren vid en avfyrning i sidvind. För att få fram det begränsande förhållandet mellan sidvind och motvind över drönaren skulle omfattande aerodynamiska studier behövas göras på referensdrönaren. Dessa studier har inte behandlats i detta projekt då de anses ligga utanför projektets ramar.



Figur 6.30
FEM-beräkningar för upphängningskomponent.



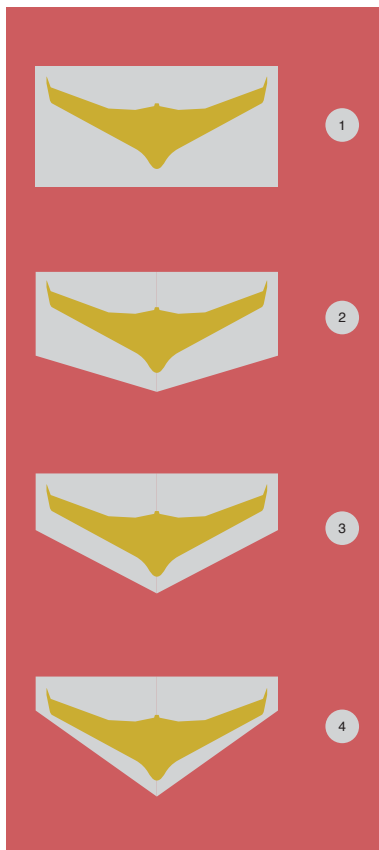
Figur 6.31
FEM-beräkningar för fästplatta.

6.9.3 Avfyrningsvinkel

För att minimera den zon avfyrningen tar upp vid avfyrning kommer drönaren avfyras i den högsta vinkel relativt horisontalplanet som tillåts av rådande vindförhållande. I ett vindstilla scenario kommer avfyrning ske i 30 graders vinkel från horisontalplanet. Vid ökande vind minskar avfyrningsvinkeln enligt en kurva likt den som arbetats fram i avsnitt 4.6 - Avfyrningsvinklar. Den exakta kurvan skulle behöva bestämmas specifikt för referensdrönaren genom aerodynamiska tester och beräkningar.

6.9.4 Avfyrningshastighet

För att undvika att drönarens hastighet relativt vinden överskrider drönarens maxhastighet sänks avfyrningshastigheten i det scenario då drönaren avfyras i stark motvind.



Figur 6.32
Silhuett av planet i olika skyddslådor för formanalys.

6.10 Estetik/uttryck

Drönare förknippas ofta med militär användning och får därför mycket negativ publicitet. Detta var något som var viktigt att komma bort ifrån i detta projekt. Här gällde det istället att förmedla nyttan som det här systemet skulle kunna utgöra vid sjöräddning. För att komma fram till en form på skyddslådan genomfördes en analys av lådans silhuett enligt figur 6.32.

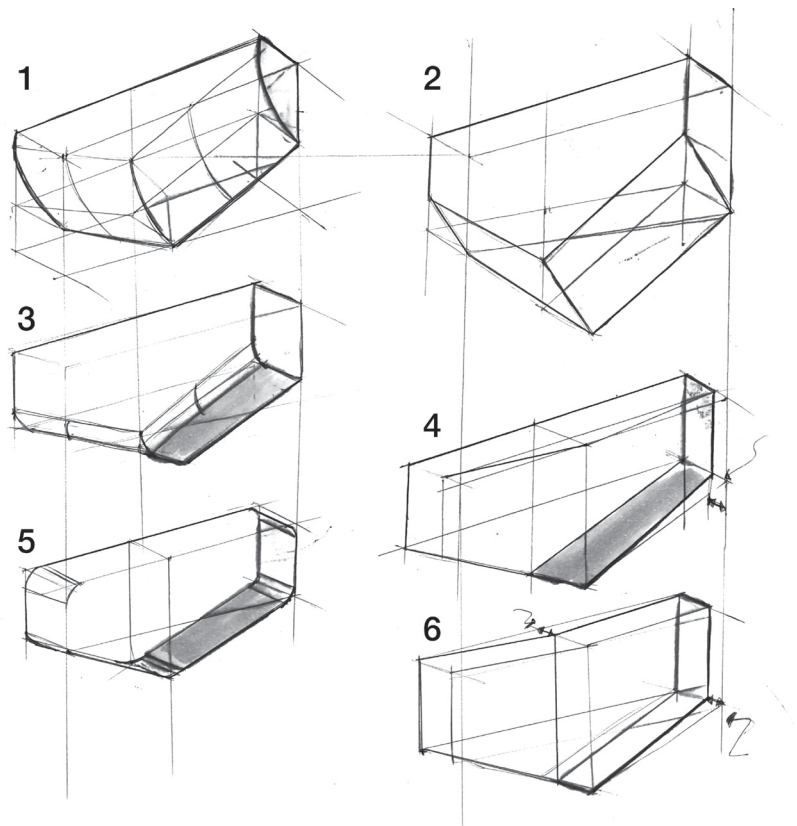
6.10.1 Silhuett

Utifrån analysen av skyddslådans silhuett konstaterades att med en helt rektangulär låda, enligt den första silhuetten, blir det mycket utrymme som inte används till något. Det blir också onödigt stort vindfång med denna form på lådan. Även andra silhuetten ansågs vara onödigt stor.

Om vinkeln istället blev väldigt spetsig som i den fjärde silhuetten uppfattades skyddslådan som aggressiv. En mer balanserad silhuett ansågs vara nummer tre. Den har inte lika stort outnyttjat utrymme som silhuett ett och två och är inte heller lika aggressiv i sitt uttryck som silhuett fyra. I och med att den följer formen på drönaren blir det också tydligare vad som finns i lådan.

6.10.2 Formanalys av skyddslådan

Nästa steg i formanalysen var att undersöka formen på skyddslådan ytterligare i tredimensionella skisser. Här utforskades främst



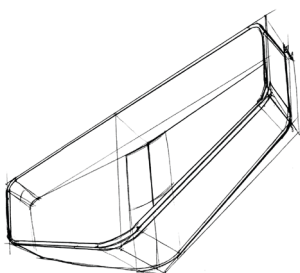
Figur 6.33
Tredimensionella skisser av skyddslådan.

olika typer av rundningar och avfasningar. Formerna med vassa kanter och spetsiga avfasningar blir aggressiva och för lätt tankarna till militära objekt.

Skyddslådan kommer största delen av tiden vara placerad cirka två och en halv meter upp i luften vilket innebär att människor som passerar på marknivå kommer betrakta lådan underifrån. Därför var det viktigt att se till att förbipasserande kunde se drönaren i skyddslådan underifrån. Det var av denna anledning som både framsidan och luckorna valdes att göras genomsynliga. Olika skisser, figur 6.33, gjordes för att försöka minska risken att listan mellan framsida och luckor skulle skymma sikten av drönaren för mycket.

För att ge mer utrymme åt rampen i mitten av skyddslådan och för att få lådan att kännas tunnare utformades baksidan så att den är djupare i mitten än på sidorna, detta illustreras i figur 6.33, skiss 4.

En viktig del i utformningen av huset var att undvika att ta för mycket uppmärksamhet från själva drönaren. Det är drönaren som är huvudprodukten i systemet och det är den som i första



Figur 6.34
Slutgiltig utformning av skyddslåda.

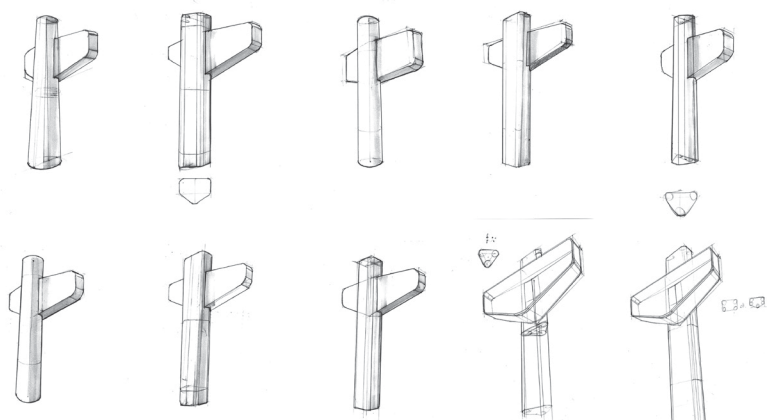
hand kommer vara märkt med SSRS färger och namnet på personen som har donerat den. Därför var tanken att skyddslådan skulle rama in och framhäva drönaren. Det är anledningen till att alltför avancerade former försökte undvikas. Att se till att inte ha några dubbelkrökta ytor underlättar också tillverkningen, framför allt om glas ska användas. Ett enklare formspråk ger också ökade möjligheter för produkten att passa in i olika miljöer.

Den slutgiltiga utformningen av skyddslådan är enligt figur 6.34 en låda med liknande utformning som silhuett 5, figur 6.33, med avrundade hörn. Framsidan hålls helt plan för att underlätta tillverkning medan baksidan är likt skiss 4 i figur 6.33 vinklad så att den är djupare i mitten och smalare på kanterna.

6.10.3 Formanalys av pelaren

När formen på skyddslådan var satt gällde det att utforma pelaren som skyddslådan är fäst på. Många olika former på pelaren utforskades för att hitta den som passade bäst, figur 6.35. Först utforskades en cirkulär profil på pelaren. Alternativ med samma diameter hela vägen upp och alternativ med avsmalnande diameter högre upp undersöktes. Den cirkulära formen ansågs dock inte fungera bra med den mer strikta formen på lådan. Det blev för stor kontrast mellan lådan och pelaren.

För att få en mer enhetlig utformning mellan skyddslådan och pelaren undersöktes pelarprofiler med rektangulära tvärsnitt. Här gällde det att hitta rätt bredd och rätt rundningar av pelarens kanter för att skapa harmoni i förhållande till lådan. Då skyddslådan är bred blev det oproportionerligt med en smal pelare av ett mer kvadratisk tvärsnitt. En smal pelare gjorde också att hela avfyr-



Figur 6.35
Tredimensionella skisser av skyddslådan.

ningshuset uppfattades som instabilt. En bredare pelare skapade ett mer proportionerligt uttryck och gjorde att skyddslådan och pelaren uppfattades som enhetligare.

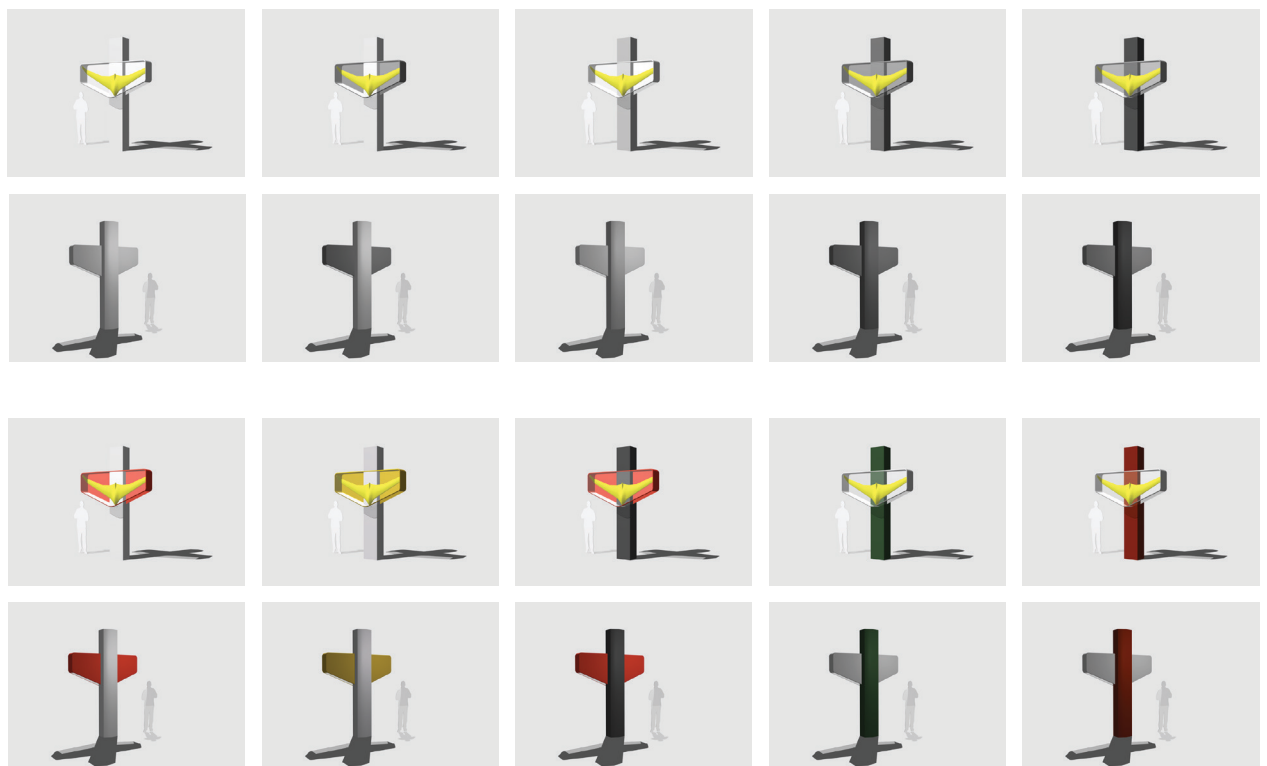
Den bredare rektangulära pelaren utforskades ytterligare och för att knyta an ännu mer till formen på skyddslådan drogs baksidan på pelaren ut med en liknande vinkel som den på baksidan av lådan.

I skedet när formanalysen genomfördes var det inte klart hur stort utrymme som krävdes för de komponenter som skulle rymmas i pelaren. Därför utforskades alternativ med ett större förvaringsutrymme i botten av pelaren.

6.10.4 Färgsättning

Även färgsättningen spelar en avgörande roll för hur väl produkten passar in i miljön. Ett flertal olika färgalternativ testades, figur 6.36. Både enfärgade alternativ i gråskala och alternativ med olika färger på skyddslådan och pelaren undersöktes. Alternativerna med olika färger på skyddslådan och pelaren minskade det önskade uttrycket av en enhetlig produkt. Färgsättningar med kulörstarka färger väcker mycket uppmärksamhet eftersom det är så stora ytor

Figur 6.36
Alternativ för färgsättning.



som färgas. Dessa alternativ anses därför ta för mycket fokus från drönaren och har svårare att passa in i hamnmiljöer.

Produkten blir enklare att placera i miljö om färgskalan hålls neutral genom till exempel användning av gråskala. En vitare färg inom gråskalan valdes då den är mer inbjudande och passar bättre in i hamnmiljön än en färg med mer svärta. Ytterligare tester av färgerna i miljön bör ske innan slutgiltigt beslut om exakt färg fattas.

7

SLUTKONCEPT

Detta kapitel visar hur det slutgiltiga konceptet utformades och hur alla ingående delar samverkar. Det presenterar konceptet på ett mindre detaljerat sätt än kapitel 6, vilket gör att en helhetsbild kan ges till hur konceptet fungerar.

7.1 Genomförande

För att kunna förklara avfyrningshusets funktioner och egenskaper har olika visualiseringsverktyg använts. Framför allt har renderingar från CAD-modellen använts då de visar en realistisk bild av resultaten som en läsare lätt kan ta till sig. För att ge en storleksuppfattning av avfyrningshuset har det i vissa fall renderats tillsammans med skalenliga silhuetter av människor. Även renderingar i miljö har använts för att öka förståelsen för hur avfyrningshuset kommer se ut relaterat till sin omgivning.

Då avfyrningshuset har flera rörliga delar som under användning roteras, vinklas och förflyttar sig kring flera axlar har en funktionsmodell skapats för att tydligt kunna visa hur avfyrningshuset beter sig. Denna mindre modell visar främst på avfyrningshusets funktioner, den ger även en uppfattning kring dess estetiska uttryck såsom former och färger. En skalenlig tvådimensionell modell skapades för att ge en storleksuppskattning av avfyrningshuset.

Under detaljutformningsdelen av arbetet har en prisbild börjat ta form för avfyrningshuset. Då detaljutformningen av avfyrningshuset främst är skapad som en verifiering på att avfyrningshuset är genomförbart har priset för varje komponent inte optimerats.

För att utvärdera slutprodukten av drönarhuset jämförs det i löptext mot de krav och önskemål som ställdes i avsnitt 4.8.3 - Kravspecifikation. Detta för att, till skillnad från utvärderingsmatriser, kunna gå in på djupet och behandla varje specifikt krav och önskemål.

7.2 Presentation av slutkoncept

Antalet uttryckningar för drönaren kommer variera beroende på vilken sjöräddningsstation den är placerad på. Gemensamt för alla drönarhus är att de större delen av tiden kommer befinna sig i viloläget, se figur 7.1. Viloläget innebär att rampen är infälld i pelaren men att huset alltid är redo att vid larm aktiveras och skjuta ut drönaren



Figur 7.1
Slutkonceptet i viloläge.

Huset kommer vara placerat i eller nära hamnmiljö och har därför utformats för att passa in i denna miljö, se figur 7.2. Då hamnmiljön, framför allt under sommaren, är fylld med människor fungerar huset och drönaren även för att marknadsföra SSRS. Drönaren kommer vara märkt med sjöräddningens färger och namnet på donatorn som har donerat pengar för inköpet. Den nedtonade utformningen av drönarhuset framhäver och ramar in drönaren som får stå i fokus.



Figur 7.2
Slutkoncept placerat i miljö.

Vid inkommande larm till SSRS ska en pilot placerad på annan plats än drönarhuset ansvara för att drönaren sätts i bruk. Det är pilotens uppgift att kontrollera att omgivningen är fri från människor och andra föremål vid avfyrning.

Första steget vid inkommande larm blir således för piloten att kontrollera att det är fritt att rotera huset i rätt riktning och fälla upp rampen. Detta steg kallas situationsrapport. Lutningen på rampen beror på vindstyrkan. Vid högre vindhastigheter kommer vinkeln vara flackare och vid lägre vindhastigheter kommer vinkeln vara högre.

Utifrån situationsrapporten kommer huset på pilotens kommando rotera och riktas mot vindriktningen. Därefter öppnas dörrarna som skyddar rampen. När luckorna har öppnats vinklas rampen upp genom hissning med hjälp av en kulskruv och en hävarm som styr vinkeln på huset beroende på vindhastigheten.

När skyddslådan är positionerad i rätt riktning samt rätt avfyrningsvinkel kommer luckorna på skyddslådan öppnas, se figur 7.3. Då luckorna även ser till att hålla drönaren på plats i viloläget, kommer drönaren nu ha en fri väg ut ur skyddslådan. När alla system är redo för avfyrning kommer det göras en sista situationsuppdatering med hjälp av kameran som är positionerad i linje med drönarens färdväg. Detta för att säkerställa att det inte finns någonting i vägen för drönaren när den sänds iväg.

Efter att säkerhetskontrollen är utförd kommer piloten ge klartecknen för avfyrning och påbörjar då avfyrningssekvensen. Detta sker genom att tryckflaskan laddar ur den mängd luft som krävs in i gascylindern. Utväxlingen runt gascylindern tillsammans med en elektriskt styrd regulator ger drönaren korrekt avfyrningshastighet.



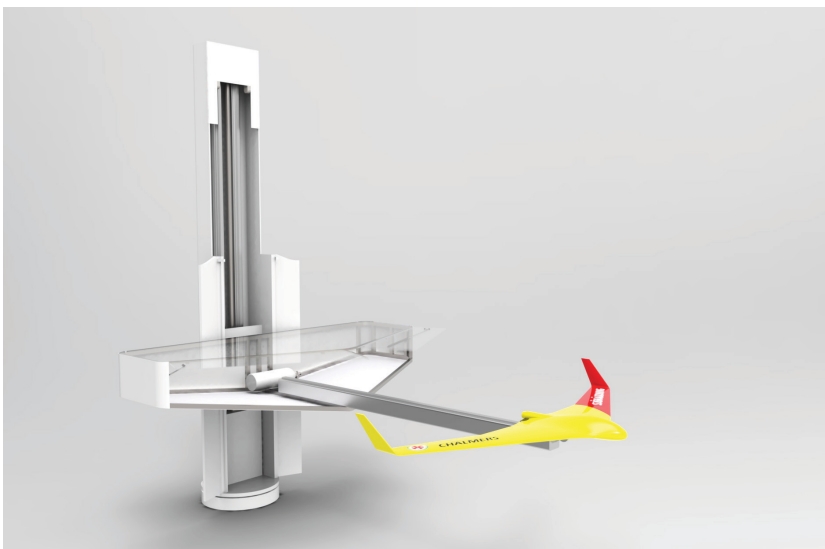
Figur 7.3
Slutkonceptet i uppvinklat
läge vid avfyrning.

När drönaren har lämnat drönarhuset kommer skyddslådan och rälsen åter vinklas ner till sitt viloläge för att invänta återmontering av drönaren, detta sker med samma mekanism som då det vinklades upp. Släden som drönaren åkte på sitter nu längst fram på rälsen och följer med denna in i pelaren när den fälls ned. För att skydda rälsen och även släden kommer pelarens dörrar stängas när de befinner sig inuti pelaren, se figur 7.4. I det skyddade läget står den sedan tills det är dags för återmontering av drönaren igen. Efter ett utfört uppdrag ska drönaren återvända till sin förvaring inuti avfyrningshuset. Skyddslådan hissas uppåt och när skyddslådan befinner sig i vinkeln helt parallellt med marken kommer rotationslåset ta i och säkerställa att lådan stannar i den vinkeln hela vägen ner till marknivå.

Väl nere i monteringshöjd, se figur 7.5, kommer montören dra bak släden och återställa utväxling samt gascylinder för att göra dessa redo för en ny avfyrning. Innan släden går in i skyddslådan sätter montören fast drönaren på släden och för sedan in dem den sista biten in i skyddslådan. Sedan stänger montören luckorna och låser därmed fast drönaren i position. Skyddslådan hissas upp igen längs pelaren och kan sedan vinklas ner hela vägen till sin viloposition, redo för att på nytt avfyra drönaren vid ett inkommande larm.



Figur 7.4
Släde inuti pelaren efter utfört uppdrag



Figur 7.5
Konceptet i återmonteringsläge.

7.3 Fysiska modeller

7.3.1 Funktionsmodell

En funktionsmodell i skala 1:7 skapades med det primära syftet att åskådliggöra hur avfyrningshuset beter sig vid användning, se figur 7.6. Dess sekundära syfte är att visa på hur avfyrningshuset kommer se ut. Det fanns även önskemål från SSRS att få en fysisk modell av avfyrningshuset som de kan visa upp.

Funktionsmodellens yttre delar byggdes med hjälp av trä, KAPA board och plexiglas som formades och lackades. Dess rörliga delar sköts av elmotorer som styrs med hjälp av en mikrokontroller av typen Arduino.

7.3.2 Skalenlig modell

Trots att renderingarna ger en känsla för storleken på avfyrningshuset kan det vara svårt att till fullo uppskatta dess storlek. Därför skapades en förenklad modell av avfyrningshuset i form av en fullskalig utskrift av drönarhuset. Modellen gjordes för att användas vid presentation för SSRS och är även den tänkt att lämnas över till dem.



Figur 7.6
Funktionsmodell i skala 1:7.

7.4 Prisbild

Kostnadsberäkningar för avfyrningshuset har gjorts med avseende på de ingående komponenterna i den mån det har varit möjligt att få tag på en prisuppgift. Det skall också understrykas att fokus genom detaljkonstruktionsfasen var att utveckla en fungerande produkt. Det har därför inte lagts vikt på att optimera lösningarna med avseende på priset. De listade leverantörerna bör heller inte ses som definitiva, utan snarare som förslag på tänkbara sådana till en framtida konstruktion.

I bilaga 8 presenteras en komponentlista med tillhörande prisuppgift. Denna lista innefattar komponenter som ska köpas in färdigtillverkade, alltså inte de detaljer som specialutformats för just detta avfyrningshus. Kostnadsuppskattningen resulterade i ett pris för ingående komponenter på ungefär 65 000 kronor. Ef-

tersom det inte har varit möjligt att få fram prisuppgifter för alla ingående komponenter kommer det slutliga priset att bli högre. Listan finns som stöd för vidare uträkningar av pris när ett mer noggrant tillverkningsunderlag utvecklas.

7.5 Utvärdering

Nedan utvärderas slutkonceptet mot de krav som ställdes i kapitel 4. Första delkapitlet behandlar kraven och det andra delkapitlet behandlar önskemålen.

7.5.1 Kravutvärdering

Produkten ska:

Hålla drönaren startklar

Drönaren hålls startklar i skyddslådan genom att ständigt få underhållsladdning. Vid avfyrning är det också få delar i vägen till en lyckad avfyrning, det är endast de två glasluckorna som behöver öppnas

Kunna få referensdrönaren luftburen i <17 m/s

Drönaren kan skjutas iväg med olika vinklar mot horisontalplanet anpassade efter vindstyrka. Avfyrningshastigheten kan också regleras med hjälp av luftåtgången till cylindern, varför det finns goda möjligheter för avfyrning oavsett vindhastighet.

Kunna få referensdrönaren luftburen i samtliga vindriktningar

Då hela drönarhuset är monterat på en svängkrans finns inga begränsningar i rotation varför det är möjligt att avfyr i alla vindriktningar. Den höga avfyrningspositionen minskar dessutom risken att avfyrningen blockeras i vissa vindriktningar.

Skydda drönaren för vindåverkan

Då skyddslådan omsluter hela drönaren, med undantag för ventilation längs nederkanten, sitter den väl skyddad även vid starka vindar.

Skydda drönaren för nederbörd

Drönaren i sig är inte känslig för väta, varför regn inte är kritiskt. Däremot är drönaren väl skyddad från regn i skyddslådan då den är tät uppifrån och från sidan. Snö och isbildning är inte heller

ett problem då skyddskåpan stänger ute detta. För att verifiera hela drönarhusets funktion vid temperaturer under noll skulle en verklig prototyp behöva byggas.

Kunna tillverkas i 70 exemplar

Detta krav är svårt att verifiera utan att ha byggt en prototyp för att se vilka tillverkningssvårigheter som finns. Däremot har tillverkningsprocesser som kräver stora investeringskostnader undvikits.

Rymma plan och startanordning

Skyddskåpan innehåller både drönare och den bakre delen av avfyrningsrampen. Resterande del av rampen är skyddad bakom luckor i pelaren.

Möjliggöra säker återmontering av drönaren

Då skyddslådan kommer ner till en bra arbetshöjd vid återmontering ges brukaren en bra arbetshöjd för att ha kontroll över återmonteringen. Det som skulle kunna ses som en fara här är om den elektroniska ventilen till den pneumatiska cylindern inte fungerar och oavsiktligt fyrar av drönaren i detta moment. Risken anses dock vara extremt liten.

Möjliggöra säker avfyrning för omgivningen

Drönarhuset är utrustat med övervakningsutrustning för att fjärrstyrningen ska kunna ske så säkert som möjligt. Här ligger inte komplett ansvar på produkten, utan även på brukaren som avfyrar drönaren. Förutsättningar finns för att kontrollera säkerheten.

Skydda drönaren från skadegörelse

I detta krav har även stöld räknats in, och det uppfylls genom att skyddslådan kommer en bit upp från marken och att drönarhuset är utrustat med kameraövervakning. Vill någon stjäla drönaren hålls dock skyddslådans luckor i nuläget endast stängda av de elmotorer som styr dem. Avfyrningshuset är tänkt att sitta placerat på allmänna platser där det ofta rör sig människor vilket också bidrar till att minska risken för skadegörelse.

7.5.2 Önskemålsutvärdering

Produkten bör:

Kräva minimalt med underhåll av sjöräddare

Drönarhuset är konstruerat för att minimera underhållsbehov. Exempelvis har antalet elmotorer och rörliga delar minimerats i antal så gott som möjligt. Däremot finns fortfarande visst underhållsbehov. Exempelvis kommer tryckflaskan till rampavfyrningen behöva fyllas på och vissa glidytor kommer behöva smörjas. Dessa underhållspunkter ska dock inte behöva utföras mer än någon gång per år.

Förmedla SSRS värderingar

Genom att visa en tydlig funktion med produkten och möjliggöra placering nära sjöräddningsstationer finns en stark anknytning till SSRS. Genom att utforma produkten för att framhäva drönanen fås också en starkare funktionsanknytning i estetiken.

Vara självförsörjande

Då drönarhusets motorer kräver lite energi och dess avfyrning drivs av en tank med tryckluft finns ingenting som talar emot en användning av sol- eller vindenergi i anknytning till drönarhuset. Däremot behöver noggrannare undersökningar av energibehov göras för att säkerställa det totala energibehovet. Kommunikationsutrustningen kräver en del energi som fortfarande inte är bestämd i detta projekt.

Kunna tillverkas i mängder om 70 - 500 exemplar

Likt kravet om att kunna tillverka minst 70 exemplar har liknande överväganden tagits i detaljkonstruktionen. Däremot lämnas mer utrymme för att konstruera specialverktyg vid en större serie. Krav om att tillverkningsanpassa produkten blir större när serien av produkten blir större.

Rymmas på en lastbil eller ett släp

Eftersom drönarens vingspann är 230 cm är en omslutande konstruktion svår att bygga kompakt. Hela systemet är drygt 3,5 meter högt och 2,5 meter brett vilket innebär att det går att transportera bakom en personbil. Vikten på avfyrningshuset tillsammans med dess storlek gör dock att den är svårt att montera, varför man kan ifrågasätta värdet av att kunna transportera konstruktionen bakom en personbil. Det kommer alltid krävas en lyftanordning för att montera drönarhuset.

Förmedla miljövänlighet

Drönarhusets släta yttre och att hela konstruktionen är innesluten anses tillsammans ge en ren bild av produkten. Att däremot ta ett steg till och uttrycka miljövänlighet är inte något som uppnåtts i detta projekt. Då avfyrningshuset har goda möjligheter att försörjas av externa solpaneler skulle detta kunna användas för att ge ett miljövänligt intryck.

Konstrueras med material med minimal miljöpåverkan

Vid val av material har en analys gjorts av de olika materialens miljöpåverkan. Val av material beror på flera parametrar, och i många fall i denna konstruktion har det varit krav på hållfasthet som bestämt material.

Kräva minimal arbetsinsats vid återmontering

Skyddslådan kommer ner i en behaglig arbetshöjd enligt tidigare krav om säkerhet vid återmontering. Tillsammans med produktens flexibilitet i placering i hamnmiljöer resulterar det i minimal arbetsinsats från sjöräddarna.

8

DISKUSSION

Detta kapitel värderar resultaten i form av trovärdighet och betydelse. Kapitlet är uppdelat efter att först diskutera metoderna som använts och genomförandet för att sedan diskutera huruvida resultatet är trovärdigt eller inte.

8.1 Metod och genomförande

8.1.1 Produktutvecklingens faser

Att i förväg planera och hålla ett bestämt schema har varit svårt i detta projekt. Produktutvecklingen har följt ett planerat tidsschema där deadlines har hållits, vilka har varit övergripande då processen varit dynamisk. Att processen haft en dynamisk karaktär har till stor del berott på att produkten som skulle utvecklas är unik och sedan tidigare utforskad. På marknaden finns få produkter att inspireras ifrån varför mycket av arbetet har legat i att undersöka grundläggande funktioner.

Vi anser att denna dynamiska karaktär är positiv i ett projekt som detta. Genom detta tillåts flexibilitet längs processens gång för att undersöka saker som inte varit uppenbara från början. Möjligen hade processen blivit mer effektiv om vi på ett tidigt stadium delat upp projektet i olika områden med personligt ansvar för färdigställande. Detta är dock svårt i ett projekt av så öppen karaktär som detta där processen är oförutsägbar.

8.1.2 Informationsinsamling

Brukarstudier har ingått i informationsinsamlingen proportionerligt mot den grad brukarinteraktionen utgör av användningen. De centrala delarna av interaktionen med avfyrningshuset av pilot och sjöräddare utgörs av avfyrningssekvensen och återmonteringen. Vid avfyrning har projektet avgränsats till att inte behandla det gränssnitt brukaren använder. Vid återmontering har avfyrningshusets funktioner såsom hissbar skyddslåda lagt en bra grund för god brukarinteraktion. Några detaljerade brukarstudier på det scenariot har dock inte prioriterats då det varit först i projektets slutskede tillräckliga detaljer kunnat färdigställas som skulle krävas för brukarstudier.

8.1.3 Hållbarhetsanalys

För att göra en fullständig analys av vilken miljöpåverkan en produkt har kan en livscykelanalys (LCA) göras. I detta projekt har det dock inte varit relevant, då det inte funnits en helhet att analysera från början. Vid materialval har tabeller för miljöpåverkan

enligt Okala impact factors använts, vilket ansetts vara en fullgod metod för den produktutvecklingsprocess som skett.

Drönarhusets energiåtgång har effektiviserats genom att välja ett fyllt tryckkärl med högt tryck istället för en kompressor med tillhörande ackumulatortank. Att använda samma motor för att både hissa skyddslådan och att vinkla den är ytterligare ett exempel på det.

8.1.4 Idégenerering

I början av konceptgenereringsfasen använde vi brainstorming i stor utsträckning. Vi delade upp drönarhusets funktion i olika grupper enligt den morfologiska matrisen och tog fram lösningar till respektive funktion. Ur det fick vi fram ett stort antal lösningar, men det finns också en risk att vi uteslöt vissa lösningar och begränsade oss. Däremot ligger det i idégenereringens natur att det ger olika lösningar.

8.1.5 Utvärdering

Utvärdering av de tre kvarstående koncepten med hjälp av flera Pughmatriser samt en Kesselringmatris gav ingen tydlig vinnare. Resultaten mellan koncepten skiljde sig med allt för små marginaler. På grund av detta fanns det inte tillräckligt bra underlag för att göra ett slutgiltigt val med endast matriserna som beslutande faktor. Alla koncept som undersöktes i matriserna klarade av att uppfylla de krav som har ställts på en slutgiltig produkt. Det lämnade i sin tur utrymme för projektgruppen att tillsammans med uppdragsgivaren basera valet av slutgiltigt koncept på det koncept som uppfattades vara det bästa.

8.2 Resultat

8.2.1 Realiserbarhet

Drönarhuset ingår i ett system där själva drönaren och fjärrstyrningscentralen också ingår. I detta projekt har hänsyn endast tagits till hur själva drönarhuset ska konstrueras utifrån krav som ställs från alla berörda parter. Däremot har vi inte analyserat huruvida drönarsystemet i sig är realiserbart eller inte.

8.2.2 Optimering

Då detta projekt startades fanns en utgångspunkt i att ge SSRS en välgrundat koncept om hur ett drönarhus skulle kunna byggas. Detaljrikedomen på konstruktionen är därför i vissa områden förhållandevis låg. Detta motiverar vi genom att dessa komponenter och lösningar redan används tillfredsställande i andra applikationer med liknande förutsättningar. Vi anser att vi hittat en nivå där vi med trygghet kan säga att den totala konstruktionen är realiserbar.

8.3 Förslag till vidareutveckling

För att tillverkningsanpassa konstruktionen ytterligare skulle en omfattande optimering krävas. Konstruktionen skulle kunna kräva mindre material då den på många ställen är överdimensionerad. För vidare optimering skulle en fullskalig prototyp vara till stor hjälp. Den skulle kunna placeras på ett tilltänkt ställe och få vara en del i SSRS verksamhet. Detta för att ge en än mer ärlig bild av hur systemet fungerar och var dess dellösningar behöver förbättras.

Då det i detta koncept inte finns en detaljrikedom som avslöjar om brukarinteraktionen fungerar som tilltänkt är detta ett område som behöver utvecklas. En riktig monteringsinteraktion skulle kunna testas med en enkel modell för att se om det kommer att uppstå problem. Vi anser att det finns gott om utrymme i nuvarande modell för att omforma skyddslådan så att den blir mer användarvänlig.

Att styra drönarhusets funktioner har i detta projekt endast beskrivits som att det ska skötas av en dator. Detta skulle behöva undersökas vidare och testas med riktig programmering för att få fram en lämplig programvara som kan styra konstruktionen.

9 SLUTSATS

Slutsatsen verifierar syfte och frågeställningar och ger förslag till vidareutveckling.

9.1 Syfte och frågeställningar

Syftet för projektet var: Att genom en strukturerad produktutveckling visa en konkret och realistisk produkt för hur Sjöräddningssällskapets vision kring drönare skulle kunna realiseras. Detta syfte har uppnåtts i den mån att SSRS visats en produkt som möjliggör att en drönare kan avfyras och förvaras i en nära hamnmiljö.

Frågeställningar inför projektet har arbetats fram utifrån uppdragsbeskrivningen. Dessa frågeställningar har varit centrala genom hela konceptutvecklingen, varför de också har besvarats genom rapporten.

Slutkonceptet som tagits fram marknadsför Sjöräddningssällskapet på ett bra sätt. Dels genom sin utformning där drönaren får ta stor plats, och dels genom sin hamnnära placering. Utformningen gör också att drönarhuset kan placeras nära sjöräddningsstationen, något informationsinsamlingen visade var viktigt. Drönarhuset har ett innovativt avfyrningssystem som kräver minimalt med underhåll. Genomgående i konstruktionen har mekaniska funktioner kombinerats för att ge en låg komplexitet till slutkonceptet.

KÄLLFÖRTECKNING

Tryckta källor:

Alciatore, D. G., Histan, M. B. (2012). *Introduction to mechatronics and measurement systems*, New York: McGraw-Hill.

Bohgard, M., Karlsson, S., Lovén, E., Mikaelsson, L.-Å., Mårtensson, L., Osvalder, A.-L., Rose, L. & Ulfvengren, P. (2011). *Arbete och teknik på människans villkor*, Stockholm: Prevent.

Grahn, R. & Jansson, P.-Å. (2002). *Mekanik: statik och dynamik*, Lund: Studentlitteratur.

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

Ottosen, N. Petersson, H. (1992) *Introduction to the Finite Element Method*, New York: Prentice Hall.

Sjöräddningssällskapet (2014). *Årsbok 2014*, Göteborg: Sjöräddningssällskapet.

Trimble Navigation Limited (2013). *TRIMBLE UX5 UNMANNED AIRCRAFT SYSTEM*.

TSFS 2009:88. *Transportstyrelsens föreskrifter om verksamhet med obemannade luftfartyg (UAS)*. Norrköping: Transportstyrelsen.

Wallgren, P. (2013). *Kurskompendium PbK, Föreläsningmaterial i kursen MMT015 Produktutveckling: behov och krav*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.

Wikström, Li (2013). *Persona karaktär/Produktens uttryck, Formkriterier, Expression board, Föreläsningmaterial i kursen MPP071 Produktsemiotik*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.

White, F. M. (2011). *Fluid mechanics*, Singapore: McGraw-Hill.

White, P., St. Pierre, L. & Belletire, S. (2013). *Okala practitioner : integrating ecological design*, Phoenix, Ariz.: IDSA.

Österlin, K. (2010). *Design i fokus för produktutveckling: varför ser saker ut som de gör?*, Malmö: Liber.

Elektroniska källor:

C-Astral (2014). *BRAMOR C4EYE*. C-Astral. <http://www.c-astral.com/en/products/bramor-c4eye> [Hämtad 2015-04-10].

Handwerk, B. (2013). 5 Surprising Drone Uses (Besides Amazon Delivery). *National Geographic*. 2 december. <http://news.national-geographic.com> [Hämtad 2015-05-04].

SMHI (2014). *Svenska vindrekord*. 21 november <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/svenska-vindrekord-1.31798> [Hämtad 2015-05-21].

Bilder:

Där ingen källa angivits tillhör rättigheterna författarna.

Kamarton (2008). *Pneumatic cylinder in work (animation)* [illustration]. Licensierad under Creative Commons Attribution 3.0 Unported. [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pneumatic_cylinder_\(animation\).gif](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pneumatic_cylinder_(animation).gif)

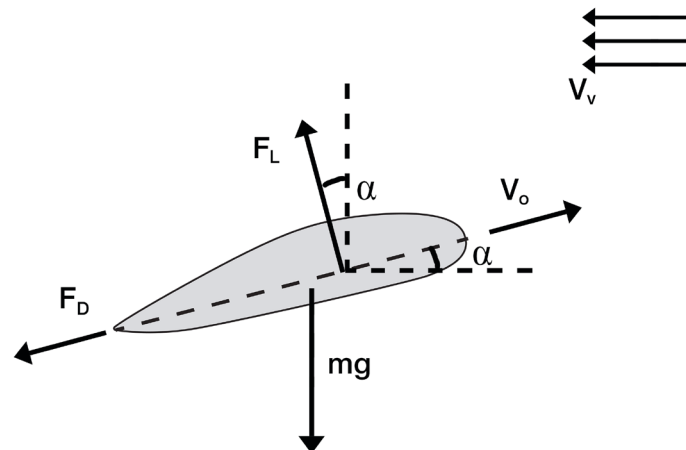
Silberwolf (2007). *Anordnung einer Energiekette fuer rotierende Bewegung. Diese Anordnung laesst keine Drehung von 360° zu* [illustration]. Licensierad under Creative Commons CC-BY-SA-2.5. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cable_drag_chain_rotating-straight.png?uselang=sv

BILAGOR

Bilaga 1 - Kraftjämvikt vinge

Kraftjämvikter över en vinge. Beräkningar som ligger till grund för stallvinklar för olika avfyrningsvinklar och vindhastigheter. De båda parametrarna påverkar lyftkraften. Stall inträffar när lyftkraften F_L är mindre än flygplanets tyngd.

I beräkningarna antas drönarens hastighet vara konstant.



F_D : Luftmotstånd
 mg : Tyngd
 α : Anfallsvinkeln
 V_o : Vingens hastighet
 V_v : Vindhastighet
 F_L : Lyftkraft

Jämviktsekvationer:

$$\text{Upp: } F_D \cos(\alpha) - mg - F_D \sin(\alpha) = 0$$

$$\rightarrow \alpha = \arccos((F_D \sin(\alpha) + mg) / F_D)$$

Resultatet presenteras i grafen i figur 4.3.

Bilaga 2 - Uträkningar kraftåtgång avfyrning

Accelerationen som drönaren får under starten beräknas med formeln:

$$a=(v^2-v_0^2)/(2\cdot s)$$

Utifrån det värdet erhålls den krävda kraften för att accelerera drönaren enligt formeln:

$$F=m\cdot a$$

För att få den totala kraften som krävs måste även den extra kraften som rampens vinkel kräver tas med i beräkningarna. Det görs med trigonometri enligt formeln:

$$a_{vinkel}=g\cdot\sin(\alpha)$$

$$F_{vinkel}=m\cdot a_{vinkel}$$

Därefter summeras de båda krafterna till en total erforderlig kraft:

$$F_{tot}=F+F_{vinkel}$$

Följande värden på parametrarna har använts:

$$v=16 \text{ m/s}$$

$$v_0=0 \text{ m/s}$$

$$s=2,5 \text{ m}$$

$$m=4,5 \text{ kg}$$

$$\alpha= 30 \text{ grader}$$



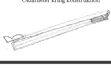
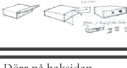

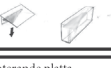



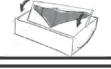



Alfa valdes till 30 grader eftersom det är den vanligaste utskjutningsvinkeln som har observerats i dagens lösningar.

Därmed bestäms den totala kraften som krävs för att skjuta iväg referensdrönaren till 252,5 N. (Grahn, R & Jansson, P-Å. 2002)

Bilaga 3 - Kravspecifikation

Chalmers	Dokumenttyp	Kravspecifikation					
	Projekt	Avfyringshus för drönare					
Utförare: Projektgrupp		Skapad: 250515					
		Modifierad:					
	Kriterier	Målvärde	K/O/I	Vikt	Verifieringsmetod	Referens (kravställare)	
1.	Prestanda						
	1.1	Hålla drönaren starkklar	K			SSRS	
	1.2	Kunna få referensdrönaren luftburen vid vindar på 17 m/s	K			Drönarspecifikationer	
	1.3	Kunna få referensdrönaren luftburen i samtliga vindriktningar	K			SSRS	
	1.4	Skydda drönaren för vindöverkan	K			Egna krav	
	1.5	Skydda drönaren från nederbördspåverkan	K			Egna krav	
2.	Miljö						
	2.1	Drönarhuset skall vara självförsörjande	Ö			SSRS	
	2.2	Konstruerat av ett material med minimal miljöpåverkan	Ö			Eget krav	
3.	Livslängd						
	3.1	Båtar 10+10 år	Ö			SSRS	
4.	Underhåll						
	4.1	Skall ej kräva underhåll av sjöräddare	Ö			SSRS	
5.	Konkurrerande lösningar						
	5.1	Ha någon som är på plats					
6.	Kvantitet						
	6.1	70 stycken	K			SSRS	
	6.2	70-500 stycken	Ö			SSRS	
7.	Storlek						
	7.1	Konstruktionen skall rymma plan och startanordning	K			SSRS	
	7.2	Konstruktionen skall rymmas på ett släp eller lastbilsflak	Ö			SSRS	
8.	Estetik och yttfinish						
	8.1	Förmedla miljövänlighet	Ö			SSRS	
	8.2	Inte associeras till militär användning	Ö			SSRS	
	8.3	Drönarhuset skall förmedla SSRS värderingar	Ö			SSRS	
9.	Ergonomi						
	9.1	Återmontering av drönaren skall kräva minimal arbetsinsats	Ö			Eget krav	
10.	Säkerhet						
	10.1	Säkert att montera drönare	K			Eget krav	
	10.2	Säker utskjutning för omgivningen	K			Eget krav	
	10.3	Skydda drönaren från skadegörelse	K			SSRS	

Bilaga 4 - Morfologisk matris

Lösningss- principer Funktion	1	2	3	4	5	6	7
1 Avfyrnings- nordning	Pneumatisk • Kan vara färdig • Skrämsel/effekt 	Gummiband • Stort ut hålls ledet 	Fjäder • Kan vara ledet • Effektivare kring konstruktion 				
2 Avfyrningsöppning	Dörrar (utskjutningsriktig) • En dörr öppnar • Öppnar i en annan riktning • Inskjutningsriktig 	Öppning av taket • Hålls i taket kan öppnas upp • Låsta i taket • Hålls i taket kan öppnas upp • Stöpsel och kan öppnas upp 	Öppning i botten • Under "tak" vid monteringen på byggnad • Öppning i botten vid släpp från byggnad • Öppning i botten med skena 	Lucka som kan snurra • Det mest effektiva på lådan 			
3 Återmontering	Dörr på baksidan • En dörr öppnar • Öppnar i en annan riktning • Inskjutningsriktig 	Öppning av taket • Hålls i taket kan öppnas upp • Låsta i taket • Hålls i taket kan öppnas upp • Stöpsel och kan öppnas upp 	Roterande platta • Monteras i botten och stöpsel 	Vevas upp i position 			
4 Energiförsörjning öppning	Solceller	Elnät	Vindkraftverk	Batteri			
5 Energiförsörjning laddning	Solceller	Elnät	Vindkraftverk	Batteri			
6 Energiförsörjning avfyrning	Solceller	Elnät	Vindkraftverk	Batteri	Vev	Trycktank	
7 Placering	Upphöjd fristående	Upphöjd på byggnad	På marken	På båten			
8 Rörelseriktningar	Rotation kring stående axel 	Vinkel från marken 	Translation i höjddet				
9 Avfyrningsprin- cip	Ramp vinkel 0° till -30°	Ramp vinkel > 60°	Vertikal med ramp	Vertikal med raket	Släppa från byggnad	Slunga iväg	Skjuta från fordon

Bilaga 6 - Energiförbrukning

Hiss:

Effekt motor: 0,18 kW

Värsta scenariot: Motorn går på full effekt under hela avfyrningsprocessen.

Antagande: Avfyrningsprocessen tar 30 s från standbyläge till utskjutningsklart.

Antagande: Huset drivs av 230 V spänning.

$$P=U \cdot I \rightarrow I=P/U \Rightarrow (0,18 \cdot 10^3)/230 = 0,78 \text{ A}$$

$$30 \text{ s} = 0,0083 \text{ h}$$

$$0,0083 \cdot 0,78 = 0,0065 \text{ Ah}$$

$$P=U \cdot I = 230 \cdot 0,0065 = 1,495 \text{ Wh}$$

Rotation:

Effekt motor: 0,25 kW

Värsta scenariot: Motorn går på full effekt under hela rotationsprocessen och roterar avfyrningshuset 180 grader.

Antagande: Rotationen tar 30 sekunder.

$$P=U \cdot I \rightarrow I=P/U \Rightarrow (0,25 \cdot 10^3)/230 = 1,086 \text{ A}$$

$$30 \text{ s} = 0,0083 \text{ h}$$

$$0,0083 \cdot 1,086 = 0,009 \text{ Ah}$$

$$P=U \cdot I = 230 \cdot 0,009 = 2,07 \text{ Wh}$$

Laddning av drönare:

Drönarens batterikapacitet uppskattas till 6000 mAh. Laddspänningen är 12 V.

Antagande: Drönaren är fullständigt urladdad varje gång den återmonteras.

$$6000 \text{ mAh} = 6 \text{ Ah}$$

$$P=U \cdot I = 12 \cdot 6 = 72 \text{ Wh}$$

Laddningen förbrukar 72 Wh

Sammanfattning:

För alla rörelser dubblas effektförbrukningen för att ta med återställningen i beräkningarna.

Antagande: Effektförbrukningen för övervakningsutrustningen, datorenheten och aktuatorerna för luckmanövrering är okänd och tas inte med i beräkningen.

Total effektförbrukning per avfyrning: 79,1 Wh. (Alciatore, D. G., Histan, M. B. 2012)

Bilaga 7 - Beräkning böjmoment

Kraften som vinden påverkar ett föremål med beräknas med formeln:

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot CD \cdot \rho \cdot A \cdot V^2 \quad (\text{White 2011})$$

Där CD är en geometriberoende luftmotståndskoefficient, ρ är den strömmande fluidens densitet, A är den projicerade arean och V är fluidens fart.

Det antas att den största delen av kraften som vinden påverkar huset med åstadkoms av skyddslådans luftmotstånd. Därför tas endast den arean med i beräkningarna. Det antas också att vinden angriper i en punkt som ligger 2,5 meter över marken.

Med en vindhastighet på 40 m/s blir kraften $F_d=4,16$ kN och böjmomentet längst ner i stolpen 10,4 kNm.

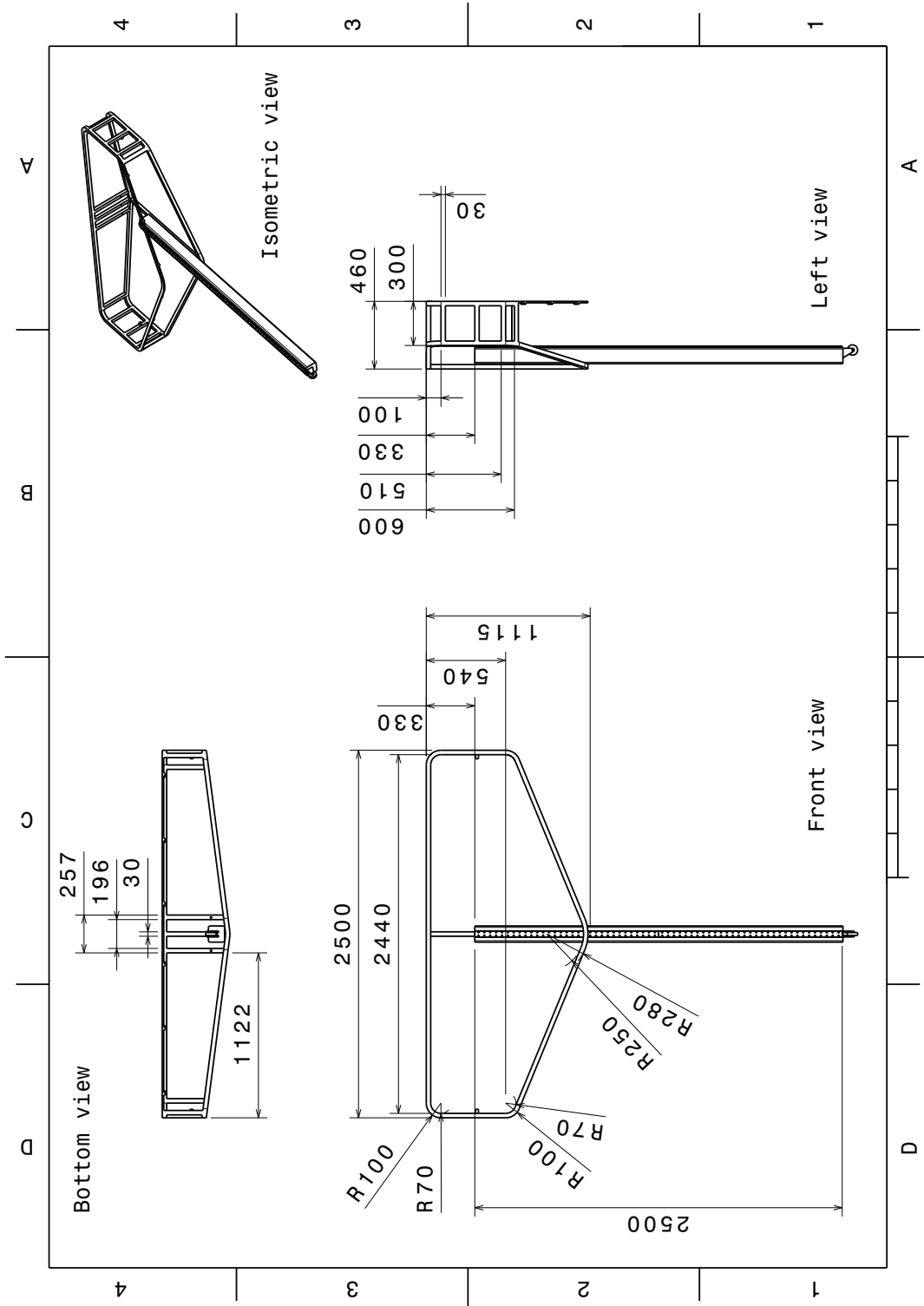
Bilaga 8 - Prisbild

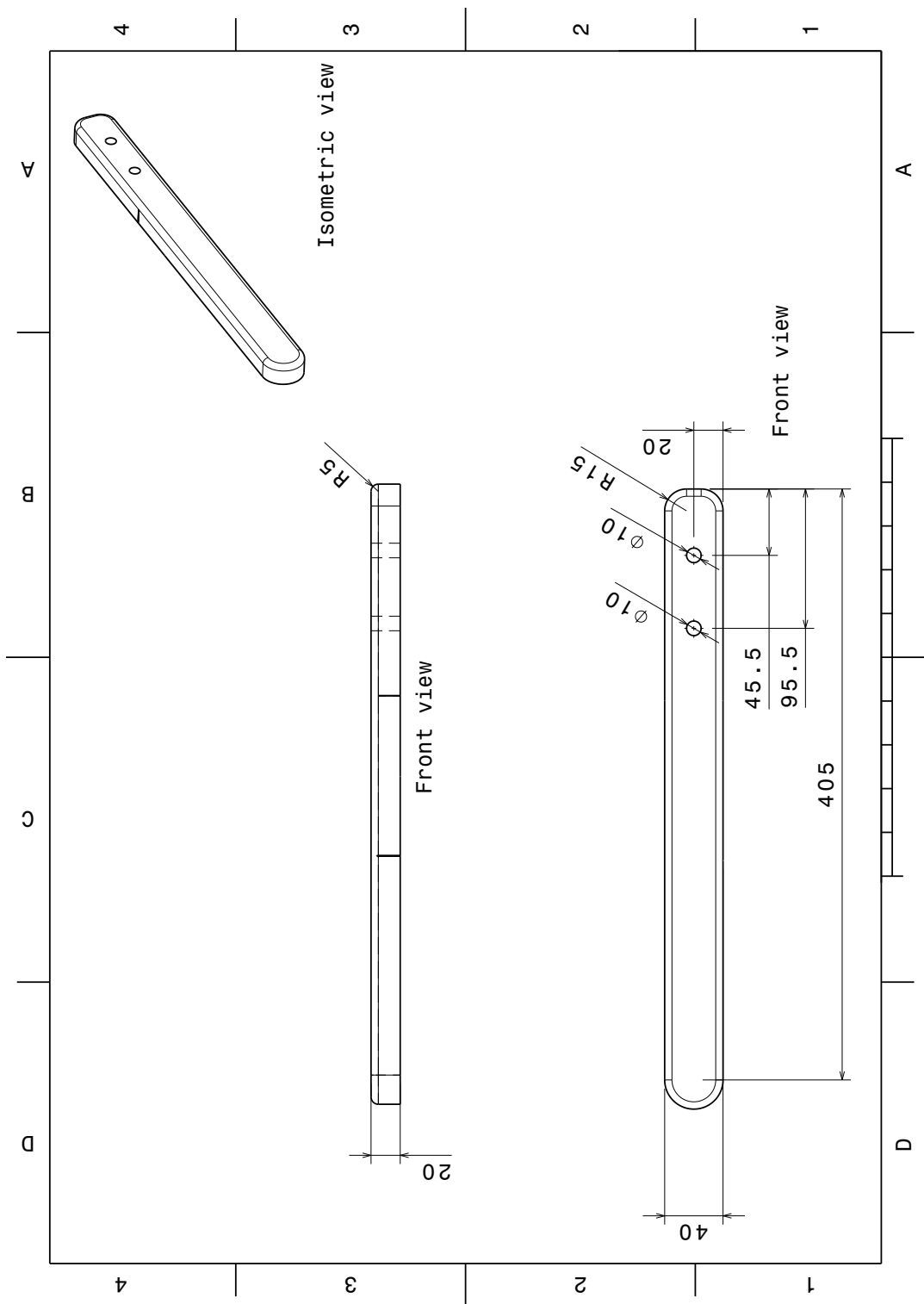
Tabellen visar en kostnadsuppskattning för inköpta komponenter till avfyrningshuset. Tillverknings- och materialkostnader för egendesignade komponenter är inte inkluderade i tabellen.

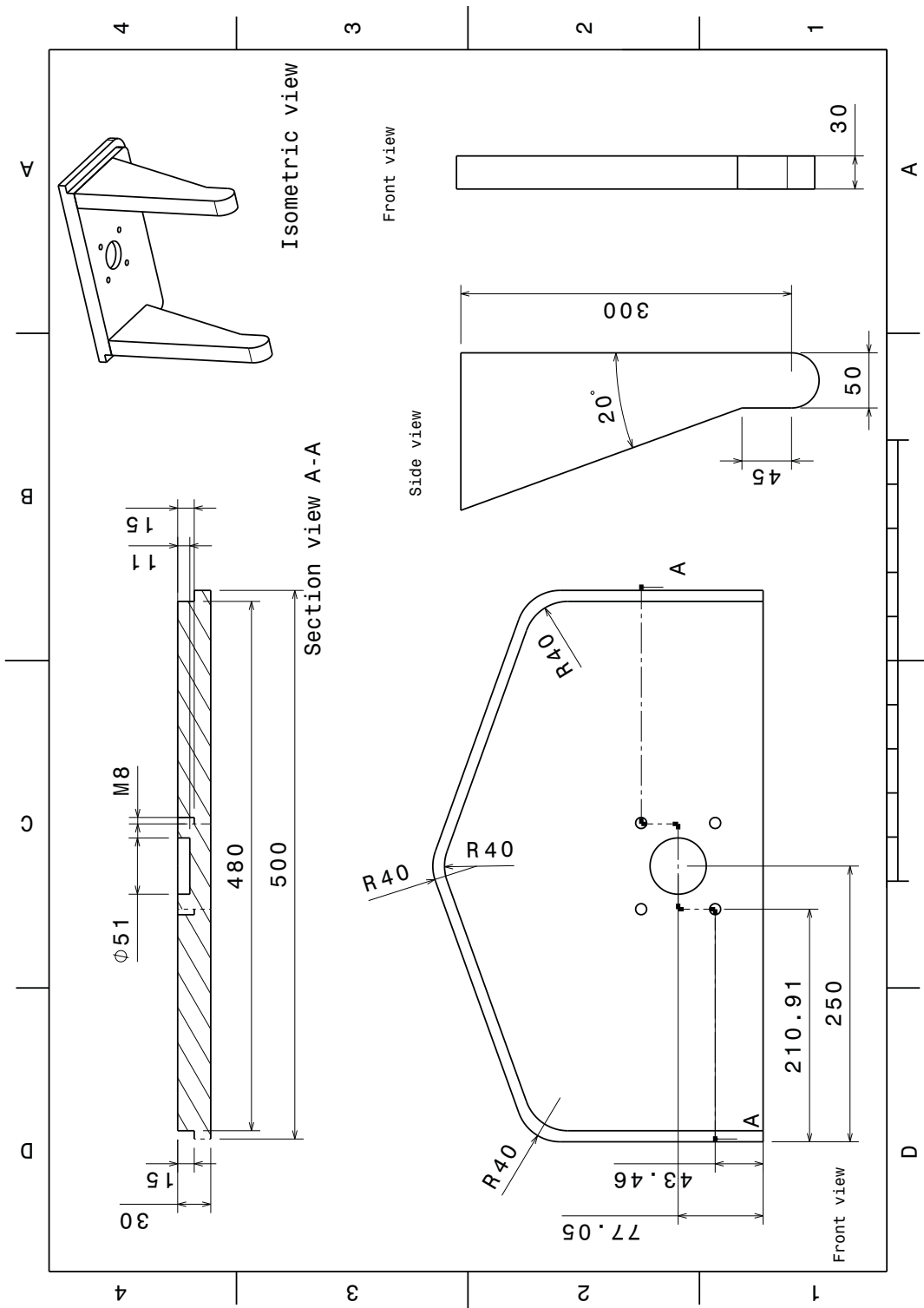
Huvud-komponent	Ingående komponenter	Antal	Produktnummer	Länk	Kostnad [kr]	Dimensioner [mm]
Ramp	Pneumatisk cylinder	1	P1D-S063MS-0400	http://www.iag.se/	1645	83*83*560
	Släde	1	MGW15C1R0000Z0H	http://www.aratron.se	Okänt	
	Slädskena	1	MGWR15R	http://www.aratron.se	Okänt	2500
Pelare	Skenor	2	HGR35R	http://www.aratron.se	Ingår i paketpris	3000
	Aluminiumprofil	2	F-80x80-L	http://www.aratron.se	Ingår i paketpris	3000
	Kulskruv	1	6R38-10K6-FSC-369-500-0.005-M-6.35-FK30-FF30-S	http://www.aratron.se	Ingår i paketpris	3052
	Släde	4	HGL35HA	http://www.aratron.se	Ingår i paketpris	
	Paketpris hissanordning				18965	
	Linjärakttuator: vinkel + dörra	3	Uppskattat pris		1800	
Rotation	Vindmätare	1	Uppskattat pris		2000	
	Kulskruvsmotor, F10	1	F102_106.0 S05 M05B4	http://www.skssweden.se	6035	
	Vridningsservo	1	C222_43.3 S05 M05C4 C222_43.3 P71 BN71A4	http://www.skssweden.se	4770	
	Svängkrans	1	24-0411-01	http://www.rollix.com	18000	
	Linjärakttuator lucköppning	2	Uppskattat pris		1200	
Skyddsliåda	Dykflaska	1	Flaska Poseidon FABER 8 Liter 300 Bar, Art. P101	http://srv5.coxco.se/ydy/kse/shop/default.asp	3250	
	Linjärakttuator luckor	2	Uppskattat pris		1200	
	Kullager	2	SKF 1306 EKTN9	http://www.skf.com	1400	
Vinkling skyddsliåda	Kullagerhus	2	SKF SE 606 25mm	http://www.skf.com	5400	
	Dator	1			Okänt	
Kommunikation					65665	

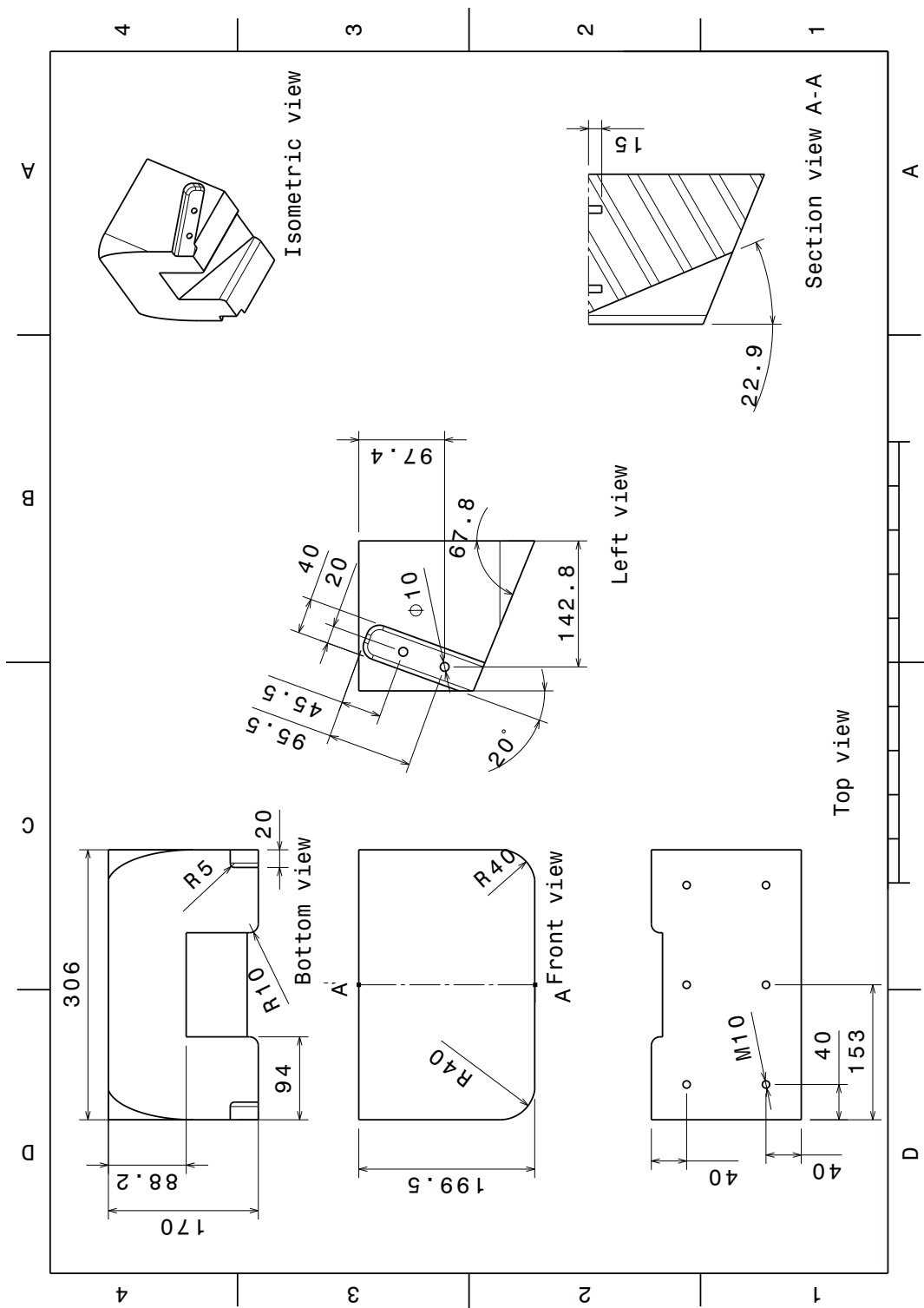
Bilaga 9: Tillverkningsunderlag, ritningar

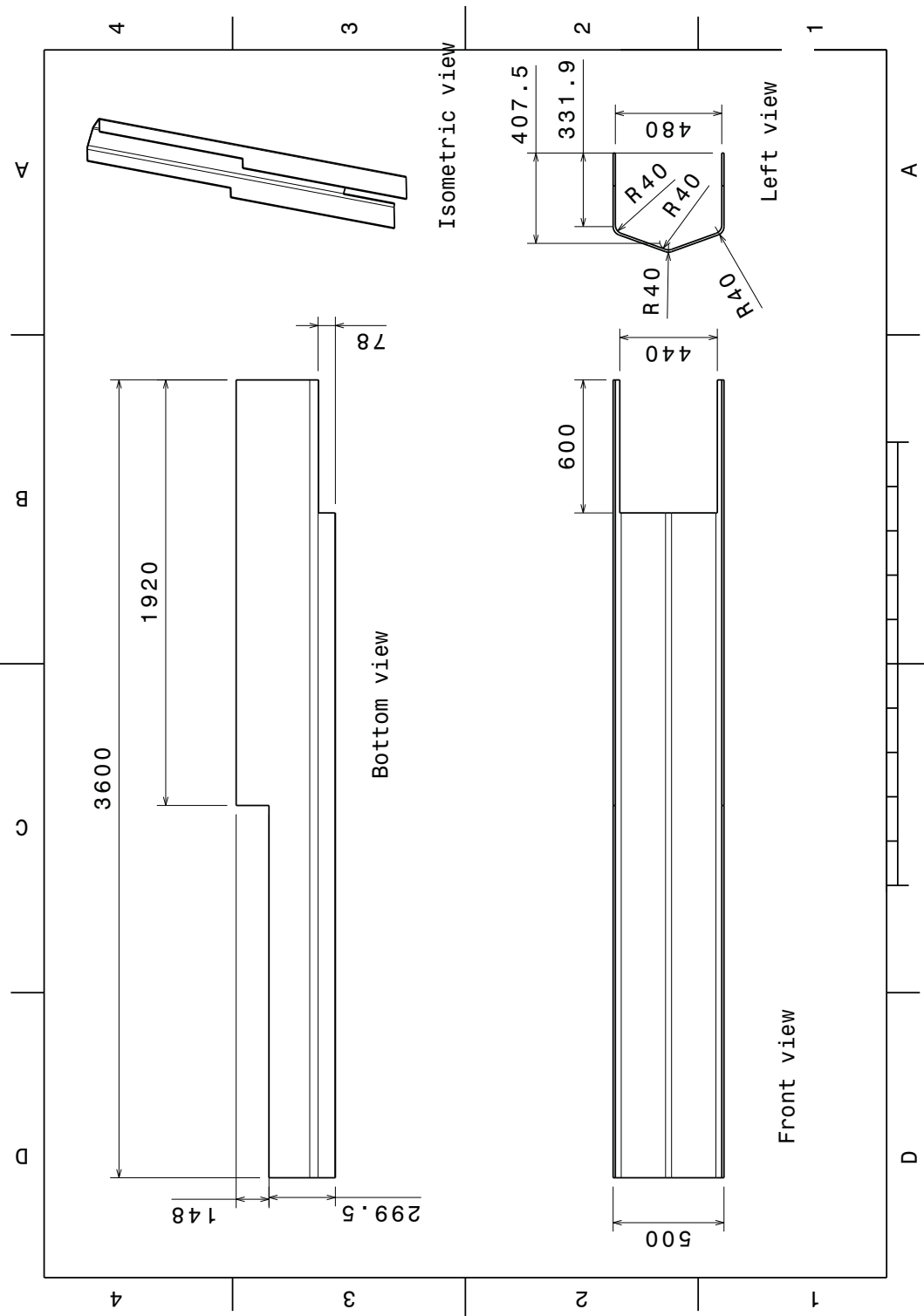
Ritningar på egendesignade komponenter.

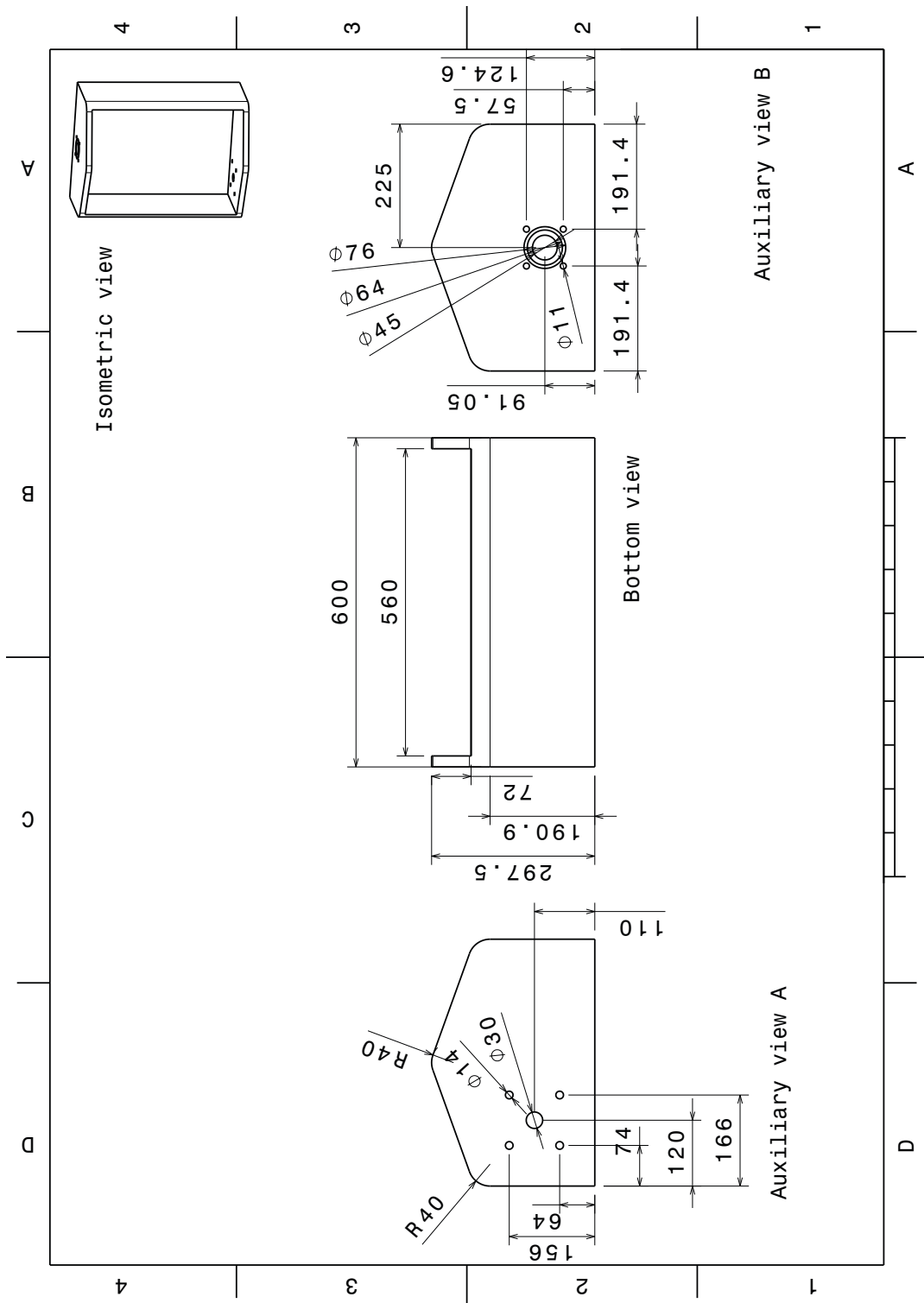












Bilaga 10 - Urladdningstid för pneumatisk cylinder

Accelerationen som krävs beräknades i avsnitt 4.3.2 till 51,2 m/s².
Utifrån den beräknades urladdningstiden med formeln:

$$t = \sqrt{(2 \cdot s) / a}$$

Där:

s = rampens längd: 2,5 m

a = accelerationen: 51,2 m/s²

Tiden för urladdningen är 0,3 s.

Bilaga 11 - Dimensionering av motor till kulskruv

För dimensionering av motorn till kulskruven användes följande formler:

$$\alpha = \arctan(P/(\pi \cdot D))$$
$$moment = (D/2) \cdot \sin(\alpha) \cdot F$$

Där:

F = kraft: 10000 N

D = diameter: 0,038 m

P = stigning: 0,01 m

Momentet som krävs av motorn blir 16 Nm.

(Alciatore, D. G., Histan, M. B. 2012)

Bilaga 12 - Rotation av avfyrningshus

Data för rotationsmekanism:

Radie till yttre kugghjul	0,15 m
Radie kugghjul på motor	0,02 m
Önskad vinkelacceleration, $\acute{\omega}$	1 rad/s ²
Önskad vinkelhastighet	0,25 rad/s ²
Bredd hus, b	
	0,4 m
Djup hus, d	
	0,3 m
Massa hus, m	
	300 kg
Med hänsyn till vind:	
Max vindbelastning på en sida	800 N
Distans sida	0,5 m
Med föreslagen motor fås:	
Moment	0,64 Nm
Arbetsvarvtal	3000 rpm
Nedväxling	100

Masströgheten för avfyrningshuset beräknas med formeln:

$$I_z = m \cdot (b^2 + d^2) / 12$$

Masströgheten för avfyrningshuset blir 6,25 kgm²

Vindens momentbidrag räknas ut genom att multiplicera halva kraften som vinden genererar på skyddslådan med avståndet från lådans kant till centrum av avfyrningshuset. Vindens momentbidrag blir då 400 N vid en vindstyrka på 40 m/s.

Kraften vid kugghjul räknas ut genom att addera momenten och dividera med avståndet till det yttre kugghjulet enligt formeln:

$$M = F \cdot s$$

Kraften som krävs för att övervinna avfyrningshusets tröghet beräknas med formeln:

$$M = I_z \cdot \acute{\omega}$$

Där kraften är kraften vid kugghjulet och avståndet är radien för kugghjul i motorn.

Momentet i motorn blir 54,2 Nm.

Vinkelhastigheten i motorn beräknas genom att multiplicera förhållandet mellan radierna till yttre kugghjulet och motorn med den önskade vinkelhastigheten. Det resulterar i en vinkelhastighet i motorn av 1,875 rad/s, vilket motsvarar ett varvtal på 17,9 rpm.

Slutligen kontrolleras att den valda motorn klarar av kraven:

Maxmomentet räknas ut genom att multiplicera momentet med nedväxlingen. Resultatet blir 64 Nm.

Varvtalet efter reduktion beräknas genom att dividera arbetsvarvtalet med nedväxlingen. Resultatet blir 30 rpm.

Både dessa siffror visar att den valda motorn fungerar.

(Grahm, R & Jansson, P-Å. 2002)

Bilaga 13 - Materialval

Genomskinliga delar				
Typ	Densitet	Okala Impact factor [lb	co2 eq [lbs]	Beskrivning
Flat glass (uncoated)	2.53 g/cm ³	0.49	0.98	window pane
PMMA(primary)	1.17–1.20 g/cm ³	3.4	7.1	virgyn
PMMA(secondary)	1.17–1.20 g/cm ³	1.9	4.3	recycled
PC(primary)	1.20–1.22 g/cm ³	3.7	7.8	virgin
PC(secondary)	1.20–1.22 g/cm ³	2.1	4.7	recycled
Metaller				
Rostfritt stål	7480-8000 kg/m ³	13	4,5	18/8 chromium steel
Aluminium, primary	2800 kg/m ³	13	12	
Aluminium, sec.	2800 kg/m ³	0,55	0,5	from 56% old and 44% new scrap
Aluminium, mix	2800 kg/m ³	9,5	8,9	prod. mix 74% virgin and 26%recycle
Steel, average	7850 kg/m ³	5,3	1,9	
Steel, low alloy	7850 kg/m ³	7,6	4,7	
Processer				
Al. sheet rolling		0.38	0.59	
Al. bar extrusion		0.64	1	Bar or other profile
Steel hot rolling		0.54	0.3	
Steel milling		1	1.6	
Steel gas welding		0.3 [ft]	0.1	
Steel exstrusion		1.1	0.42	drawing of steel pipe or profile
Enamel, oil		2.3	2.9	alkyd paint, white, 60% solvent, wet
Enamel, H2O		1.8	2.7	alkyd paint, white, 60% H2O, wet
Acrylic, H2O		1.4	1.9	acrylic varnish, 87% H2O, wet
Al. powdercoating		0.98 [sq.ft.]	0.75	en aluminium, 80 micrometer
Steel powder coating		0.44 [sq.ft.]	0.9	80 micrometer, oven cured

