



Eyes On Scene - EOS

Luis Sanchez-Heres

Fredrik Falkman

Fredrik Forsman

Olle Hagner

Viktor Nilsson

Rasmus Lundqvist

Kristoffer Bergman

Oscar Bjurling

Rego Granlund

Max Hjalmarsson

Mikael Brunnström

Innehåll

1	Introduktion	3
1.1	Bakgrund	3
1.2	Syfte	3
1.3	Mål	3
1.4	Deltagare	4
1.5	Metoder	5
1.6	Innehåll	6
2	Drönarssystem (F. Falkman)	6
2.1	Drönaren (Olle)	7
2.1.1	Design	7
2.1.2	Utmaningarna	7
2.2	Launchern (Viktor)	7
2.2.1	Syfte och tänkt funktion	7
2.2.2	Design	8
2.2.3	Teknisk beskrivning	9
2.2.4	Utmaningarna och framtida utveckling	10
2.3	Styrmjukvaran (F. Falkman)	13
2.3.1	Arkitektur	13
2.3.2	Funktionalitet	13
3	Flygsäkerhet (Rasmus)	16
	Metod	16
	Resultat	17
	Framtida arbete	19
4	Operativ effekt (F. Forsman)	21
	Förslag till vidare forskning	22
	Konkreta förbättringsförslag från deltagande besättningar	23
5	Flygtillstånd (F. Falkman)	25
6	Implementation (Oskar och Rego)	26
6.1	Scenario	26
6.1.1	Procedur för workshop	26
6.1.2	Scenariokonstruktion	27
6.1.3	Svärmsscenario för sjöräddning	27
6.1.4	Analysmetod	28
6.2	Temporal analys av människa-svärm interaktion	29
6.3	Implikationer och vägen fram	30
6.3.1	Simulering för utvärdering och träning	31
7	Kommunikation (Luis)	34
8	Slutsatser (Luis)	35

Sammanfattning

Sök- och räddningstjänst (SAR) innebär att snabbt identifiera nödställda personer, deras position och vilken hjälp som behövs för att organisera en effektiv räddningsinsats. I början av ett räddningsuppdrag är informationsunderlaget ofta bristfälligt, och ibland kan det även vara felaktigt eller motstridigt. För att kunna erbjuda hjälp på bästa möjliga sätt och genomföra adekvata förberedelser är det viktigt att förstå nödlägets karaktär. Ett sätt att förbättra den kollektiva situationsförståelsen inom räddningsorganisationen är att snabbt få ögon på plats som kan rapportera tillbaka.

Syftet med Eyes On Scene (EOS) projektet var att utveckla ett prototyp-drönarsystem för att kunna få ”ögon på plats” tidigare och därmed leda till säkrare och effektivare sjöräddningsinsatser.

Det utvecklade prototyp-drönarsystemet består av tre huvudkomponenter: en lätt fastvingad drönare, en automatisk launchern (dvs. startanordning), och en programvara för planering, flygning och delning av video. Genom omfattande tester och utvärderingar av systemet har förmågan bevisats att samla in och överföra värdefull information samt öka effektiviteten och säkerheten vid räddningsinsatser. Samtidigt har tekniken och metodiken för drönare ständigt förfinats baserat på feedback från utvärderingarna. Trots ansträngningarna från projektparterna finns det dock flera tekniska utmaningar kvar att lösa. Med detta i åtanke bedöms prototyp-drönarsystemet ha en teknikmognadsnivå på 5, vilket motsvarar "en teknisk lösning som har validerats i den relevanta miljön".

Sammanfattningsvis har projektet lyckats skapa grunden till ett drönarsystem som har potential att vara en viktig faktor inom sjöräddningsbranschen. Rekommendationer för fortsatt utveckling och ytterligare undersökning av de tekniska och legala utmaningar som kvarstår, har presenterats. Resultaten öppnar upp för framtida innovationer inom området.

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Sök- och räddningstjänst (SAR) innebär att snabbt identifiera nödställda personer, deras position och vilken hjälp som behövs för att organisera en effektiv räddningsinsats. I början av ett räddningsuppdrag är informationsunderlaget ofta bristfälligt, och ibland kan det även vara felaktigt eller motstridigt. För att kunna erbjuda hjälp på bästa möjliga sätt och genomföra adekvata förberedelser är det viktigt att förstå nödlägets karaktär.

Ett sätt att förbättra den kollektiva situationsförståelsen inom räddningsorganisationen är att snabbt få ögon på plats som kan rapportera tillbaka. Detta projekt bygger på idén att sjöräddningsinsatser potentiellt kan genomföras säkrare och effektivare om ögon på plats kan etableras tidigare.

Samtidigt har drönare blivit en integrerad del av det dagliga arbetet inom flera branscher, såsom bygg- och skogsindustrin, där de används för flygningar inom synhåll från piloten. För andra branscher, exempelvis kraftledningsinspektion och räddningsverksamhet, krävs flygningar bortom synhåll för att vara användbara. Tidigare har detta varit svårt eller omöjligt på grund av flygregelverkens utformning, men tack vare nya EU-gemensamma regelverk öppnas nu möjligheterna för drönarflygning bortom synhåll.

1.2 Syfte

Syftet med Eyes On Scene (EOS) projektet var att utveckla ett prototyp-drönarsystem för att kunna få ”ögon på plats” tidigare och därmed leda till säkrare och effektivare sjöräddningsinsatser.

1.3 Mål

EOS-projektet hade de följande konkreta mål:

1. Utveckla och driftsätta ett drönarsystem prototyp för sjöräddning i Göteborgsområdet.
2. Löpande utvärdera och vidareutveckla teknik och metodik under projekttiden angående:
 - a. Risk och flygsäkerhet
 - b. Effektivisering av sjöräddningsoperationer (operativ effekt).
3. Ta fram en plan för att implementera drönarsystemet på Sjöräddningssällskapets stationer längs Sveriges kuster.
4. Sprida kunskapen om projektet.

1.4 Deltagare

I detta projekt samarbetade flera kompetenta aktörer.

Sjöräddningssällskapet (SSRS)

SSRS är en ideell organisation som ansvarar för sjöräddning längs Sveriges kuster och i vissa insjöar. SSRS driver 74 sjöräddningsstationer med cirka 220 räddningsfarkoster och bemannas av ungefär 2 200 frivilliga sjöräddare, varav 300 är i beredskap för att kunna rycka ut inom 15 minuter dygnet runt. Genom ett avtal med Sjöfartsverket är SSRS en del av Sveriges organiserade sjöräddning och medverkar i 70% av landets sjöräddningsutryckningar. Organisationens ändamål inkluderar att rädda liv till sjöss, upprätthålla intresset för sjöräddning, föreslå åtgärder för att utveckla och effektivisera sjöräddning samt tillhandahålla sjöräddning inom svensk sjöräddningsregion.

SSRS är behovsägaren av EOS projektet. Sedan 2015 har SSRS arbetat för att göra sjöräddning säkrare och effektivare genom att ge räddningsledare och frivilliga räddningsbesättningar tidiga bilder från olycksituationer och områden. Arbetet har innefattat samverkan med myndigheter och företag, utveckling av teknik och metoder samt dialog om regler och regelutveckling med Transportstyrelsen. Genom att genomföra ett 60-tal delprojekt, inklusive cirka 30 examensarbeten, har Sjöräddningssällskapet testat olika typer av drönarverksamhet och genomfört flygningar bortom synhåll.

RISE Research Institutes of Sweden (RISE)

RISE är ett statligt ägt svenskt forskningsinstitut som samarbetar med universitet, näringsliv och samhälle för att främja innovation och hållbar tillväxt. RISE fokuserar på industriforskning, innovation, provning och certifiering, med målet att stärka näringslivets konkurrenskraft och förnyelse samt främja offentlig sektors förnyelse och förmåga att bidra till lösningar på samhällets utmaningar.

Två enheter deltar i EOS-projektet: Samverkande Autonoma System och Maritima Operationer. Enheter för samverkande autonoma system fokuserar på tillämpningen av digitalisering inom industri och samhälle, bland annat genom autonoma system och samverkande agenter, och har erfarenhet av utmaningar inom urban luftmobilitet och drönarapplikationer. Maritima Operationer-enheten har erfarenhet av en rad innovationsprojekt inom sjöfartsområdet, inklusive navigation, autonoma fartyg och yt-drönare.

Smartplanes

Smartplanes är ett företag med många års erfarenhet av att utveckla och sälja högkvalitativa kommersiella drönare för ändamål som kartering, mätning, fjärranalys och övervakning. Smartplanes har sitt ursprung i Origon, som har deltagit i drönarutvecklingen sedan 2009, och sedan 2018 drivs verksamheten under Origons regi. Totalt har cirka 200 system sålts över hela världen, vilket visar på företagets unika kompetens inom utveckling av små fastvinge-drönarsystem.

Smartplanes grundades för att möta behovet av att kartlägga svårtillgängliga och stora arealer med noggrann precision. Företagets drönare utför professionella och kommersiella uppdrag inom en rad olika områden, inklusive kartläggning och volymberäkning för gruvindustrin, skogsindustrin, jordbruksindustrin, stadsplanering och avfallsanläggningar. Användningsområdet för Smartplanes drönare är nästintill obegränsat. Ett uppdrag som företaget är särskilt stolt över är att deras drönare hjälper WWF i Tanzania att övervaka noshörningar och bekämpa tjuvjägare.

Infotiv

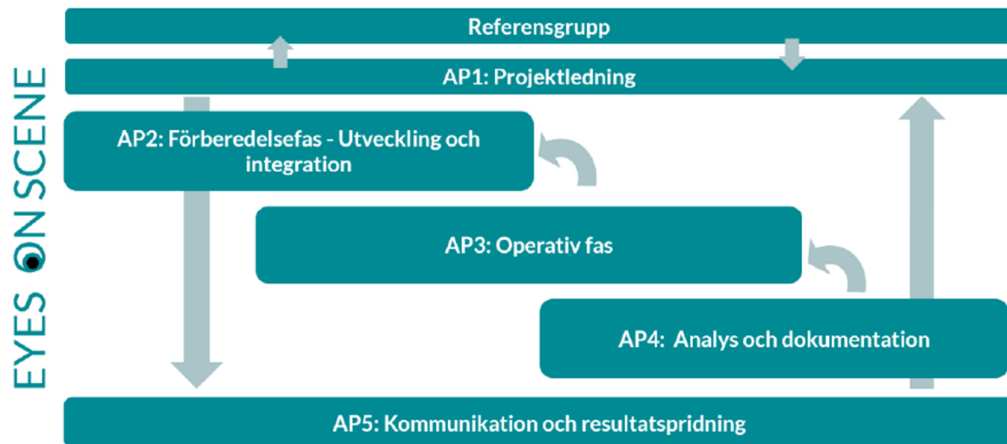
Infotiv är ett företag som specialiserar sig på att förnya och förstärka organisationer genom att erbjuda konsulter, lösningar och verktyg som hjälper kunder att framgångsrikt utveckla och sälja sina produkter. Företaget utvecklar egen teknologi och skräddarsydda utbildningar för att främja snabbare utveckling av teknik och människor. Sedan 2019 har de samarbetat med Sjörräddningssällskapet och ansvarat projektmässigt för utvecklingen av en launchern för ett drönarsystem, vilket visar deras engagemang för att stödja och driva innovativa projekt.

Airpelago

Airpelago grundades i samband med Vinnovas utlysning "Framtidens drönare", med utgångspunkt i Sjörräddningssällskapets behov av en mjukvaruplattform för att effektivt och säkert övervaka, styra och strömma video från en flotta av drönare - på distans, via mobilnätet. Under Vinnova-projektet utvecklades och demonstrerades en prototyp tillsammans med Ericsson. Idag har Airpelago vidareutvecklat delar av mjukvaran till produkter för drönarinspektion av kraftledningar och för säker strömning av video i samarbete med Ericsson och Telia.

1.5 Metoder

För att nå målen delades EOS projekt upp i 5 arbetspaket (AP). Figur 3 presenterar projektorganisationen. AP1 inkluderade projektledning och kommunikation med referensgruppen. AP2 utvecklade och integrerade de tre huvudkomponenter av det planerade drönarsystemet: launchern, drönaren, och programvaran. AP3 genomförde den operativa fasen (dvs. driftsättning av drönarsystemet). AP4 analyserade och dokumenterade insikter och resultat från den operativa fasen. Slutligen genomförde AP5 kommunikationen av arbetet och spridningen av resultaten till allmänheten. Under projektets gång genomfördes flera iterationer. Till exempel guidade insikter från AP4 vidareutvecklingen av drönarsystemet i AP2.



Figur 1 Projektorganisation baserat på arbetspaket.

1.6 Innehåll

Denna rapport är uppdelad på följande sätt:

Kapitel 1 ger en introduktion till EOS-projektet.

Kapitel 2 beskriver den utvecklade prototyp av drönarsystemet och de nödvändiga framtida utvecklingarna.

Kapitel 3 presenterar slutresultaten av flygsäkerhetsanalyserna.

Kapitel 4 presenterar slutresultaten av operativa effektanalyserna.

Kapitel 5 beskriver det nuvarande tillståndet för att flyga utom synhåll och dess utmaningar, samt föreslår alternativ.

Kapitel 6 presenterar en analys av implementationsmöjligheter för drönarsystemet på Sjöräddningssällskapets stationer längs Sveriges kuster.

Kapitel 7 sammanfattar kommunikations och resultats spridningsarbetet.

Kapitel 8 sammanfattar slutsatserna från projektet och behovet av vidareutveckling.

2 Drönarssystem

För att ett drönarsystem för tidiga lägesbilder skall kunna ge största nytta måste räddningsbåtsbesättningen hinna få en bild av situationen redan innan de har hunnit ombord i räddningsbåten. Sjöräddningssällskapets frivilliga besättningar har i allmänhet jour hemma, på jobbet, eller var de nu befinner sig. Kravet är att räddningsbåten skall vara på väg inom 15 minuter från ett larm. Snitttiden är 12 minuter. Även om merparten av alla larm inträffar i skärgård eller nära kusten, så är det alltså mycket bråttom att få drönaren på plats.

Varje minut räknas. För detta krävs:

- Ett minimum av både administrativa och tekniska förberedelser innan drönaren kan skickas iväg.
- Att man helst kan välja en drönare som kan flyga en effektiv väg med hänsyn till vind och luftrumsrestriktioner.
- Att drönaren kan flyga fort.

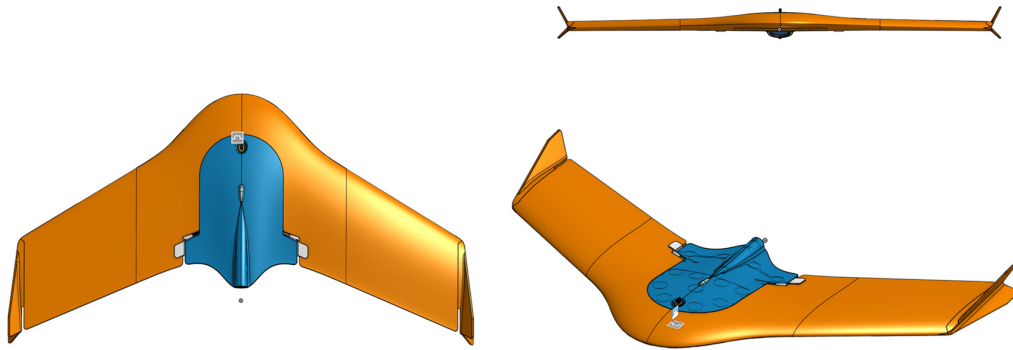
För att få tillstånd att flyga bortom synhåll, vilket normalt inte är tillåtet, men vilket är nödvändigt för denna applikation, har ett antal hänsyn påverkat utformningen av systemet. Inte minst har valet gjorts att använda en mycket litet och lätt drönare av fastvingetyp, vilket i sin tur får konsekvenser både för payload (kamera-gimbal) och launcher.

För en tänkt framtida implementation där Sjöräddningssällskapet skall kunna täcka hela eller delar av vårt operationsområde - kusten och våra större sjöar inom 12 minuter eller mindre kommer ett stort antal drönarstationer krävas - minst lika många så Sjöräddningssällskapets 74 räddningsstationer. Även om projektet inte handlar om implementation måste hänsyn tas så att systemet blir både rationellt och effektivt. Systemet med alla sina drönare och launchers bör kunna övervakas och skötas av en ensam jourhavande drönarpilot som med minimal kognitiv last bör kunna operera flera drönare på olika platser samtidigt. Systemet bör också möjliggöra att flera piloter kan dela på arbetet under högsäsong när många larm kan inträffa samtidigt.

2.1 Drönaren

2.1.1 Design

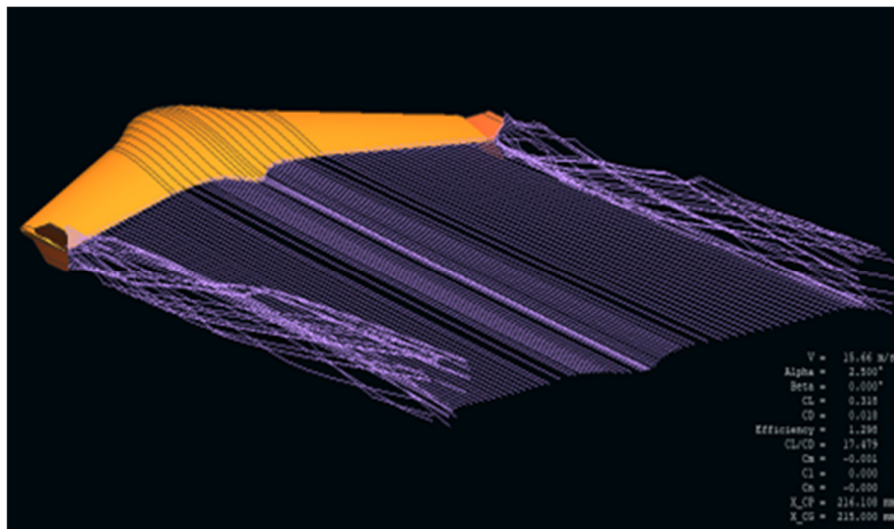
Mot bakgrund av den specifika kravbilden valdes en konfiguration av typen flygande vinge med aktermonterad elmotor.



Figur 2. 3D ritning av EOS-vinge (spännvidd 85 cm, startvikt 1.1 kg).

Strukturen består till största delen av formgjuten polypropencellplast förstärkt med balkar av kolfiberkomposit. Mittsektionens ytterpaneler och elektronikutrymme består av vakuumformad polycarbonatplast med 3D-utskrivna detaljer i UV-härdande plastmaterial. Vingarnas utsida är klädda med en fluorescerande polyesterväv som ytterligare förstärkning och för förbättrad synlighet.

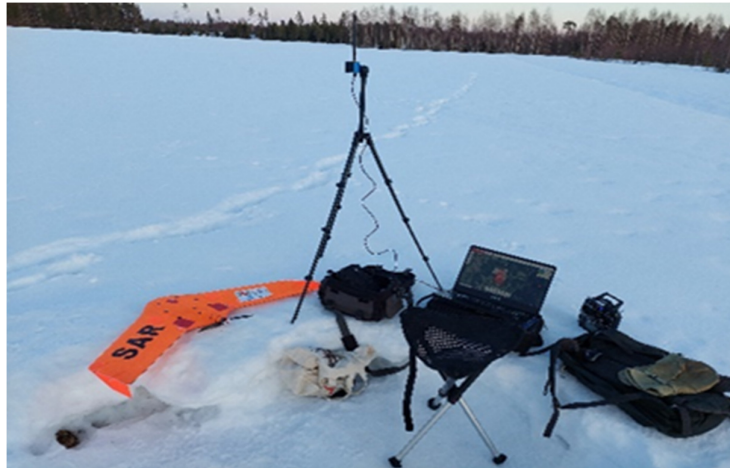
Flygplanet är utrustat med en gyrostabiliserad videokamera som kan styras till valfri riktning eller låsas mot en specifik punkt på marken / vattnet. Vidare är flygplanet utrustat med en autopilot som sköter allt som har med själva flygningen att göra. Dessutom finns en extra omborddator och ett 4G-modem som sköter överföring av videoström, telemetridata och styrkommandon mellan flygplanet och markstationen. Drönaren är också utrustad med speciell elektronik som övervakar och håller batterierna fulladdade medan det sitter i startrampen.



Figur 3. Flödesdynamikanalys.

Ett antal inledande optimeringsstudier kring aerodynamisk design och alternativa kombinationer av batteri, motor, propeller och motorreglage genomfördes som

examensarbeten vid Chalmers Teknologiska Universitet. Vidare genomfördes olika kompletterande tester av teknik för vattentätning, kamerasystem samt telemetri och styrning över mobilnätverk. Under september 2021 genomfördes flygprov för att utvärdera metoder för start och landning samt bärgning från båt.



Figur 4. Flygprov med EOS-vinge prototyp nr 1, februari 2022

Efter ett omfattande arbete med design, konstruktion, tillverkning och montering var så en första iteration av systemet klart för flygtestar under februari 2022. Proven visade på mycket goda prestanda och flygegenskaper generellt även om drivlinan visade sig vara något underdimensionerad med överhettningsproblem som följd. Vidare uppnåddes inte riktigt målsättningen för maximal flyghastighet. Även kamerasystemet visade sig kräva en del förbättringar. Flygplanet testades med katapultstart med lyckat resultat. Även manuell kaststart visade sig fungera men kräver en viss vana och att man tar i ordentligt.

En andra prototyp med justerad aerodynamik och drivlina samt ett modifierat kamerasystem var färdigt för flygprov under april 2022. Testerna visade att målsättningarna för prestanda och flygegenskaper nu uppfylldes i sin helhet men att kamerasystemet inte hade tillräcklig förmåga att stabilisera bilden samt att upphängningens utslag var allt för begränsade. Vidare var det problem med bilddatalänkens stabilitet och kvalitet. Markstationssystemet fungerade till övervägande del väl även om vissa nyckelfunktioner fortfarande saknades och uppkopplingens stabilitet var något bristfällig. Elektronikinstallationen var fortfarande provisorisk med ett virrvarr av kablar och komponenter som fyllde det tillgängliga utrymmet totalt.

Kamerasystemet stabilisering justerades och testades under en serie flygprov i oktober 2022. Stabilisering och bildkvalitet var nu avsevärt bättre än tidigare men bedömdes ändå kräva fortsatt utvecklingsarbete. Testerna avslutades med en serie av 'typ-uppdragsflygningar' som visade att systemet nu hade uppnått en förmåga som var operativt användbar. De aerodynamiska justeringarna som gjorts för att förbättra fartprestanda hade även medfört en liten höjning av lägsta flyghastighet (ca 9 m/s) vilket gör manuell kaststart för oerfarna piloter ännu mer utmanande. Det var därför önskvärt med någon form enkel mobil katapult.

En helt reviderad version av kamerasytemet och förbättrade markstationsfunktioner var redo för testning under april 2023. Det nya kamerasytemet visade sig nu ha utmärkt stabilisering och kunde leverera riktigt bra bildkvalitet. Det nya kamerasytemet tycktes också vara robust och klarar påfrestningar under landning väl. Även markstationsfunktionerna upplevdes som ett par snäpp stabilare och mer funktionella än tidigare. Det saknas dock stöd i markstationen för operatören att enkelt kunna styra kameran och låsa den mot en punkt på marken under uppdraget. Ett utkast till sådana funktioner testades dock under flygningarna med gott resultat. En dedikerad kretskortslösning hade nu tagits fram som integrerar de flesta av elektronikkomponenterna till en enda kompakt enhet vilket både reducerar mängden kablage, förbättrar kylning och ökar robustheten. Den nya kretskortslösningen är tänkt att införas från och med nästa version av flygplanet. Försök med ett koncept för en enkel handhållen katapult genomfördes också med lovande resultat. Den senaste prototypen kommer fortsättningsvis att användas för pilotträning och operationell utprovning under sommaren 2023.

Flygkroppens slutliga utformning och struktur har nu fastställts och formverktygen för cellplastgjutning och vakuumformning av kåpor har tillverkats. En första omgång av serietillverkade komponenter förväntas under sommaren 2023. Det återstår fortfarande att validera vattentålighet och förmågan att autonomt landa i vatten eller på land.

2.1.2 Utmaningarna och framtidsutveckling

De största utmaningarna i utvecklingsarbetet med drönarsystemet har varit:

- 1) Att förena krav på hög fart och lång uthållighet med minimal risk för personer på marken och bemannat flyg.
- 2) Att åstadkomma en stabiliserad kameraupphängning med stort synfält som både tål att landa i vatten, buklanda på land och som dessutom är mycket lätt och kompakt.
- 3) En elektronikininstallation som är både kompakt, lätt och robust samtidigt som vattentålighet och kylbehov tillgodoses.

Drönarens design kommer att utvecklas i framtiden för att bemöta dessa utmaningar.

2.2 Launchern

2.2.1 Syfte och tänkt funktion

Syftet med det launchern är att möjliggöra en smidig och effektiv förberedelse och avfyrning av drönaren med hänsyn till vindförhållandena. Från drönaroperatörens perspektiv används två funktioner hos launchern:

1. Förberedelse
2. Avfyrning

Den tänkta funktionen är att drönaroperatören sätter launchern i förberedelse-läge då ett larm inkommer. I detta läge ska launchern vridas mot vinden för att senare kunna ge maximal lyftkraft åt drönaren vid starten. Avfyrning skall endast tillåtas inom en tillåten sektor för att inte riskera att avfyras drönaren mot intilliggande byggnader.

Efter att rutten för drönaren är fastställd och operatören har klartecken för flygningen ger operatören kommando att avfyras drönaren. I ett inledande skede behöver operatören först göra en bedömning av ifall det är fritt för avfyrning genom att bedöma avfyrningssektorn genom bildström från en kamera monterad på launchern.

Vid avfyrning skjuter launchern iväg drönaren i tillräcklig hastighet för att ge drönaren lyftkraft nog att starta flygningen. Ingen kommunikation mellan launchern och drönare krävs eftersom drönaren detekterar avfyrningen genom interna accelerometerdata och startar sin framdrivningsmotor automatiskt.

Efter avfyrning skall launchern gå tillbaka till sitt viloläge. Ifall operatören väljer att avbryta uppdraget efter att launchern är satt i förberedelse-läge, finns även möjlighet att återställa launchern till viloläge.

2.2.2 Design

Launchern är utformad för att lagra drönaren i ett skyddande hölje¹, vilket skyddar den från yttre påverkan och väderförhållanden.²



Figur 5 Launcher-prototyp installerad vid SSRS kontor i Långedrag.

¹ Sannerholm, Alexander & Markovic, Nikola "Infästning och inklädnad av avfyrningstorn till drönare" (Chalmers tekniska högskola 2020) <https://hdl.handle.net/20.500.12380/301595>

² Bergen, Edward & Preuss, Matthias "Detaljkonstruktion och test av drönarhus" (Chalmers tekniska högskola 2020) <https://hdl.handle.net/20.500.12380/300959>

Launcherns konstruktion möjliggör flera olika rörelser och funktioner.³ Den kan höja och sänka drönarhuset, rotera det⁴, justera vinkeln på drönarhuset (för både avfyrning och service) samt öppna och stänga drönarhuset. Användaren har möjlighet att styra dessa rörelser individuellt, men fördefinierade lägen för exempelvis service eller förberedelse för avfyrning finns också programmerade i systemet.

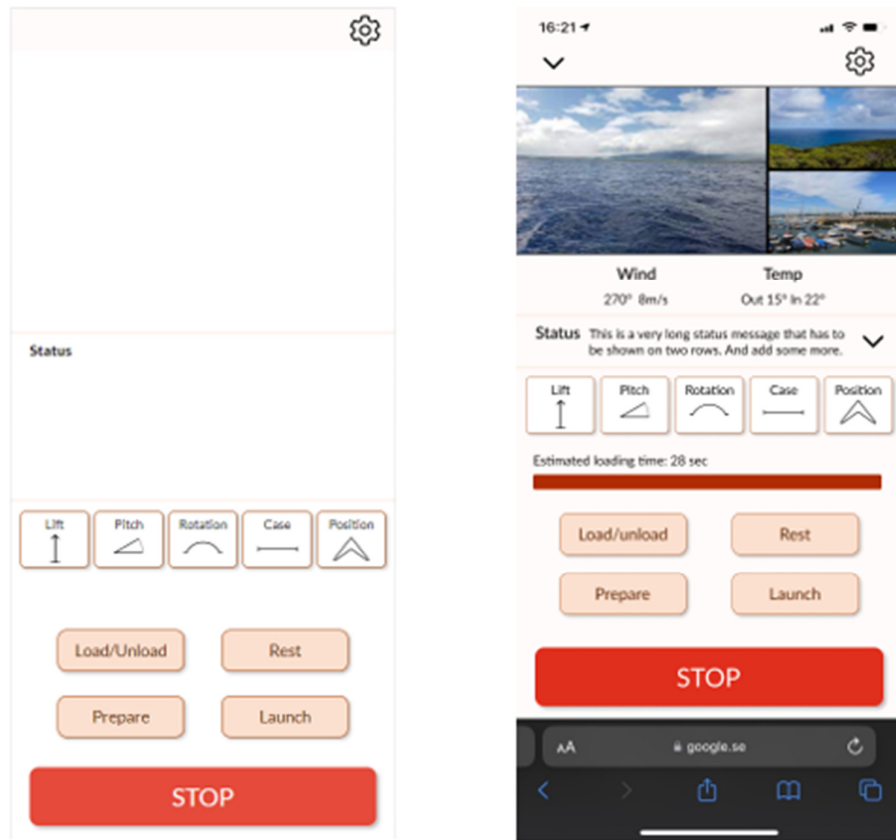
För att underlätta fjärrstyrning av launchern är den ansluten till internet⁵, vilket ger användaren möjlighet att styra den via en dator eller en telefon. Det användarvänliga gränssnittet är anpassat för både dator och telefon, och är även utformat för att tredjepartsprogramvara ska kunna styra launchern. Det mobila gränssnittet visas i bilden nedan, tillsammans med en designprototyp som visar framtida möjlig funktionalitet, såsom väderinformation och kamerabilder.

Sammanfattningsvis erbjuder launchern en hög grad av automatisering och fjärrstyrning, vilket gör den enkel och effektiv att använda för att skydda, förbereda och avfyra drönaren. Genom att kombinera dessa funktioner och rörelser med ett användarvänligt gränssnitt och internetuppkoppling, ger launchern användaren en kraftfull och flexibel lösning för att hantera drönare i olika situationer och miljöer.

³ Valero Beltrá, Daniel “Design and mechatronic integration of a drone launcher” (Chalmers tekniska högskola 2018) <https://hdl.handle.net/20.500.12380/256061>

⁴ Leandersson, Kenny & Tikkanen, Filip “Detaljkonstruktion av låsmekanism” (Chalmers tekniska högskola 2021) <https://hdl.handle.net/20.500.12380/302519>

⁵ Demory, Quentin & Alsamel, Abdulrahman “SSRS drone launcher” (Chalmers tekniska högskola 2020) <https://hdl.handle.net/20.500.12380/302323>



Figur 6. Mobila gränssnittet för att styra launchern.

2.2.3 Teknisk beskrivning

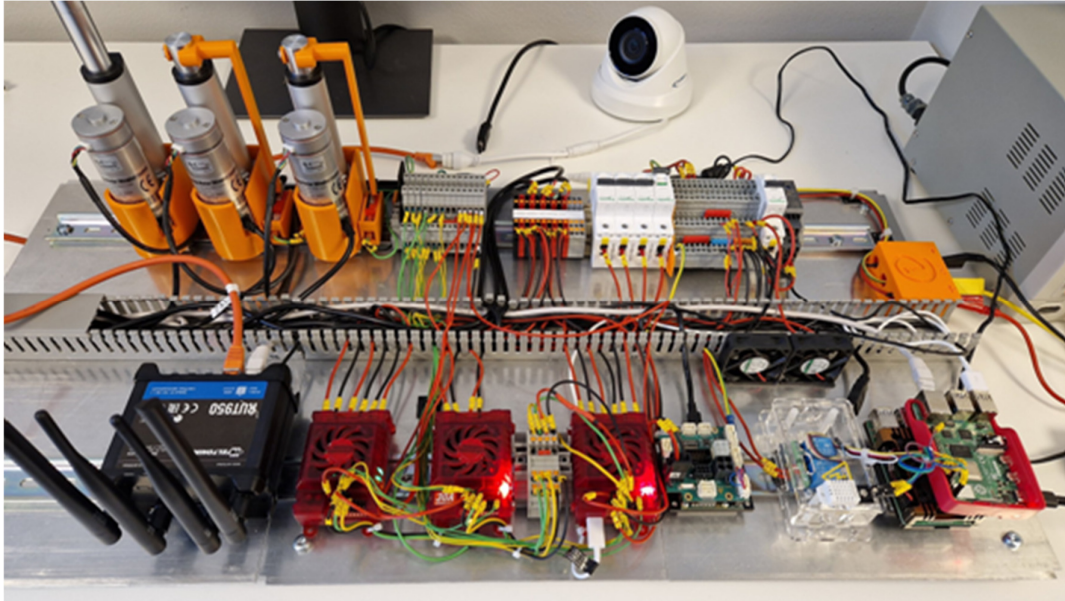
Mjukvaran för styrning av launchern körs på en Raspberry Pi enkorts dator. Denna mjukvara kommunicerar med flertalet microcontrollers som styr de olika elmotorer som utför launcherns rörelser. Raspberry Pi ansluts till internet via en 4G router men ger även möjlighet till anslutning via WiFi.

Systemet spänns matas via ett 48V batterisystem som sedan konverteras till olika spänningar beroende på komponent. Batterisystemet gör att launchern även är tillgänglig vid ett strömbrott. Batterierna laddas via 230V nätanslutning men laddning via solceller är förberett.

Mjukvaran för styrning av launcherns rörelser samt de automatiska lägena, är skriven i Python. Denna mjukvara exponerar ett API (Application Programming Interface) som möjliggör en tredjeparts programvara att styra launchern. Det är även detta API som utnyttjas för att tillhandahålla ett grafiskt webbaserat gränssnitt för launchern. Detta gränssnitt är skrivet i JavaScript. För utvecklingen av systemet finns även en testtrigg⁶

⁶ Lundkvist, Jacob & Nilsson Jacob, "SSRS Drone Launcher Test Bench" (YRGO 2022)

samt tillhörande automatiserade tester⁷ som körs i en pipeline för Continuous Integration⁸.



Figur 7 Testrigg för launcherns elektronik och mjukvara.

2.2.4 Utmaningarna och framtidsutveckling

Styrning av launcherns rörelser

Under tester i operativ miljö har det förekommit intermittenta problem med att styra launcherns olika rörelser, särskilt när flera rörelser utförs i sekvens och en rörelse är beroende av att en tidigare rörelse slutförs korrekt. För att förbättra styrningen av launchern och förbereda den för operativ drift är följande åtgärder nödvändiga:

1. Felsökning och förbättring av befintlig mjukvara för att öka robustheten hos motorstyrningen.
2. Implementering av automatisk kalibrering av ändlägen för launcherns rörelser.
3. Utvärdering av alternativa motorstyrningar mer lämpade för industriella applikationer.

Avfyrningsmekanism

En utmaning har varit att accelerera drönaren tillräckligt snabbt vid avfyrning för att säkerställa en säker start. Baserat på tester i operativ miljö har prestandan inte varit så hög som förväntat. För att förbättra avfyrningsmekanismen föreslås följande steg:

⁷Toivanen, Jennifer & Kang, Juhee “Automatiserade GUI-tester i praktiken - En proof-of-concept studie på Infotiv AB” (IT-Högskolan 2022)

⁸Davidsson, Marcus & Sorkka, Joakim “SSRS EYES ON SCENE - Utveckling av testmiljö för mobilanpassat GUI” (IT-Högskolan 2022)

1. Optimering av befintlig avfyrningsmekanism genom justering av elmotor, styrning och mekaniska komponenter, vilket kan ge en sluthastighet om 10 m/s under goda väderförhållanden.
2. Ny design av avfyrningsmekanism som möjliggör en sluthastighet på 15 m/s, vilket är tillräckligt för avfyrning under svårare väderförhållanden.

Klimat i launchern

Under somrarna har temperaturen inne i launchern blivit högre än förväntat. Detta har påverkat batterierna och drönarens prestanda negativt. För att mitigera problemet har ett fläktsystem monterats för att förbättra luftflödet genom launchern⁹. För att ytterligare förbättra klimatet inne i launchern föreslås följande åtgärder:

1. Automatisk styrning av launcherns rotation för att minska solinstrålningen under varma, soliga dagar
2. Aktivt kylsystem för att tillföra kall luft, som komplement till det befintliga systemet som ventilerar ut varm luft

Enklare design för launchern

För att underlätta tidigare testning och utvärdering av konceptet föreslås en förenklad variant av launchern med färre automatiserade funktioner och en mindre komplex design. Denna enklare variant skulle endast inkludera avfyrningsmekanismen och sakna inkapsling av drönaren. Detta skulle möjliggöra mer fokus på att optimera avfyrningsmekanismen och ge ökade testmöjligheter på olika platser genom att göra launchern mobil. En skiss på den mobila launchern visas nedan.



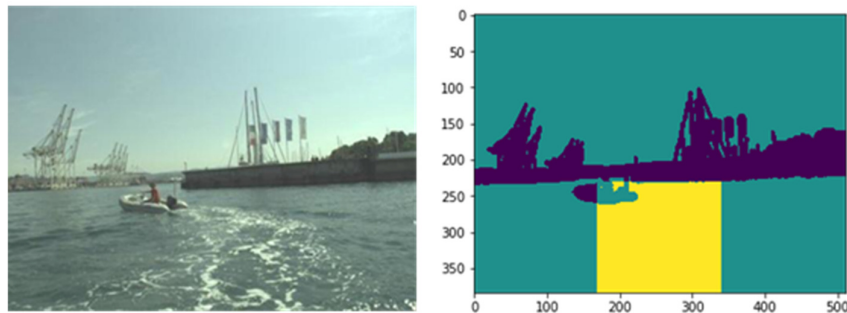
Figur 8 Skiss på den mobila launchern.

⁹ Bielecki, Kevin & Dimberg, Hugo “Konstruktion och test av klimatkontroll för drönarhus” (Chalmers tekniska högskola 2022) <https://hdl.handle.net/20.500.12380/305119>

Utökad automatisering

För att möjliggöra fullständig autonomi vid avfyrning krävs ytterligare automatisering och diagnos-funktionalitet för launchern. Detta innebär att launchern måste ha förmågan att identifiera och rapportera eventuella fel som kan uppstå i dess elektriska och elektroniska system, exempelvis kabelbrott, motorfel och fel på styrelektroniken. En pålitlig diagnos-funktionalitet är nödvändig för att upptäcka dessa fel tidigt och möjliggöra snabb reparation eller utbyte av defekta delar, vilket i sin tur minskar risken för driftstörningar och ökar launcherns prestanda och säkerhet.

För en helt autonom avfyrning behöver även riktningen på avfyrningen vara säkert fastställd av mjukvaran samt att det är fri väg för drönaren i avfyrningssektorn. För att utvärdera möjligheterna till en automatiserad bedömning av sektorn har en prototyp-funktion utvecklats. Denna funktion utnyttjar en kamera monterad på launchern, samt ett maskininlärningsmodell för att bedöma ifall sektorn där drönaren skall avfyras är fri från hinder¹⁰. Denna funktion behöver valideras och vidareutvecklas för att launchern i ett första steg skall kunna ge bättre stöd till operatören och i ett senare steg kunna bli autonom.



Figur 9 Exempel på bedömning av sektor för säker avfyrning.

2.3 Programvaran

Vid projektets början hade Airpelago, bland annat med stöd av Vinnova (utlysningen “Framtidens Drönare” och i samarbete med Ericsson utvecklat en prototyp-mjukvara delvis baserad på Sjöräddningssällskapets önskemål. Denna mjukvara har vidareutvecklats under projektet och olika funktionaliteter har provats och utvärderats. En del funktioner har visat sig användbara och väl lämpade, men andra har visat sig onödiga eller för tidigt införda. Sammanlagt har projektet lett till bättre förståelse för vilka funktioner som är viktiga och i vilken ordning fortsatt utveckling bör ske.

¹⁰ Petersson, Daniel “Maskininläring för säker avfyrning” (IT-Högskolan 2023)

2.3.1 Arkitektur

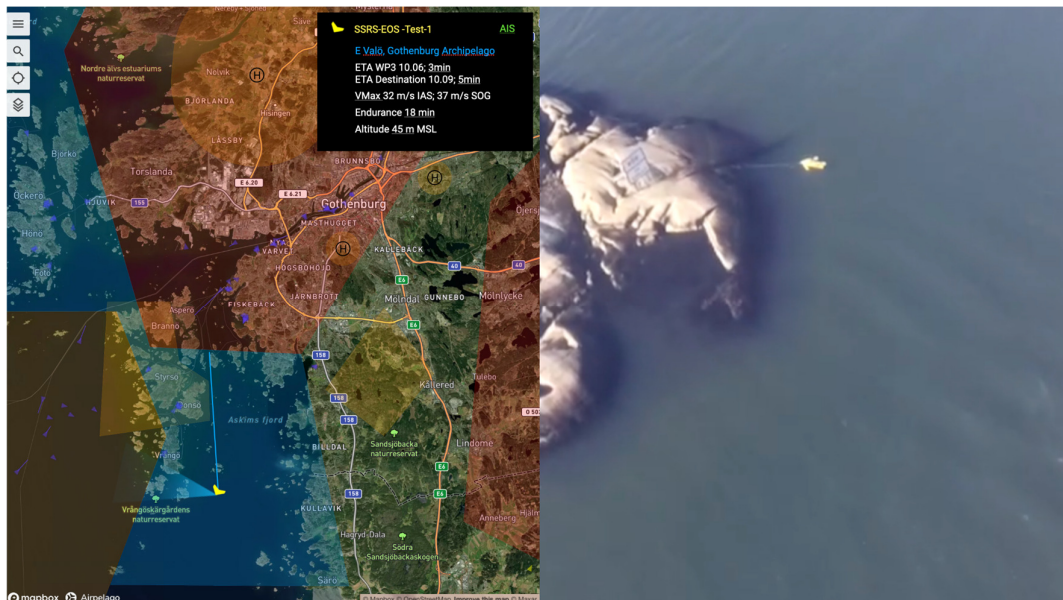
Mjukvaran har utvecklats som två huvudsakliga funktionsområden: video och drönarkontroll. Mjukvaran består av komponenter som körs på en dator ombord i drönaren, i en molnmiljö, och i pilotens webbläsare.

Drönare och launchern är uppkopplade via 4G (Tack till Telia för dedikerade SIM-kort) och både video, kommandon och telemetri-data kommuniceras över denna länk.

Drönarens autopilot drivs av öppen-källa mjukvaran Ardupilot. Mjukvaran på ombord-datorn står för kommunikationen med autopiloten.

2.3.2 Funktionalitet

Här presenteras några av mjukvarans många funktionaliteter med kommentarer om erfarenheter och framtida vägval.



Figur 10 Exempel på programvarans funktionalitet: drönarkontroll (vänster) och video (höger).

Kartvy och luftrumsöverblick

Kärnan i pilotens web-interface är en kartvy med lager för luftrum, topografi, väder, och hinder. Att ha all nödvändig information samlad i ett interface underlättar vid flygning bortom synhåll och i komplexa luftrum som det som använts över Göteborgs skärgård. Data för de olika lagren hämtas från bl.a. Luftfartsverket (LFV) och Lantmäteriet. Tyvärr finns det fortfarande ingen officiell källa att hämta maskinläsbar information om temporära luftrumsförändringar från. Projektet har försökt täppa till denna lucka, men helt går det inte förrän LFV levererar en sådan tjänst.

För framtida utveckling vore det önskvärt att ge piloten tydlig information om vilka luftrum man befinner sig i även om man har zoomat in så att luftrummetts kanter inte

syns. Vidare vore det bra med någon slags varning om något lager inte fått uppdaterade data tillräckligt nyligen.

Visning av egen drönare

Drönaren visas i kartvyn med position, riktning, kurs- och fartvektor och höjd. I interfacet visas även information om tid till nästa waypoint, samt ETA till mål/sista waypoint. Det går att visa ytterligare telemetridata, men i linje med idén att minska kognitiv last för att i framtiden kunna flyga flera drönare samtidigt har mängden data som presenteras i normalfallet hållits till ett minimum. För framtida implementation vore det också önskvärt att visa grafiskt kameravyns ungefärliga utsträckning på kartan.

Visning av båtar och luftfartyg

I samma kartvy visas fartyg och luftfartyg. Fartygspositioner bygger på AIS-dataflöde från Sjöfartsverkets fasta AIS-mottagare längs kusten. Luftfartygspositioner är dels AIS-mål från samma källa (detta gäller luftburna AIS:er - SAR-Aircraft - t.ex. sjöräddningshelikoptrar), dels från en egen ADS-b-mottagare monterad på Sjöräddningshuset i Långedrag. Fartyg visas som en liten triangel i en nedtonad lila färg då de inte bör stjäla för mycket uppmärksamhet. De har också en kurs-och fartvektor, samt namn vid högre inzoomningsgrad. Luftfartyg oavsett källa - visas som en liten gul triangel. Om de är på höjd över 1000 fot visas de nedtonade för att inte störa men ändå ge en indikation på att systemet fungerar. På höjd under 1000 fot visas de i klargul färg med kurs- och fartvektor och höjdangivelse.

Kontroll av drönare

För att kontrollera den egna drönaren måste användaren klicka på den och välja "Take control". Detta eftersom mjukvaran är byggd så att flera piloter kan vara inloggade samtidigt och genomföra samtidiga flygningar.

Ett enkelt verktyg för att skapa och editera en rutt blir tillgängligt för piloten som har kontroll. En viktig funktion här är att rutten kan editeras under flygning, utan att lämna flyginterfacet.

Visning av video

När piloten har valt en drönare visas dennas videoflöde på halva skärmen.

Styrning av kameravy

Kameran är monterad i en 3-axlig gimbal. Autopiloten kan stabilisera kameran så att den pekar i önskad riktning oavsett hur drönaren rör sig. Detta är av särskild vikt när de är blåsigt. Då kan drönarens rörelser bli kraftiga och utan gimbalstabilisering blir videoströmmen mycket ryckig.

I under utflygning är kameran stabiliserad framåt i kurs över grund. Från denna riktning kan användaren manuellt vrida kameran upp/ner och höger/vänster med bibehållen stabilisering.

När drönare når sitt mål används läget "point of interest". Detta kombineras vanligen med "loiter" – dvs. piloten sätter ut en punkt i kartan runt vilken drönaren flyger på en bestämd höjd och med en bestämd radie samtidigt som kameran pekas mot punkten.

Återuppspelning av video

Videon från flygningen sparas automatiskt och kan spelas upp efter flygningen. Då visas också var drönaren var på kartan.

I en framtida implementation vore det bra om piloten kunde spola bakåt i videoflödet medan flygningen pågår, både för att kunna se tillbaka för egen del och för att kunna välja ut relevanta stycken att dela med exempelvis en räddningsbesättning.

Delning av video

Videon kan delas med eller utan kartvyn med ett valfritt antal tittare.

En särskild tjänst har utvecklats som gör det möjligt att dela videon så att den visas automatiskt i SSRS's båtar och på skärmar på SSRS's stationer.

En lärdom som projektet har dragit är att delning av strömmande video kan vara ineffektivt, eftersom det kan leda till att tittaren "fastnar" framför videoströmmen. För en framtida implementation vore det önskvärt att kunna välja ut enstaka bildrutor eller kortare utvalda videosekvenser att dela, så att en besättning snabbt kan bilda sig en uppfattning och sedan gå vidare.

I denna beskrivning behandlas inte problematiken med delningstillstånd.

Delning av kontroll

Även om vårt nuvarande tillstånd inte tillåter oss att byta pilot under pågående flygning så finns den möjligheten i mjukvaran. Tanken är att i ett framtida system med många drönare och många simultana uppdrag så skulle man kunna fördela arbetet på ett effektivt och säkert sätt, liksom att ett uppdrag som drar ut på tiden skall kunna genomföras av nästa skift.

Mjukvaran ger också möjlighet till delning av kontrollen. Detta kan användas så att piloten fortfarande styr drönaren, men att en annan person kan styra kameran. Idén med detta är att piloten kan koncentrera sig på flygning och flygsäkerhet medan den som behöver informationen kan styra kameran för att få de bildvinklar man önskar.

Automatisk ruttplanering

För att ett utbyggt system med flera tillgängliga drönare skall kunna stödja piloten i att välja vilken drönare som är lämpligast behöver mjukvaran kunna räkna ut hur lång tid de närmaste drönarna har till en rapporterad larmposition. För att göra det behöver systemet kunna räkna ut optimerade rutter för respektive drönare. I ruttberäkningen måste hänsyn tas till luftrum, operativa begränsningar (t.ex. i SSRS:s nuvarande tillstånd får man endast flyga över vatten och obebodda mindre öar), samt till rådande vind.

Inom projektet har sådan funktionalitet tagits fram och testats, men eftersom det ännu så länge inte finns flera drönare att välja på så har denna utveckling pausats.

Kontroll av flera drönare

För närvarande tillåter inte SSRS:s tillstånd att en pilot flyger flera drönare samtidigt, men projektet har ändå det som långsiktig målbild. Därför har mjukvaran utvecklats med det i åtanke. Eftersom Autopiloten och mjukvaran kan göra många av de uppgifter som

traditionellt faller på piloten, så kan piloten i högre utsträckning agera som en flygledare. Detta förutsätter att piloten lyfts av så mycket kognitiv last som möjligt. Detta görs bl.a. genom att minimera mängden informations som presenteras till bara det nödvändiga och genom att stötta piloten med god framförhållning och prioritering. Möjligheten att pausa en flygning genom att låta drönaren cirkla på stället, och att lämna över flygningar till andra piloter hjälper om arbetsbelastningen blir för stor. I slutändan är möjligheten att alltid kunna landa på vattnet en säker utväg.

Flera samtidiga piloter

Ett stort antal piloter kan vara inloggade i systemet samtidigt. Som inloggad kan man antingen vara passiv, dvs standby, redo att ta kontroll över en drönare, eller ha kontrollen över en eller flera drönare. En pilot kan be en annan om lov att ta över, eller att ta över en flygning.

3 Flygsäkerhet

3.1 Metod

Projektet EOS (Eyes on Scene) har som mål att utvärdera flygsäkerheten inom drönaroperationer. För att göra det på ett effektivt och detaljerat sätt, använde vi följande metodik:

1. Litteraturstudie av nuvarande regelverk: Först och främst genomförde vi en omfattande litteraturstudie. Detta inkluderade en noggrann granskning av aktuell forskning och rapporter inom området för flygsäkerhet. Vi granskade även nuvarande regelverk och riktlinjer för flygoperationer, med speciellt fokus på drönaroperationer.
2. SORA och SORA 2.5: Vi analyserade SORA ("Specific Operational Risk Assessment") och dess senaste version, SORA 2.5, för att bedöma riskerna med drönaroperationer. SORA är en process som används för att bedöma risker i specifika drönaroperationer, och SORA 2.5 är en uppdaterad version av denna metod.
3. Certifiering och standarder: Vi granskade även relevanta certifieringar och standarder för drönaroperationer. Detta inkluderade att undersöka vilka certifikat som krävs för att genomföra drönaroperationer, och vilka standarder som måste följas för att säkerställa flygsäkerheten.
4. Analys av nuvarande PDRA-tillstånd: Vi utförde en analys av nuvarande tillstånd för PDRA ("Pre-Defined Risk Assessment"). Detta innebar att vi granskade de risker som identifierats i tidigare PDRA-tillstånd, och hur de har hanterats.
5. Workshop SORA: Vi organiserade en SORA-workshop med deltagare från olika intressenter inom flygsäkerhet. Denna workshop gav oss möjlighet att diskutera

SORA-metoden och hur den kan användas för att bedöma riskerna med drönaroperationer.

6. Semi-strukturerade intervjuer: Slutligen genomförde vi semi-strukturerade intervjuer med olika experter inom flygsäkerhet. Dessa intervjuer gav oss möjlighet att samla in djupgående information om säkerhetsbedömningar och utmaningar inom drönaroperationer.

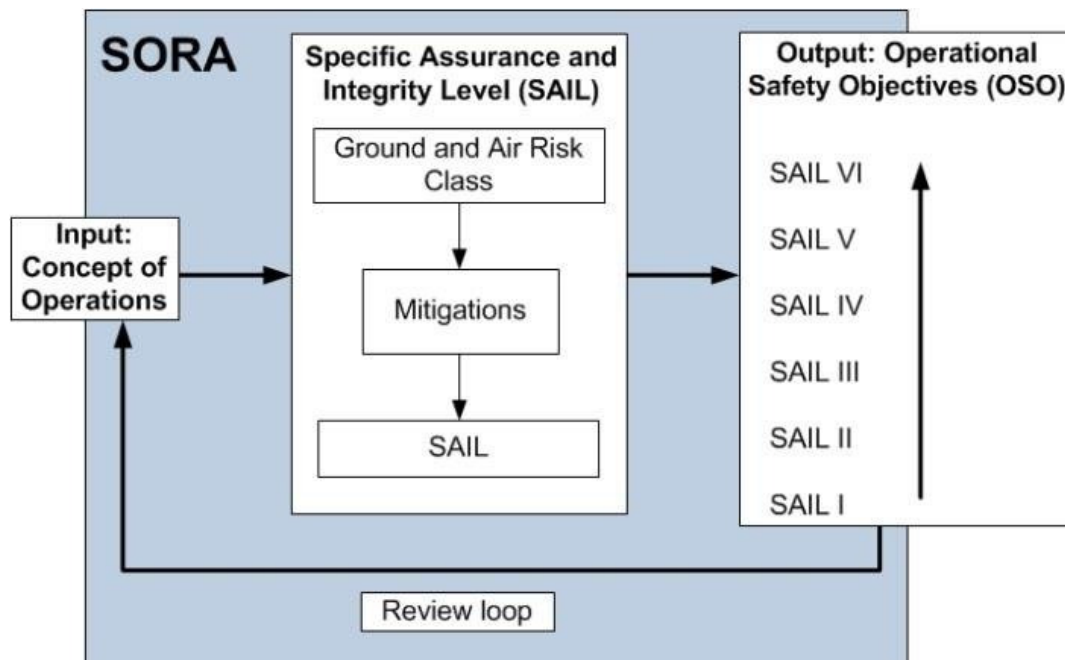
Sammantaget gav denna metod oss en grundlig förståelse för flygsäkerheten inom drönaroperationer, och möjliggjorde för oss att identifiera och adressera eventuella säkerhetsrisker.

3.2 Bakgrund

Vad är en SORA?

SORA (Specific Operational Risk Assessment) är en process som utvecklats för att identifiera och bedöma risker i specifika drönaroperationer. SORA innefattar en strukturerad metod för att bedöma risknivån i samband med specifika operationer, ta fram lämpliga riskminskande åtgärder och stödja myndigheternas beslut i tillståndsgivningsprocessen.

SORA-modellen är baserad på två huvudsakliga analyssteg. Det första steget är att bedöma "Ground Risk" som bedömer risken för personer på marken baserat på operationens karaktär. Det andra steget är "Air Risk" som bedömer risken för andra luftfartyg.



Figur 11: SORA Processen, förenklad. Källa: Nikodem, Florian & Bierig, Andreas & Dittrich, Jörg. (2018). The New Specific Operations Risk Assessment Approach for UAS Regulation Compared to Common Civil Aviation Risk Assessment.

När det kommer till **kvantitativ och kvalitativ riskanalys** inom SORA och riskbedömning för drönaroperationer, gäller följande:

- **Kvantitativ riskanalys:** Detta innebär att man använder numeriska värden för att kvantifiera risk. Kvantitativ riskanalys kan använda sannolikhetsmodeller och statistik för att mäta risken för att en viss händelse inträffar och dess potentiella konsekvenser. Kvantitativa metoder är ofta mer exakta men kan vara mer tidskrävande och kräva mer data.
- **Kvalitativ riskanalys:** Detta innebär att man bedömer risker utifrån subjektiva karaktäristika snarare än exakta numeriska värden. Kvalitativ riskanalys kan innebära att man rangordnar risker baserat på deras potentiella inverkan och sannolikheten att de inträffar, men utan att tilldela specifika numeriska värden. Kvalitativa metoder är ofta enklare och snabbare att genomföra och kan ge ett bra sätt att snabbt identifiera större risker.

SORA-processen är kvalitativ i sin natur, och är en s.k. "Pen and paper"-analys, där det finns vissa fördefinierade kvantifieringar (storlek på drönare, nedslagsenergi etc.) där man faller inom en viss kategori av risk beroende på farkosten som används. Det finns dock möjlighet att stödja de kvalitativa antagandena med kvantitativ data när man beskriver sina OSO:er ("Operational Safety Objectives") och i "Comprehensive Safety Portfolio". I EASAs publicering "Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947" kapitel "C.3.1 SORA qualitative vs quantitative approach" förtydligar man såhär;

"This air risk assessment is qualitative in nature. Where possible, this assessment will use quantitative data to back up and support the qualitative assumptions. The SORA approach in general provides a balance between qualitative and quantitative approaches, as well as between known prescriptive and non-traditional methodologies."

SORA:n är ytterligare uppdelad i 10 delsteg som illustreras i följande figur.

SORA methodology- 10 Steps



Figur: 12 steg som sammanfattar SORA metodologin (källa: EASA)

Vad är en PDRA?

PDRA (Pre-Defined Risk Assessment) är ett operationellt scenario där EASA redan utfört riskbedömningen enligt SORA-processen. Den PDRA som har använts inom ramen för detta projekt är *PDRA-Go2*, som omfattar följande typer av flygningar:

- Drönare med maximalt mått på 3 meter som genererar max kinetisk energi på 34 kJ.
- Utom synhåll för fjärrpiloten (aka. ”BVLOS – Beyond Visual Line Of Sight”).
- Över glest befolkat område.
- I avgränsat luftrum (t.ex. restriktionsområde).

Precis som en generell SORA så kräver en PDRA ett godkännande från Transportstyrelsen, men processen är förenklad.

3.3 Resultat

Vi har i projektet genomfört litteraturstudier och flygsäkerhetsanalys av SSRS operationer med drönare för att stötta sjöräddning. Här sammanfattar vi detta arbete och våra rekommendationer.

Sammanfattning av nuvarande PDRA

Beskrivs i kapitel ”Flygtillstånd”.

Flygsäkerhetsanalys mot bakgrund av nuvarande PDRA

Generellt sett kan sägas att den dokumentation som SSRS har i sin verksamhet för flygning i EOS-projektet håller en mycket hög verkshöjd och är robust och tydlig. Detta visar på att systematisk genomgång av markrisk och luftrisk genomförts kopplat till verksamheten som den ser ut idag, och dessa risker tas väl hand om med de operativa rutiner som utarbetats.

I och med uppdaterade riktlinjer täcker inte PDRA scenarios där mobil kommunikation används som datalänk. Nuvarande tillstånd har godkänts mot bakgrund av så kallad "Grandfathering", vilket innebär att man kan behålla ett tillstånd en period efter att en förändring har skett. Om ny ansökan skall upprättas, eller förändringar i det operativa utförandet (område, flyghöjder, metoder eller teknik) sker så kommer det antingen kräva att man förändrar kommunikationssättet eller genomför en ny tillståndsansökan i den högre klassen där riskanalysen inte är fördefinierad.

Den operativa manual som tagits fram för verksamheten är väl genomarbetad, vilket sammantaget gör framtida arbete med en mer generell SORA eller andra flygtillstånd enklare, och verksamheten håller även därmed en mycket hög säkerhetsnivå.

Utöver det som krävs av Transportstyrelsen har SSRS även samlat kvantitativa data på risker, som till exempel antal luftrörelser med flygfarkoster i det luftrum som används, samt antal fartyg och fritidsbåtar som är i området över tid, vilket kan ge en förfinad bild även riskläget både i luften och på mark och havsyta. Denna data har ej analyserats i detalj, men kan vara ytterligare en del som kan beskrivas i "Comprehensive safety portfolio" vid en SORA-ansökan, och i synnerhet när SORA 2.5 implementeras, som beskrivet i "Framtida arbete".

Som tidigare beskrivits är villkoren för PDRA förändrade, och detta har hanterats i projektet. Det är vår bedömning att projektet kan fortsätta nyttja det utfärdade tillståndet och bedriva verksamheten i enlighet med de dokument och processer varpå tillståndet godkändes. Vår rekommendation för framtida arbete är att ta fram den dokumentation och struktur som behövs för att få godkännande enligt SORA, och så snart det är möjligt att påbörja denna process, enligt tabellen nedan.

Dokument för tillstånd	EOS Status inför SORA-ansökan
1. En beskrivning av CONOPS (concept of operation) med verksamhetsbeskrivning.	Tydligt beskrivet som ett kapitel i operativ manual.
2. Operativ manual (OM - operations manual)	Väl genomarbetad, där man tagit höjd för en växande organisation.
3. ERP (Emergency Response Plan)	Tydligt beskriven som ett appendix till OM. Går att förtydliga hur det är tänkt att återgå till normal verksamhet efter att ERP har aktiverats.

4. Maintenance instructions (kan vara i form av AMM – Aircraft Maintenance Manual)	Saknas.
5. Riskanalys enligt SORA, där SAIL-nivå och tillämpliga OSO:er redovisas	Riskanalys enligt PDRA-Go2. Denna bör kunna användas som bas, och därmed behöver endast avsteg från denna PDRA analyseras i detalj.
6. Compliance Matrix for TS convenience (ANNEX A TO AMC1 TO ARTICLE 11)	Saknas.

3.4 Framtida arbete

Det framtida arbete som bör utföras är följande:

- Utförande av SORA enligt tabellen under “Resultat”, mot bakgrund av förändrade krav för PDRA.
- Utvärdera luftrisker och mitigeringar för att hitta möjligheter för flexiblare användande i andra luftrum än de nuvarande, detta arbete kan även kopplas till införandet av regelverket för U-Space.
- Utvärdera flygning över land (högre markrisk) för andra användningsområden än sjöräddning
- Utvärdera tekniska och regulatoriska aspekter som behöver vara på plats för att låta en fjärrpilot vara ansvarig över flera drönare.
- Certifiering av farkosten mot de nya standarderna som publiceras i förhållande till EU Regulation 2019/945, 2019/945, 2021/664 samt 2021/666.

3.5 Klargörande

Markriskprocessen

I SORA 2.5 har det införts kvantifierbara mått kring markrisk kopplat till befolkningstäthet. Detta skulle kunna användas i nästa steg av projektet för att utöka operationsområdet till områden över mark med låg befolkningstäthet. Det skulle också göra det möjligt att tillåta flygrutter som korsar öar med låg befolkningstäthet, och på så sätt snabbare kunna ta sig ut till ett larm.

Intrinsic UAS Ground Risk Class						
Max UA characteristics dimension	1 m	3 m	8 m	20 m	40 m	
Max cruise speed	25 m/s	35 m/s	75 m/s	150 m/s	200 m/s	
Maximum iGRC population density (ppl/km ²)	Controlled ground area	1	2	3	4	5
	< 25	3	4	5	6	7
	< 250	4	5	6	7	8
	< 2,500	5	6	7	8	9
	< 25,000	6	7	8	9	10
	< 250,000	7	8	9	10	11
	> 250,000	7	9	Category C Operations (Not part of SORA)		

Figur13 : Markrisk i SORA 2.5 kopplat till befolkningstäthet.

Certifiering och standarder

Europakommissionen har gett CEN (Europiska kommittén för standardisering, en organisation med 34 europeiska medlemsländer) uppdraget att ta fram standarder till de publicerade EU-regelverken för drönare (specifikt EU Regulation 2019/945, 2019/945, 2021/664 samt 2021/666). Detta arbete har förskjutits i tid, och därmed även införandet av regelverket. Nuvarande horisont är tillämpningen av dessa 1:a Januari 2024, men den kompletta standarden är inte ännu publicerad vid denna rapportens skrivande. De publicerade (publicerades 28:e Februari 2023) som man bör ha med i beräkningen för framtida arbete är:

- ASD-STAN prEN 4709-002 (DRI) Direct Remote Identification,
- ASD-STAN prEN 4709-003 (Geoawareness requirements)
- ASD-STAN prEN 4709-004 (Lighting requirements).

Dessa standarder (prEN 4709-xxx) är dock ej publicerade i sin helhet utan avvaktar prEN 4709-001 innan offentlig publikation. Detta är en del i att regelverket ska kunna träda i kraft, och då förseningar skett tidigare bör detta följas noggrant, och certifieringsarbetet bör genomföras så snart som möjligt.

U-Space

U-space är ett ramverk föreslaget av Europeiska Unionen för att säkerställa säker och effektiv tillgång till luftrummet för stora antal drönare. Det är i huvudsak ett system för att hantera drönartrafik, med fokus på låghöjdsoperationer. EU-regelverken för dessa är 2021/664, 2021/665 samt 2021/666.

Målet med U-space är att möjliggöra komplexa drönartjänster, med hög densitet, i alla typer av operationella miljöer, även i urbana områden. U-space är planerat att vara

digitalt, automatiserat och sömlöst, för att säkerställa säkra drönanoperationer och samverkan med bemannade luftfartyg.

Några av de tjänster och funktioner som U-space inkluderar är:

1. **E-identifikation och geo-awareness:** Detta innebär att drönare automatiskt kan identifiera sig själva och känna till sin position i förhållande till andra objekt och zoner.
2. **Trafikinformation och konfliktförvaltning:** Dessa funktioner kan innebära att drönare kan få realtidsinformation om annan trafik och potentiella konflikter, och kunna hantera dessa konflikter på ett effektivt sätt.
3. **Flygplanering och godkännande:** Detta kan innebära att drönanoperatörer kan planera och få godkännande för sina flygningar i realtid.
4. **Befäl och kontroll:** Detta innebär att drönanoperatörer kan ha effektiv kontroll över sina drönare under hela operationen.

U-space är tänkt att bidra till att drönan-tjänster kan skala upp på ett säkert och effektivt sätt, och hjälpa till att möjliggöra en rad nya kommersiella möjligheter inom drönarsektorn.

U-Space kan påverka SSRS operationer på det sätt att det underlättar i hanteringen av luftrumsrisken, men det är även ett nytt och komplext system som man måste implementera och förhålla sig till. U-Space är under implementation i hela EU, och det kommer ske gradvis under närmaste decenniet. Här har Europakommissionen gett uppdraget att standardisera och harmonisera systemet till Eurocae, och även ASTM, ISO och IEEE arbetar med standardisering av U-Space/UTM. De första standardiserade inom U-Space relaterar även till EU:s grundläggande regelverk för drönare beskrivet under "Klargörande kring certifiering och standarder", och farkosterna som används av SSRS behöver vara certifierade för att få operera, även inom specifik kategori.

4 Operativ effekt

4.1 Metod

För att undersöka om en livestreamad video från en sjöolycka kan hjälpa räddningspersonalen att skapa kontroll över situationen har ett antal försök genomförts¹¹. Dessa försök har simulerat utryckningar med sjöräddningsenheter från station till olycksplats. Dessa utryckningar har genomförts med och utan videostöd från de fingerade olycksplatserna och jämförelser har gjorts mellan konditionerna. Efter försöken har fokusgruppsintervjuer även genomförts. Tre olika räddningsstationer på västkusten har varit delaktiga.



Figur14 : Stillbild från UAV på docka som simulerar nödställd.

Det som undersökts är nivån av kontroll. Kontroll definieras som en enhets förmåga att påverka ett händelseförlopp i önskvärd utveckling. För att kategorisera nivån av kontroll enheterna befinner sig i har modellen "Contextual Control Model" (COCM) använts¹². En enhet i ett högre stadium av kontroll kan oftast påverka händelseförloppet i högre grad än en enhet som befinner sig i lägre grad av kontroll (se tabellen 1 nedan). Analysnivån, det vill säga det system som analyserats, är en sjöräddningsenhet. I det här fallet handlar det om en sjöräddningsbåt med dess besättning och dess tekniska system.

Tabell 1. kontrollnivåer enligt COCOM

¹¹ Granholm, L., & Grote, B. (2022). [Evaluating the effect of live-streamed video from accident sites in maritime SAR using UAV Analysis of control using the Contextual Control Model \(COCOM\)](#).

¹² Hollnagel, E. (2002). [Cognition as control: A pragmatic approach to the modelling of joint cognitive systems](#). *IEEE Journal of Systems, Man and Cybernetics*.

Control mode	Number of goals	Subjectively available time	Evaluation of outcome	Selection of action
Strategic	Several	Abundant	Elaborate	Based on models/predictions
Tactical	Several (limited)	Adequate	Detailed	Based on plans/experience
Opportunistic	One or two (competing)	Just adequate	Concrete	Based on habits/association
Scrambled	One	Inadequate	Rudimentary	Random

4.1 Resultat

Även om den aktuella studien bygger på ett relativt litet urval av deltagare, pekar resultaten på att tillgången till en live-video från en olycksplats till sjöss kan öka graden av kontroll bland sök- och räddningspersonal till sjöss.

De viktigaste resultaten av denna studie är följande:

- Videon ger en ny informationskälla som kan användas för att fatta beslut.
- Videon hjälper räddningspersonalen att lokalisera en mer exakt position för den nödställda personen.
- Sökfasen kan förkortas och därmed kan objektet hittas snabbare.
- Planering och förberedelser kan göras mer exakt och lämpligare för situationen.
- Uppgiftsbelastningen kan minskas och räddningspersonalen kan därmed fokusera på andra uppgifter.
- De kan få en mer exakt förståelse för situationen.
- De kan öka sin kontroll genom att ha tillgång till en video från olycksplatsen.
- Med videon från olycksplatsen gick två av tre räddningsenheter över till ett högre nivå av kontroll och en station ökade sin kontrollnivå inom samma nivå av kontroll.

4.3 Förslag till vidare forskning

Det andra syftet med denna studie var att samla in räddningsmännens åsikter om hur EOS -projektet bör utforma UAV-systemet för att passa räddningsmännens behov. Deras förslag sammanfattades från de tre fokusgruppsdiskussionerna och insikten om deras åsikter och preferenser kommer att hjälpa utvecklarna i projektet.

EOS projektet omfattar en UAV som registrerar olycksplatsen och förser räddningspersonalen med en direkt videoöverföring. Ytterligare forskning bör genomföras när UAV-systemet är funktionsdugligt för att fastställa om resultaten av denna studie kan bekräftas och om UAV:n kan öka antalet lyckade räddningsinsatser.

Under fokusgruppsdiskussionerna blev det tydligt att UAV-videon påverkade räddningspersonalens sätt att arbeta. Därför skulle det vara lämpligt med studier om vilka effekter livestreamad video har på räddningspersonalens medvetenhet. Det skulle också vara relevant att studera vilka effekter livestreamad video har på räddningspersonalens stressnivå och mentala välbefinnande. Särskilt när det gäller situationer där de kan se situationer utvecklas live i videon men inte kan påverka resultatet. Slutligen var denna studie begränsad till SSRS räddningsenheter och ett objekt i vattnet åt gången. En mer komplex studie som omfattar mer av det svenska SAR-systemet och använder flera objekt skulle vara lämplig, liksom att se hur SAR-räddarnas rutiner och procedurer påverkas av att integrera en UAV i deras arbete.

4.4 Förbättringsförslag

Under fokusgruppsdiskussionerna lyftes flera tekniska och kommunikativa förslag för UAV-systemet av deltagarna.

Vid station A var deltagarna oroliga för att videofilmen kan ta dyrbar tid i anspråk om de måste titta på den innan de går ut. De menade att videon inte får distrahera dem för mycket och att de inte ska behöva stanna upp och titta på videon i flera minuter innan de kastar ut.

Deltagarna sade att de skulle vilja att UAV:n var utrustad med ett automatiskt identifieringssystem (AIS). På så sätt skulle det vara mycket lättare att se var olycksplatsen ligger. Om UAV:n har ett AIS skulle UAV:ns position visas direkt på deras ECDIS, vilket skulle eliminera behovet av att jämföra videon med omgivningen för att fastställa den exakta positionen.

Dessutom uppgav de att de inte visste var norr, söder, öster eller väster låg när de analyserade videon. Deltagarna drog slutsatsen att en liten sjökortsbild i videons hörn med bäring skulle hjälpa dem att bedöma situationen. En skala i videon för att uppskatta avstånd togs också upp som en potentiell fördel.

Vidare ville man kunna zooma in och ut och frysa eller pausa bilden om de vill titta närmare på en viss bild. Eftersom UAV:n cirkulerade runt olycksplatsen hindrade den cirkulerande rörelsen räddningspersonalen från att se platsen från vissa vinklar under en längre tid.

UAV:ns förmåga att filma olycksplatser i mörker lyftes också. Deltagarna trodde att det eventuellt kan hjälpa dem vid räddningsinsatser på natten eller i mörker.

Kommunikationssättet med UAV-operatören togs upp som en fråga att undersöka. Besättningarna vill kunna tala med operatören för att göra förfrågningar så att de kan få en bättre förståelse för situationen eller beordra operatören att ta bort UAV:n från olycksplatsen (om en helikopter närmar sig).

Om kommunikationen mellan alla parter inte fungerar som den ska ökar risken att något missas. En station ansåg att Rakel var det bästa sättet att kommunicera med operatören. De uppgav att de för närvarande har vissa problem med att kommunicera med ambulanshelikoptern eftersom de inte arbetar på samma kanal.

Enligt en annan station bör kommunikationen, om JRCC också har tillgång till videon, inte ske via deras interna kommunikationskanal Rakel, utan snarare via VHF. På så sätt får JRCC uppdateringar automatiskt genom att lyssna på kommunikationen mellan räddningspersonalen och operatören.

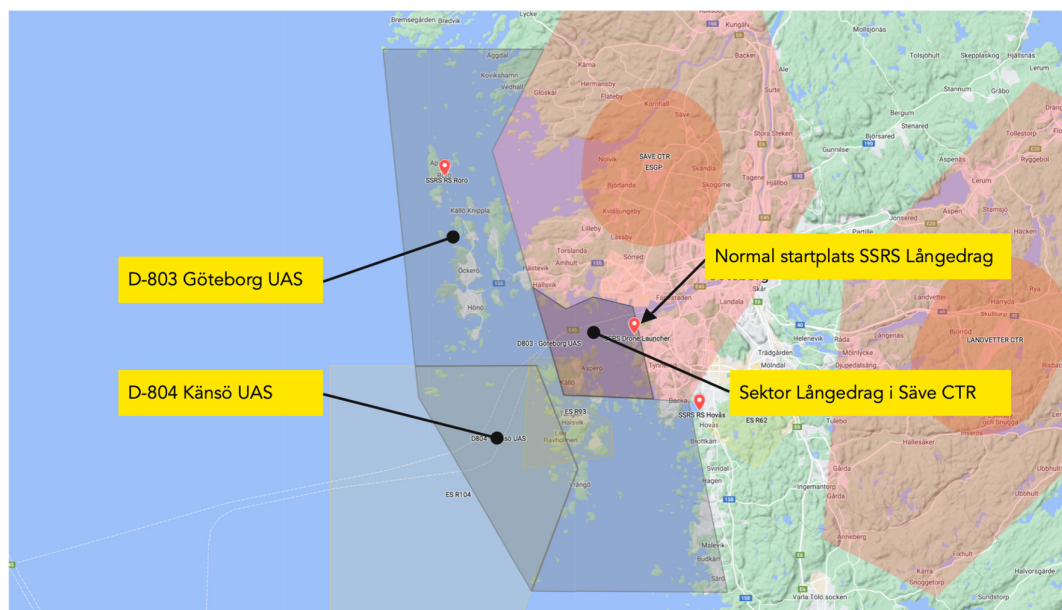
Slutligen nämnde besättningarna att det behövs utbildning och förfaranden för att kunna använda videofilmerna i sin verksamhet på ett säkert sätt. Rutiner och prioriteringar måste definieras och/eller anpassas så att videofilmerna kan användas på ett säkert sätt.

5 Flygtillstånd

Sjöräddningssällskapet började undersöka möjligheter med drönare 2014. Under arbetets gång har tillstånd sökts och erhållits inom tre olika regelverk. Det senaste regelverket är EU-gemensamt. Starkt förenklat bygger de på kategorierna “Open, Specific och Certified”, där “Open” i princip omfattar flygningar med små drönare inom synhåll (t.ex. konsumentdrönare), och “Certified” är tänkt för stora drönare som skall kunna vara helt integrerade i luftfartssystemet och uppträda tillsammans med, på samma villkor som bemannad luftfart.

Inom kategorin “Specifik” hamnar drönaroperationer som inte passar in i de två andra kategorierna. Tillstånd ges för en specifik sorts operation i ett specifikt sorts område med specifika begränsningar. Grunden för tillstånd inom specifik kategori är en riskbedömningsprocess kallad “Specific Operations Risk Assessment” (SORA). Europeiska flygsäkerhetsmyndigheten “European union Aviation Safety Agency” (EASA), har givit ut ett antal fördefinierade SORA:or kallade “Pre-defined Risk Assessments”, PDRA.

Sjöräddningssällskapet har Sveriges första tillstånd enligt PDRA-GO2 som i korthet innebär att man får flyga drönare bortom synhåll från piloten, med ett antal villkor och begränsningar. Ett av dessa villkor är att flygningen måste ske i så kallad segregerad luft. Därför har SSRS sökt och beviljats två D-områden (Danger-areas) över Göteborgs skärgård. Ett D-område innebär att annan luftfart får flyga i området men måste ta hänsyn till den verksamhet som D-områdena upprättats för. I allmänhet kan detta lösas genom att den som vill använda området samråder med SSRS:s drönarpilot per telefon så att konflikter kan undvikas.



Figur15 : Sektorer relaterad till EOS flygtillståndet.

Eftersom SSRS:s normala startplats ligger i anslutning till huvudkontoret i Långedrag, Göteborg, som i sin tur ligger inom Säve Flygplats kontrollzon, så har det också upprättats en sektor i sydvästra hörnet av Säve CTR.

6 Vision och Implementation

Visionsarbetet om implementation av drönarsystemet fokuserade på hur flera drönarsystem i framtiden kan placeras längs Sveriges kust samt kontrolleras och övervakas av en operatör i en ledningscentral. Specifikt undersöktes vilken funktionalitet ett multidrönarsystem för sjöräddning bör erbjuda med avseende på uppgiftens utförande samt i dess interaktion med operatören, vilka kognitiva utmaningar operatören kan tänkas ställas inför i deras interaktion med drönarsystemet, och vilka konsekvenser allt detta får för designen av både drönarsystem och användargränsnitt. Forskningsmetoden grundades i scenariobeskrivningar och verktyg för att studera hur delad processkontroll mellan människa och autonomi kan tänkas utvecklas över tid. Det här kapitlet sammanfattar utförandet och resultaten av framtidsstudien. Innehållet kommer att publiceras vetenskapligt och ingå i en doktorsavhandling.

6.1 Scenario

För att konstruera ett sjöräddningsscenario för drönarsvärmar genomfördes en workshop tillsammans med en räddningsdykare och två räddningsledare från Sjöfartsverkets sjöräddningscentral Joint Rescue Coordination Centre (JRCC) samt en sjöräddningsexpert från SSRS. Deltagarna hade i snitt 6.75 års ($SD=4.35$) erfarenhet av deras nuvarande yrkesroller. Deltagarna fick skriftlig information om studiens syfte, innehåll, hur det insamlade datamaterialet skulle behandlas, och att deltagande i studien var anonymt och frivilligt.

6.1.1 Procedur för workshop

Workshopen inleddes med att informationen om studien upprepades muntligt för deltagarna som sedan gav sitt informerade samtycke att medverka. Därefter gavs en kort presentation om ledning, svärmprinciper, och drönarsvärmar. Workshopen genomfördes sedan i två steg.

Först fick deltagarna beskriva och diskutera hur ett typiskt räddningsuppdrag ser ut från deras perspektiv, från början till slut. De uppmuntrades då att beskriva sina uppgifter, strategier, verktyg, och problem. Uppföljningsfrågor ställdes vid behov av workshopledarna för att få ytterligare förståelse för deltagarnas informationsbehov och bearbetning, kommunikationsmönster, beslutsfattande, resurshantering, och hur arbetet går till i största allmänhet.

I workshopens andra del fick deltagarna diskutera och problematisera hur införandet av en drönarsvärm skulle kunna påverka deras respektive uppgifter och uppdraget i stort. Workshopen pågick under cirka 2.5 timmar.

6.1.2 Scenariokonstruktion

Under workshopen fördes detaljerade anteckningar av två forskare. Anteckningarna skrevs därefter ihop för att beskriva räddningsdykarens och räddningsledarnas

respektive aktiviteter under sökinsatsen. Dessa beskrivningar sammanfogades sedan för att konstruera en kronologiskt sammanhängande händelsebeskrivning.

Under analysen av händelsebeskrivningen betraktades räddningshelikoptern med besättning (piloter och räddningsdykare) som ett *sammansatt kognitivt system* – en autonom agent med avancerade förmågor gällande exempelvis perception, beslutsfattande, initiativtagande, koordination, och samverkan.

Händelsebeskrivningen diskuterades sedan med en forskare från SAAB Aeronautics för att få inspel kring multipla målobjekt och osäkerhet vid sökuppdrag över hav. Inspelen vävdes samman med den existerande händelsebeskrivningen för att konstruera ett svärmscenario för sjöräddning.

6.1.3 Svärmscenario för sjöräddning

Scenariot föregås av ett larm varpå operatören aktiverar och skickar ut ett antal tillgängliga drönare till ett initialt sökområde. Sedan sker följande:

1. Svärmen får av operatören ytterligare detaljerad information om sökområdets position (baserat på ny information om vindstyrka och riktning, strömmar, osv.).
2. Svärmen bedömer uppgiftens omfång (dess mål, kontextuella data, osv.).
3. Svärmen inventerar sina drönarresurser (antal, förmågor).
4. Svärmen initierar sin kollektiva uppgift, justerar sitt beteende givet tidigare bedömningar och beslut, och fördelar (på ett decentraliserat vis) drönare över sökområdet.
5. Operatören ger svärmen ny kontextuell information att man fått tips om ett intressant objekt vid en viss koordinat.
6. Svärmen justerar sitt sökbeteende för att sända ett antal drönare till målkoordinaten.
7. Det upptäckta objektet visar sig vara en livbåt. Operatören inser vikten av detta och markerar livbåten som ett högt prioriterat mål att kontinuerligt följa och övervaka.
8. Svärmen har nu multipla uppgifter (följ livbåten *och* sök vidare) och delar sig i två – en för att hantera varje uppgift.
9. Operatören förtydligar att endast drönare med optiska sensorer ska följa livbåten så att drönare med IR-sensorer kan söka vidare.
10. Svärmen justerar återigen sin inre organisation för att omfördela ”optiska drönare” och ”IR-drönare” mellan subsvärmarna.
11. Svärmen bedömer att ett delområde har sökts igenom och att ingenting av intresse har funnits.
12. Svärmen beslutar att delområdet bör genomsökas på nytt för att sannolikheten för upptäckt är för låg (för hög risk att relevanta objekt missats).
13. Svärmen byter till en mer kreativ och stokastisk sökstrategi och meddelar operatören.
14. En drönare upptäcker en civilperson på en klippformation i sökområdet, och meddelar svärmen.

15. Svärmen beslutar att sätta operatören i kontakt med civilpersonen (som kanske har relevant information). Svärmen meddelar operatören om den planerade kontakten.
16. En drönare utrustad med mikrofon och högtalare närmar sig civilpersonen.
17. Drönaren uppmärksammar operatören på att kommunikationskanalen är redo.
18. Operatören påbörjar uppgiften och ber civilpersonen om eventuell information.

Scenariot är designat för att utmana den traditionella kontrolldynamiken mellan operatören och drönarna. Drönarnas och svärmens agerande samt deras interaktion med operatören är baserat på dagens aktörer, interaktioner, ledningsstrategier, och informationsbehov. Scenariot påvisar därmed vilka funktioner och förmågor svärmen måste ha samt vilka kontrollmöjligheter operatören måste ha tillgång till. Scenariot analyserades vidare för att förstå hur dynamiken i människa-svärm interaktionen utvecklas över tid.

6.1.4 Analysmetod

För att studera svärmscenariot användes Joint Control Framework (JCF), vilket är en metod för att utföra temporal analys av människa-maskin interaktion.¹³ Metoden identifierar mänsklig och artificiell aktivitet på olika nivåer av kognitiv kontroll (Levels of Autonomy in Cognitive Control; LACC). LACC-modellen beskriver i sex nivåer *varför* (6 Problemställning, 5 Uppsättning av effektmål) kontrollprocessen finns, *vad* (4 Värderingar och framgångsmått, 3 Generella strategier) den består i, och *hur* (2 Definiera implementering, 1 Konkret fysisk handling) kontrollhandlingar implementeras i ett sammansatt kognitivt system.¹⁴ JCF-notationen kan på detta vis användas för att studera dynamisk arbetsfördelning och autonomi i sammansatta kognitiva system. Resultaten kan sedan användas för att designa system och gränssnitt med avseende på kontrollmekanismer, transparens, arbetsfördelning, och beslutsstöd på rätt abstraktionsnivå.

De sex LACC-nivåerna modellerades i ett notsystem på en tidslinje. Analysprocessen inleddes med att identifiera triaden mellan subjekt, gränssnitt, och objekt i drönarsystemet. Därefter identifierades perceptionspunkter, beslutspunkter, och handlingspunkter för de olika aktörerna i anslutning till de numrerade stegen i scenariot. Dessa punkter representerar "lederna" i interaktionen. Kontrollpunkterna fördelades sedan över de relevanta LACC-nivåerna.

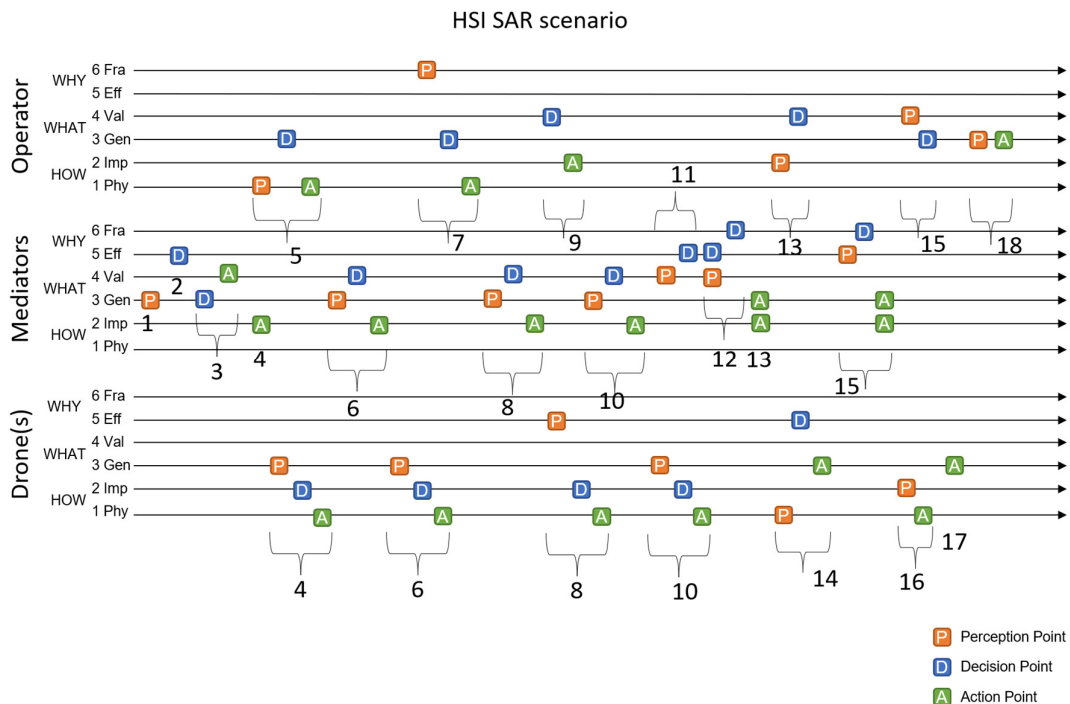
¹³ Jonas Lundberg och Björn J.E. Johansson (2021). A framework for describing interaction between human operators and autonomous, automated, and manual control systems. *Cognition, Technology & Work*, 23(3), s.381-401. DOI: [10.1007/s10111-020-00637-w](https://doi.org/10.1007/s10111-020-00637-w)

¹⁴ Jonas Lundberg, Mattias Arvola, och Karljohan Lundin Palmerius (2021). Human Autonomy in Future Drone Traffic: Joint Human-AI Control in Temporal Cognitive Work. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 4. DOI: [10.3389/frai.2021.704082](https://doi.org/10.3389/frai.2021.704082)

6.2 Temporal analys av människa-svärm interaktion

I analysen identifierades svärmoperatören, svärmsystemets *mediatorer* (olika stödfunktioner för exempelvis beslut och koordinering; “svärmen” i vid bemärkelse), och de fysiska drönarplattformarna som relevanta aktörer i interaktionen. Dessa modellerades som varsin tidslinje i notationen. En “processmappning” för JCF innehåller typiskt en analys av möjliga externa och interna störningar. Detta steg utelämnades ur analysen men kan vara relevant för andra studier och frågeställningar. Utöver svärmmediatorernas och drönarnas funktionella förmågor och syften har deras interna mekanismer inte modellerats eller beskrivits i detalj. Även detta kan vara mer relevant för att besvara andra frågeställningar.

Gällande förhållandet mellan operatör, svärm, och drönare beskriver scenariot hur subjekt och objekt byter plats under uppdragets gång. I vissa lägen tar operatören rollen som subjekt och leder svärmen (objektet). I andra lägen är svärmen subjektet som styr operatörens (objektets) aktiviteter. En liknande relationsdynamik kan observeras i hur svärmen och enskilda drönare växelvis leder och reagerar på varandra. Nedan presenteras den temporala analysen av människa-svärm interaktionen i sjöräddningsscenario.



Figur 16 Temporal analys av människa-svärm interaktion. De numererade episoderna motsvarar steg i sjöräddningsscenario.

En ingående beskrivning av analysen är för omfattande för att presentera i denna rapport. Istället presenteras nedan en summativ bedömning av interaktionen.

Analysen visar hur operatören inledningsvis är drivande (subjektet) i aktiviteten (steg 1-14), varpå svärmen tar över och initierar nya aktiviteter för operatören (objektet, steg

15-18). Man kan även se hur svärmen fördelar arbetsuppgifter mellan drönare och hur drönarna reagerar på detta (steg 4, 6, 8, 10), samt hur enskilda drönare initierar aktiviteter och uppgifter på svärmenivå (steg 14-15). I termer av autonomi visar analysen att svärmen och de enskilda drönarna har både förmåga och mandat att agera på höga LACC-nivåer, vilket har stor inverkan på interaktionen med operatören och samarbetet dem emellan. Hög autonomi för en aktör på vissa LACC-nivåer kan dock senare innebära lägre autonomi för andra aktörer på andra LACC-nivåer.¹⁵ Exempel på detta kan bland annat finnas i steg 5-6 när operatören anger en målkoordinat (hög autonomi på LACC-nivå 3) som svärmen måste förhålla sig till (lägre autonomi på LACC-nivå 3) och drönarna fysiskt måste implementera (lägre autonomi på LACC-nivå 2 och 1). Samtidigt ser man i steg 14 att drönarna har hög autonomi på LACC-nivå 5 (generera nytt effektmål) vilket resulterar i att operatören tilldelas en ny uppgift av svärmen (steg 15, låg autonomi på LACC-nivå 3).

Scenariot kan indelas i ett antal övergripande faser. Steg 1-4 består i att svärmen autonomt fördelar drönare för att täcka sökområdet på bästa sätt. I steg 5-10 tilldelas och hanterar svärmen flera simultana uppgifter, med särskilda instruktioner från operatören. Steg 11-13 påvisar svärmens förmåga att utvärdera sin egen prestation och ta initiativ kring deluppgifter. Steg 14-18 beskriver svärmens förmåga och mandat att initiera nya uppgifter, inte bara för sig själv som i steg 11-13, men för *operatören*, baserat på en avancerad förståelse för uppdraget och omvärldskontext.

Analysen pekar på tre omformuleringar av eller insikter om problemet; en gång av operatören i steg 7 (perception på nivå 6) när livbåten upptäcks, en gång av svärmen i steg 12 (belsut på nivå 6) när den förstår att den färdigställda (del)uppgiften inte var tillräcklig, samt ytterligare en gång av svärmen i steg 15 (beslut på nivå 6) när den bedömer att en civilperson potentiellt kan vara en värdefull informationskälla.

6.3 Implikationer och vägen fram

Scenariot och interaktionsanalysen pekar på flera nödvändiga svärmfunktioner. Bland annat måste svärmen - genom bl.a. stödfunktioner, informationshantering, och utrustning - ha något slags uppfattning om uppdragets syfte, resurskrav, kontextuella faktorer, och möjliga utfall. Detta krävs för att systemet ska kunna göra både enkla och avancerade resursfördelningar, ta beslut, och autonomt initiera nya aktiviteter. Svärmens taktiska autonomi återspeglas även i dess byte av sökbeteende (steg 13). Systemet måste därmed ha tillgång till olika beteenden och lösningsstrategier för att hantera olika uppgifter, exempelvis ett strukturerat och symmetriskt sökmönster eller decentraliserad och stokastisk formation av drönarna. Dessa måste även vara åtkomliga och transparenta för operatören i användargränssnittet.

Analysen visar även att systemarkitekturen måste tillåta både operatören och svärmen själv att omorganisera drönarna, beroende på uppgift. Detta innebär särskilda kognitiva utmaningar för operatören, och ett konkret designproblem; hur och när informeras och uppmärksammas operatören på svärmens beslut och handlingar? Ett användargränssnitt måste tillåta operatören att *omfördela* drönare mellan uppgifter

¹⁵ Jonas Lundberg, Mattias Arvola, och Karljohan Lundin Palmerius (2021). Human Autonomy in Future Drone Traffic: Joint Human–AI Control in Temporal Cognitive Work. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 4. DOI: [10.3389/frai.2021.704082](https://doi.org/10.3389/frai.2021.704082)

(som i exemplet med optiska drönare för att följa livbåten), *få överblick* över hur svärmen själv fördelar drönarna i och mellan uppgifter, men ändå *inte bli överbelastad* av konstanta notiser över svärmens interna omorganisation.

Analysen utgör även ett exempel på hur en svärmoperatör över tid skiftar fokus och kontroll mellan och inom olika lager av systemet.¹⁶ Operatören interagerar med och leder svärmen som helhet (ex. steg 1-5), hanterar delmängder av drönare (subsvärmar, ex. steg 7-9), och använder enskilda drönare för särskilda uppgifter (ex. steg 16-17). Detta interaktionsmönster innebär en utmaning för operatören gällande situationsmedvetenhet; hur bibehåller operatören en tillräcklig lägesbild över aktiviteter i andra systemlager när de är upptagna med att arbeta i ett annat lager? Exempelvis måste ett säkert och effektivt användargränssnitt presentera på ett begripligt vis vad resten av svärmen gör, tänker göra, och behöver när operatören är i dialog med civilpersonen (eller flyger manuellt för att inspektera någonting).

Sammanfattningsvis innebär införandet av drönarsvärmar för sjöräddning flera möjligheter och utmaningar. Flera drönare kan täcka en större yta på kortare tid men verksamheten ställer särskilda krav på systemets funktionalitet gällande beslutsfattande, kontrollerbarhet, och begriplighet. Människans roll övergår från att manuellt kontrollera en enda drönare till att leda och dynamiskt samverka med en autonom svärm av drönare ("Human-Autonomy Teaming"). Systemarkitekturen måste säkerställa att båda parter i relationen - operatören och svärmen - får den information de behöver från varandra för att kunna utföra sina uppgifter. Svärmteknologi i en sjöräddningskontext väcker nya och viktiga etiska och juridiska frågor som måste behandlas och besvaras genom noggrann systemdesign, utvärdering, och validering.

6.3.1 Simulering för utvärdering och träning

I takt med att drönare och UAV:er blir allt mer användbara i framtida sammanhang, kan en simuleringsmiljö användas för att testa designidéer och systemintegration inom räddningsorganisationer. Som svar på detta behov utvecklades en simuleringsmiljö för tester, med komponenter från tidigare utvecklade simuleringar på RISE. Målet med simuleringen är att den ska fortsätta utvecklas för framtida tester i nästa steg av EOS-projektet. En simuleringsmiljö kan exempelvis stödja:

- *Drönarkontrollstrategier:* Testning och utvärdering av olika kontrollmekanismer och system för förbättrad drönaroperation. Detta möjliggör utveckling och förfining av kontrollmodeller som ökar operationell effektivitet och säkerhet.
- *Kontroll av enskilda drönare samt svärmar av drönare:* Studerar de kontrasterande utmaningarna och strategierna när man styr en enskild drönare mot en svärm av drönare. Förståelse för dessa skillnader kan ge mer effektiva kontroll i olika sammanhang.
- *Kapacitetsvärderingar:* En simulering kan möjliggöra testning av val av olika drönarmodeller, med ett mål att utvärdera ett systems kapaciteter och

¹⁶ Oscar Bjurling, Rego Granlund, Jens Alfredson, Mattias Arvola, och Tom Ziemke (2020). Drone Swarms in Forest Firefighting: A Local Development Case Study of Multi-Level Human-Swarm Interaction. *Proceedings of the 11th Nordic Conference on Human-Computer Interaction, NordiCHI'20*. ACM. DOI: [10.1145/3419249.3421239](https://doi.org/10.1145/3419249.3421239)

begränsningar. Denna utvärdering hjälper till att fatta beslut om drönarval och användning.

- *Resursallokering*: Kan stödja en analys av resursallokering, med fokus på optimal distribution för drönare i ett större område.
- *Operatörens arbetsprocesser och arbetsbelastning*: Genom att simulera scenarier, kan en simulering ge värdefulla insikter i drönaroperatörens arbetsprocesser och arbetsbelastning. Detta kan stötta utvecklingen av system och förbättrade arbetsprocesser och kontrollstrategier.
- *Träning av framtida drönaroperatörer*: Användning av simuleringsmiljön för träning och kompetensutveckling av framtida drönaroperatörer.

Simuleringsystemet

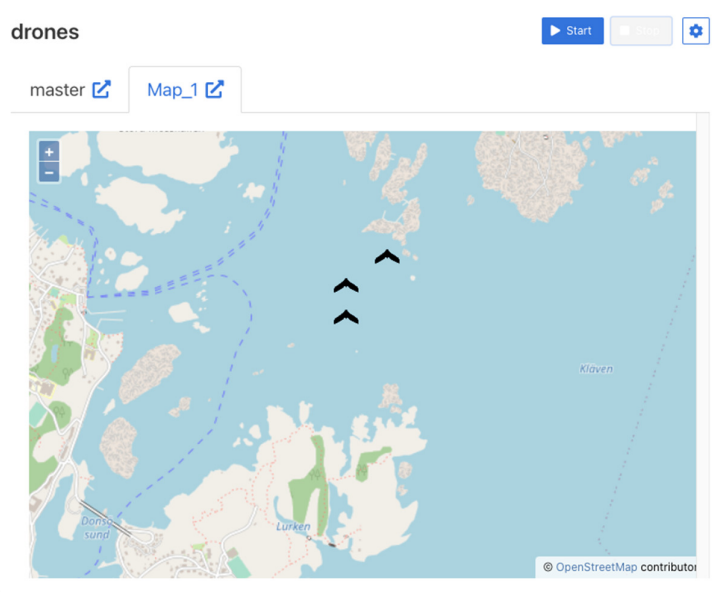
Simuleringen skapas huvudsakligen från komponenter utvecklade i System of Systems (SoS) Arena och CONTOL-projektet på RISE. Simuleringen är en Docker-baserad simuleringsmiljö. De viktigaste komponenterna i simuleringsystemet inkluderar:

Docker-baserad Simuleringsmiljö: Användning av Docker stöttar distribution, enkel replikering och möjligheten att skala. Det ger ett effektivt ramverk för att skapa, distribuera och köra applikationer.

HLA Kommunikationskanal: En High-Level Architecture (HLA) kommunikationskanal ger kommunikation mellan distribuerade simuleringskomponenter.

Drönarsimulering: Systemet möjliggör enkel drönarsimulering som genererar information som position, riktning och hastighet etc.

Kartvisualisering: Inkluderingen av drönarkartvisualisering erbjuder visuell återkoppling. Detta förbättrar operatörens geografiska medvetenhet och förmågan att navigera effektivt (se Figur 17 nedan).



Figur 17: Kartsystemet i simuleringen .

6.4 Framtidsutveckling

Målet är att fortsätta utvecklingen av simuleringsmiljön i nära samarbete med Vinnova finansierade CONTROL-projektet på RISE, vilket syftar till att etablera en testbäddsmiljö för mänsklig-maskin samverkan. Fortsatt utveckling kan inkludera:

Väderförhållanden: Integration av vind och andra väderförhållanden för att simulera verkliga operationella utmaningar.

Drönarinformationspanel: För att tillhandahålla detaljerad, realtids drönaroperationsdata.

Videoströmsintegration: Detta för att kunna spela upp videosekvenser som representerar utvalda moment i ett scenario.

Drönar Operatörskontroll UI: Ett gränssnitt för att testa olika typer av kontrollsystem och strategier.

Kart tiles server: En Tile server som ger anpassade geografiska kartbilder.

Testscenarier: Testscenarier behöver utvecklas så att framtida kontrollsystem och strategier kan utvärderas med simuleringen. För att öka realismen kan scenarierna innehålla verkliga videoinspelningar från drönartestfall.

7 Kommunikation

I denna sektion presenteras en sammanställning av de olika kommunikationsaktiviteter som genomförts under projektet. Listan inkluderar pressmeddelande, nyhetsartiklar, presentationer och vetenskapliga publikationer som har publicerats eller presenterats under projektets gång. Syftet med dessa aktiviteter har varit att öka medvetenheten om projektet och dess resultat samt att främja kunskapsutbyte med andra intressenter och forskare inom området.

Pressmeddelande och nyhetsartiklar

Under projektets gång har projektet och dess framgångar kommunicerats i de följande pressmeddelande:

- SMTF Nyhetsbrev. (2021) Projektstart: EOS Eyes-On-Scene, 20 september. Tillgänglig på: <https://comm.ri.se/b/v/?vid=4337&v=1&share=1&ucrc=634A49B635>
- Origon. (2021) SmartPlanes i Jävre flyger vidare i projekt för säkrare sjöräddning, 29 juni. Tillgänglig på: <https://www.origon.se/vara-tjanster/smartplanes/>
- Piteå Tidningen. (2021) Säkrare sjöräddning målet med unikt projekt, 18 juli. Tillgänglig på: <https://pt.se/bli-prenumerant/artikel/lz2nwkzl/pt-bd-okr-dp1>
- Airpelago. (2021) Project for sea rescue operations with drones secures funding and begins flight testing, 22 november. Tillgänglig på: <https://www.airpelago.com/post/project-for-sea-rescue-operations-with-drones-secures-funding-and-begins-flight-testing>
- Chalmers Tekniska Högskola. (2021) EOS - Eyes on Scene - Säkrare och effektivare Sjøräddning med drönar-stöd. Tillgänglig på: <https://research.chalmers.se/en/project/10346>
- Infotiv. (2022) Spännande drönarprojekt på Infotiv, 17 maj. Tillgänglig på: <https://www.infotiv.se/spannande-dronarprojekt-pa-infotiv>
- Transportstyrelsen. (2022) Klart för drönarrest i Göteborgs Skärgård, 18 mars. Tillgänglig på: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/Press/Pressmeddelanden/2022/klart-for-dronarrest-i-goteborgs-skargard/>
- Praktiskt Båtagande (2022) SSRS testar drönare till sjöräddning, 18 mars. Tillgänglig på: <https://www.praktisktbatagande.se/batnytt/ssrs-testar-dronare-till-sjoraddning>

Presentationer

Under projektets gång har EOS projektet presenterats vid följande evenemang:

- SMTF Webinar Sjösäkerhetsinnovation, 1 september 2021.
- WASP-WARPA-PS konferens Gränsö, 20-24 september 2021.
- Dönsö Shipping Meet, 29 augusti 2022.
- UAS Forum, 07 september 2022.

COVID-19 påverkade negativt flera evenemang där projektet var planerat att presenteras.

Efter projektet slut planeras även presentation av projektets resultat inom forumet *Science! By Infotiv* där forskningsresultat sprids inom industrin.¹⁷

Exjobb och Avhandlingar

- Granholm, L. & Grote, B. "Evaluating the effect of live-streamed video from accident sites in maritime SAR using UAV - analysis of control using the Contextual Control Model (COCOM)." (Chalmers University of Technology, 2022) Gothenburg, Sweden. <https://odr.chalmers.se/items/76270405-4504-430b-a654-e6cc23847def>
- Oscar Bjurling. *Kommande doktorsavhandling*.

¹⁷ <https://www.meetup.com/Science-by-Infotiv/>

8 Slutsatser

Projektet har framgångsrikt uppnått sitt syfte att utveckla ett prototyp-drönarsystem för säkrare och effektivare sjöräddningsinsatser. Genom omfattande tester och utvärderingar av systemet har förmågan bevisats att samla in och överföra värdefull information samt öka effektiviteten och säkerheten vid räddningsinsatser.

Tekniken och metodiken för sjöräddning med drönarsystemet har kontinuerligt utvärderats och förbättrats under projektets löptid. Designen av de tre komponenterna i prototyp-drönarsystemet (den lätta fastvinge-drönaren, den automatiska launchern och mjukvaran för planering, flygning och delning av video) har ständigt förfinats baserat på feedback från utvärderingarna. Trots ansträngningarna från projektparterna finns det dock flera tekniska utmaningar kvar att lösa. Med detta i åtanke bedöms prototyp-drönarsystemet ha en teknikmognadsnivå på 5, vilket motsvarar "en teknisk lösning som har validerats i den relevanta miljön".

Projektet har också uppnått ett viktigt mål genom att få tillstånd att flyga drönare utanför synhåll i Göteborgs skärgård från Transportstyrelsen. Tillståndet omfattar skapandet av Sveriges första tillfälliga D-område, där luftrummet *inte* stängs för övrig trafik.

Utöver teknikutvecklingen har projektet bidragit till kunskapsutbyte och spridning av information genom pressmeddelanden, deltagande i konferenser, publicering av vetenskapliga artiklar och denna rapport. Kommunikationsarbetet har ökat projektets synlighet och dokumenterat de lärdomar som har dragits.

Sammanfattningsvis har projektet lyckats skapa grunden till ett drönarsystem som har potential att vara en viktig faktor inom sjöräddningsbranschen. Rekommendationer för fortsatt utveckling och ytterligare undersökning av de tekniska och legala utmaningar som kvarstår har presenterats. Resultaten öppnar upp för framtida innovationer inom området.

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,800 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 800 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB
Box 857, 501 15 BORÅS
Telefon: 010-516 50 00
E-post: info@ri.se, Internet: www.ri.se

Maritima operationer
RISE Rapport :
ISBN: