Tillämpningar av modern teknik inom räddning

– möjligheter och framtida frågeställningar

Anna-Maria Grönbäck

Tobias Andersson Granberg

Niki Matinrad

DATUM
CARERs rapportserie
Rapport Nr 46, 2024
Linköpings universitet
581 83 Linköping
www.liu.se/forskning/carer

LINKÖPINGS UNIVERSITET

Kontaktadresser:

Anna-Maria Grönbäck, anna-maria.gronback@liu.se

Tobias Andersson Granberg, tobias.andersson.granberg@liu.se

Niki Matinrad, niki.matinrad@liu.se

Linköpings universitet

SE – 601 74 Norrköping

Center for Advanced Research in Emergency Response (CARER)

Centrum för forskning inom respons- och räddningssystem (CARER)

URL: http://www.liu.se/forskning/carer

E-post: carer@liu.se

CARER Rapport Nr 46

Granskad av: Sofie Pilemalm & Erik Prytz, Linköpings universitet.

Publicerad av Linköping University Electronic Press

URL: www.ep.liu.se

E-post: ep@ep.liu.se

ISBN 978-91-8075-846-8
https://doi.org/10.3384/9789180758468

Detta verk skyddas enligt lagen om upphovsrätt (URL 1960:729). Upphovsrätten ägs av Anna-Maria Grönbäck, Tobias Andersson Granberg och Niki Matinrad, 2024.

© Anna-Maria Grönbäck, Tobias Andersson Granberg och Niki Matinrad, 2024.

Förutom där något annat anges är detta verk licensierat under en Creative Commons Erkännande 4.0 Internationell licens.
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.sv

Sammanfattning

Denna rapport ger en översikt över forskning och erfarenheter gällande räddningsinsatser där nya tekniker har använts, eller skulle kunna användas, vid såväl faktiska insatser som vid övning. Via en litteraturstudie, kompletterad med intervjuer med personer som är verksamma i projekt inom området, identifierades utmaningar och potential med modern teknik inom räddning. De olika teknologierna kategoriserades som Unmanned aerial/ground/surface vehicles (UXV), Artificiell intelligens (AI), Extended reality (XR, vilket inkluderar bland annat virtual och augmented reality), Kommunikationer, Sensorer, Robotar och Övrigt.

Inom området artificiell intelligens för räddning behövs projekt som kan ta fram data av god kvalitet för att träna AI-modeller inom olika räddningstillämpningar (till exempel identifiering av skogsbrand, eller eftersök av person) i Sveriges varierande miljöer. Dessutom måste data och modeller valideras tillsammans med praktiker och förankras i räddningsverksamheten. Genom att utbilda responspersonal i principerna för maskininlärning kan användbarheten öka och risken för felaktiga resultat och tolkningar minskas.

Teknikutvecklingen går fort medan relaterad metodutveckling och utvärdering ligger efter. För effektiv implementering av ny teknik är det viktigt att, tillsammans med användarna, undersöka vilka behov räddningstjänsten har och att ta fram metoder och modeller för hur nyttan med den nya tekniken ska utvärderas. Vidare måste den nya tekniken integreras med nuvarande arbetsmetoder, och modeller och metoder för effektiv gemensam resursanvändning av såväl nya som befintliga resurser måste utvecklas. Många mindre organisationer har svårt att själva driva denna typ av större utvecklingsprojekt, men skulle kunna hjälpas av administrativt stöd, till exempel från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).

Säkra, robusta kommunikationsmöjligheter vid räddningsinsatser är ett viktigt område, och vidare forskning behövs för att möjliggöra detta med hjälp av drönare (UAS) i såväl fjällmiljö som till havs. Dessutom behövs flera projekt som kan tillhandahålla säkra lösningar för kommunikation och datasäkerhet inom räddning, och forskning kring hur relevant informationsdelning mellan olika aktörer kan möjliggöras. Användandet av UAS inom räddning börjar bli etablerat, och det finns potential i att utforska möjligheten med delat användande, till exempel hur drönare med andra tillämpningsområden (exempelvis matleveranser) skulle kunna bidra i räddningsinsatser. Många av de undersökta teknologierna kan användas kombinerat, till exempel kan en AI-modell tolka bilder som fångas av en drönare. Hur olika teknologier kan kombineras är ett område med fortsatt stor potential. Det saknas också vetenskapliga studier över potentialen av användningen av exoskelett inom räddning.

Förord

Denna rapport har skrivits inom ramen för Centrum för forskning inom respons- och räddningssystem (CARER). CARER är ett tvärvetenskapligt forskningscentrum och ett samarbete mellan Linköpings universitet (LiU) och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). CARER bedriver forskning inom respons- och räddningsområdet.

Rapporten är dokumentation från en kunskapsöversikt som finansierats av MSB. En remissversion färdigställdes i juni 2024, och skickades ut för granskning till de personer som involverats inom ramen för projektet, till MSB, samt till forskarkollegor vid Linköpings universitet. Efter mottagna synpunkter reviderades rapporten.

Författarna vill tacka alla som bidragit i projektet, speciellt intervjuade personer:

Christian Carlsson, Nationellt Utvecklingscentrum NUC, Räddningstjänsten Storgöteborg

Andreas Claesson, Karolinska Institutet och Hjärtstoppscentrum

Fredrik Falkman, Svenska Livräddningssällskapet

Rickard Henningsson, Polisen

Stefan Haggö, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap och Försvarsmakten

Katarina Iversen, Combitech och WARA-PS

Mikael Johansson, Räddningstjänsten Landskrona och doktorand vid Linköpings universitet

Leif Jonsson, Södertörns brandförsvarsförbund

Anonym inom Polisen

Innehåll

SAMMANFATTNING **3**

FÖRORD **4**

1. INLEDNING **6**

1.1. SYFTE 6
1.2. AVGRÄNSNINGAR 6

2. METOD **7**

3. LITTERATURGENOMGÅNG **8**

3.1. UNMANNED AERIAL/GROUND/SURFACE VEHICLES (UXV) 9
3.2. ARTIFICIELL INTELLIGENS 12
3.3. EXTENDED REALITY (XR) 16
3.4. KOMMUNIKATIONER 17
3.5. SENSORER 18
3.6. ROBOTAR 18
3.7. ÖVRIGT 19

4. PERSPEKTIV FRÅN SVERIGE **19**

4.1. TIDIGARE ARBETE INOM SVENSK RÄDDNING 20
4.2. NÅGRA PÅGÅENDE PROJEKT I SVERIGE 21
4.2.1. Tidiga lägesbilder med UAS *22*
4.2.2. Semi-autonom UAV för sjöräddning hos Sjöräddningssällskapet *22*
4.2.3. Transport av livräddande utrustning och eftersök vid drunkning med UAV *23*
4.2.4. Beslutsstöd för räddningstjänsten *24*
4.2.5. Räddningstjänstens vardagliga arbete med teknologi *24*
4.2.6. Delaktighet i internationell teknikutveckling och testning *25*
4.2.7. UAS inom Polisen *26*
4.2.8. Forskningssamarbeten *26*
4.2.9. Metodutveckling och vägledning *27*
4.2.10. Rakel Generation 2 ..... *28*

5. FORSKNINGSLUCKOR OCH REKOMMENDATIONER **28**

5.1. ARTIFICIELL INTELLIGENS 28
5.2. METODUTVECKLING OCH UTVÄRDERING 29
5.3. UAS, ROBOTAR OCH ANDRA TEKNOLOGIER 31
5.4. CYBERSÄKERHET 32
5.5. ANDRA PERSPEKTIV PÅ TEKNOLOGI 33

6. SLUTSATSER **33**

REFERENSER **34**

BILAGA 1 ..... **46**

BILAGA 2 ..... **48**

1. Inledning

I takt med samhällets teknikutveckling utvecklas också räddning och respons vid skadehändelser. International Forum to Advance First Responder Innovation (IFAFRI) listar tio områden där det saknas kompetens på global nivå inom ramen för räddning och respons, och uppmuntrar till forskning på dessa områden för att möta behovet av evidens hos utförare inom blåljusorganisationer (International Forum to Advance First Responder Innovation, 2023). Flera av dessa områden pekar på behovet av en kunskapsöversikt på temat framtidens teknik vid räddningsinsatser, till exempel realtidsinformation om räddningsarbetare eller hot och risker, möjligheten att samla in information samt verka på avstånd från en händelse (genom till exempel drönare av olika slag), att samla in, dela och använda data på ett effektivt sätt med hjälp av modern teknik som sensorer, kommunikationsteknologi, samt informationssystem understödda av artificiell intelligens (AI), optimerings- och simuleringsmodeller.

1.1. Syfte

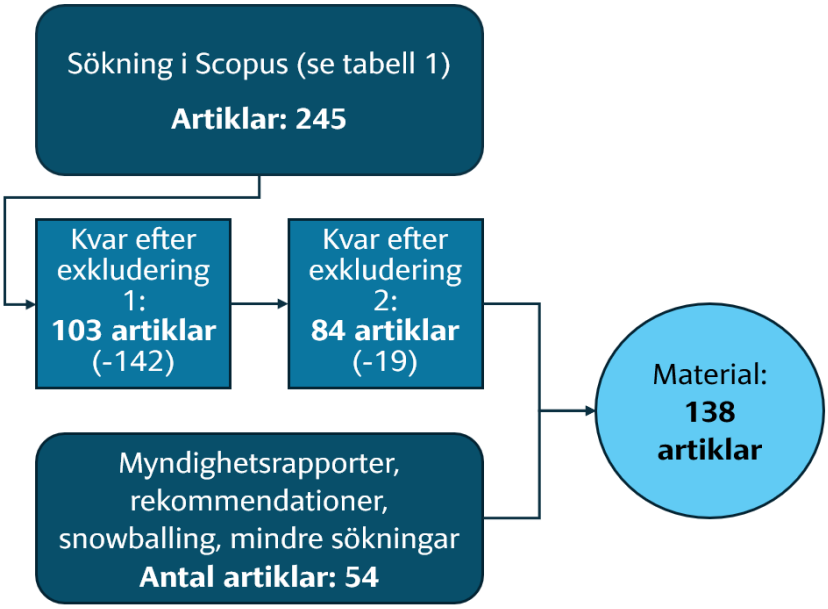
Denna rapport syftar till att sammanfatta forskning och erfarenheter som finns på området gällande räddningsinsatser där nya tekniker har använts, eller skulle kunna användas, vid såväl faktiska insatser som övning inför dem. Med nya tekniker menas exempelvis Unmanned Aircraft Systems (UAS) och andra typer av drönare, robotar och autonoma farkoster, samt Extended Reality (XR). I detta inkluderas även användning av artificiell intelligens och relaterade metoder för att skapa beslutsstöd med hjälp av insamlade data. Rapporten ger en överblick över den potential samt de utmaningar som identifierats vid användningen av tekniken och belyser vilka kunskapsluckor som finns på området.

1.2. Avgränsningar

Kunskapsöversikten fokuserar på en svensk kontext. Även om huvuddelen av den genomgångna litteraturen är internationell, så är intervjuer enbart genomförda med personer verksamma i Sverige, och rekommendationer är huvudsakligen riktade mot svenska behov.

2. Metod

För kunskapsöversikten har en litteratursökning utförts, vilken begränsades till databasen Scopus. Valet av Scopus gjordes på grund av dess stora bredd inom olika ämnesområden. Sökningen begränsades till att enbart inkludera de senaste fem åren för att få så nya perspektiv som möjligt. En översikt av sökningen ges i Figur 1 samt Tabell 1.



Figur 1 – Urvalsprocess i litteratursökning

Tabell 1. Litteratursökning

ID	Sökträng
1	TITLE ("rescue service*" OR "emergency service*" OR "fire brigade*" OR "first responder*" OR "fire fighter*" OR "police" OR "volunteer*" OR "volunteer* organisation" OR "emergency response" OR "response organisation*")
2	TITLE-ABS-KEY ("rescue service*" OR "emergency service*" OR "fire brigade*" OR "first responder*" OR "fire fighter*" OR "police" OR "volunteer*" OR "emergency response" OR "response organisation*")
3	TITLE-ABS-KEY ("artificial intelligence" OR "virtual reality" OR "mixed reality" OR "augmented reality" OR "extended reality" OR "fire robot*" OR "unmanned aerial vehicle*" OR "UAS" OR "UAV" OR "AI" OR "unmanned aircraft system*" OR "unmanned aerial system*" OR "unmanned aircraft vehicle*" OR "RPAV" OR "remotely piloted aerial vehicle*" OR "unmanned aircraft vehicle system*" OR "UAVS" OR "remotely piloted aircraft system*" OR "RPAS" OR "new technolog*" OR "novel technolog*" OR "sensor*")
4	ABS ("disaster*" OR "emergenc*")
5	TITLE-ABS ("emergency department" OR "emergency room")
6	PUBYEAR > 2018
7	LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re")
8	LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")
Total	1 AND 2 AND 3 AND 4 AND NOT 5 AND 6 AND 7 AND 8

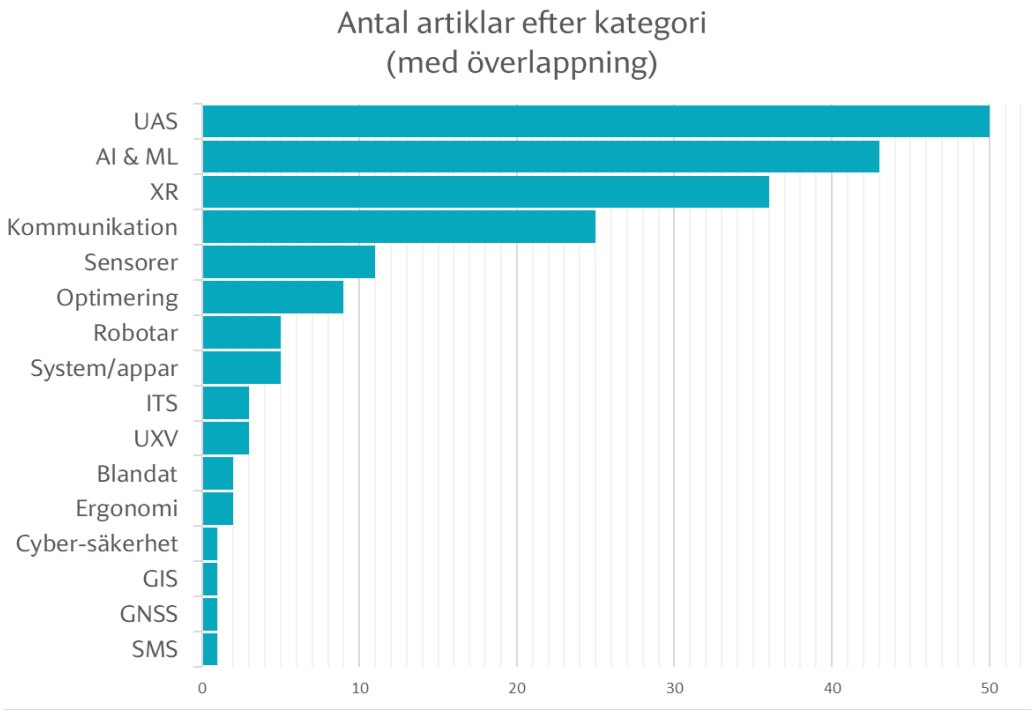
245 artiklar hittades vid söktillfället 2024-02-19, där 142 sorterades bort baserat på titel eller abstract. Av kvarvarande 103 artiklar sorterades 19 artiklar bort baserat på att innehållet bedömdes som irrelevant för den här kunskapsöversikten eller på grund av otillgänglighet av artikel. 84 artiklar ingår i den fullständiga litteraturgenomgången. Inkluderingskriterier var att artikeln behandlade teknologi specifikt kopplat till räddning, vid insats, hos blåljus- eller volontärorganisation och/eller träningstillfällen. Både tillämpningar i vardagliga olyckor eller storskaliga katastrofer inkluderades. Exkludering skedde av artiklar på annat språk än engelska eller svenska, samt om kvaliteten ansågs för låg, framförallt baserat på stora språkliga brister. Inkludering av artiklar gjordes annars så brett som möjligt för att fånga upp många olika typer av exempel på teknikanvändning inom räddning. Utöver dessa 84 artiklar ingår även 54 artiklar som antingen rekommenderats av sakkunniga, snowballing, vilket är att leta litteratur i annan litteraturs referenslista (Wohlin, 2014), eller mindre sökningar på specifika termer som tagits upp i litteratur eller intervjuer, som exempelvis ”bias AND AI”.

Rapporter från svenska myndigheter behandlas i ett eget avsnitt, för att inkludera tidigare arbeten inom svenska blåljusorganisationer som inte publicerats vetenskapligt.

Förutom litteraturgenomgången har även nio semi-öppna intervjuer gällande svensk teknikanvändning och utveckling inom räddning genomförts. Intervjuerna har varit öppna i meningen att respondenterna tillåtits att elaborera fritt i sina svar, och de frågor som har ställts har inte varit enligt en och samma intervjuguide, utan har fungerat som ingångar till olika teman och för att hålla samtalet till ämnet. Därmed anses strukturen vara semi-öppen, sett till att struktur för en intervju inte behöver vara helt kategorisk (Jacobsen, 2024). En annan benämning är ostrukturerad eller semi-strukturerad, eller informell forskningsintervju (Krag Jacobsen, 1993). Att använda sig av öppna eller ostrukturerade intervjuer tillåter respondenten att enkelt tala fritt, samt fritt associera till annat som kan vara relaterat och som även kan vara intressant i förhållande till ämnet som tagits upp, samtidigt som det gör intervjun anpassad efter respektive person (Jacobsen, 2024) och tillåter ett utforskande av ämnet för den undersökning som utförs (Gillham, 2008). Urvalet av respondenter har inte gjorts med ambitionen att vara heltäckande, utan för att lyfta exempel och perspektiv från praktiken. Respondenterna har fått berätta fritt kring projekt de själva varit engagerade i som handlar om ny teknologi inom räddningsområdet. De har även fått några frågor om sin uppfattning kring teknikanvändning i operativ verksamhet och de främsta hinder som finns för införandet av ny teknologi. Intervjuerna hölls under våren 2024 via digitala kanaler. Inom ramen för projektet har besök även gjorts på ett övningstillfälle samt ett tillfälle för datainsamling.

3. Litteraturgenomgång

Nedan följer en genomgång av de artiklar som inkluderats i kunskapsöversikten. Översikten har inte som målsättning att täcka varje enskilt exempel från litteraturen, utan att ge en överblick över nuläget inom området teknikanvändning inom räddning. I Figur 2 presenteras en kategorisering av innehållet i artiklarna. Denna har utförts av rapportens försteförfattare, där fokus har varit på den eller de teknologier som huvudsakligen behandlats i varje artikel. Om till exempel ett system innehållit både UAS och kommunikationsteknik, och båda ämnena utforskats i artikeln, har artikeln kategoriserats inom både UAS och kommunikation.



Figur 2 – Teknik i litteraturen indelad i kategorier

Förklaringar till förkortningar i Figur 2 ges i Tabell 2.

Tabell 2. Förkortningar i Figur 2

Teknik	Namn utan förkortning	Förklaring
UAS	Unmanned aircraft system	Obemannade luftsystem. Syftar på system för användning av UAV.
AI & ML	Artificiell intelligens och machine learning	Machine learning = maskininlärning (sv)
XR	Extended reality	Utökad verklighet, term som innefattar virtuell, mixad och förstärkt verklighet
ITS	Intelligenta transportsystem	
UXV	Unmanned X vehicle	Obemannade X-farkoster, där X kan vara luft, vatten eller mark
GIS	Geografiska informationssystem	System som kan samla in, bearbeta och använda geografiska data för olika tillämpningar
GNSS	Global Navigation Satellite Systems	Positionssystem som använder satelliter, exempelvis GPS och GLONASS
SMS	Short Message Service	Textmeddelanden som skickas via mobilnätet

3.1. Unmanned aerial/ground/surface vehicles (UXV)

Obemannade luftfartyg, eller unmanned aerial vehicles (UAV), har länge varit kommersiellt tillgängliga. I dagligt tal används uttrycket drönare, och syftar till själva farkosten när det talas om UAV:er eller drönare. UAS, som är förkortningen för obemannade luftfartygssystem (unmanned aircraft systems), står för hela systemet med UAV, pilot och kommunikationer. Skulle drönaren i stället vara mark- eller vattenburen finns uttrycken unmanned ground vehicle

(UGV) eller unmanned surface vehicle (USV) och unmanned underwater vehicle (UUV). Exakt ordalydelse kan variera, och andra varianter på uttryck, exempelvis remotely operated vehicle (ROV), existerar. Ett paraplybegrepp för alla varianter på farkoster är UXV eller drönare.

UAV:er har använts för insatser i samband med större katastrofer i USA sedan stormen Katrina 2005, av Centrum för robotassisterad eftersök och räddning (CRASAR) (Center for Robot-Assisted Search and Rescue, 2018), och är utrustning som finns inom svensk räddningstjänst (Myndigheten för samhällskydd och beredskap, 2020). Att använda sig av UAS i räddningssyfte är också ett område som på olika sätt förekommer i forskningen. Bland annat konstaterar Herdel et al. (2022) att inom ramen för Human Factors och människa-drönare/robotinteraktion så är just räddningsinsatser ett av de största forskningsområdena. Under åren 2017–2020 hade antalet artiklar på hur UAS används vid räddningsinsatser, ur ett tvärvetenskapligt perspektiv, ökat från 40 artiklar till 117 (Long, Zhang, et al., 2023). Inom storskalig katastrofhantering menar Mohd Daud et al. (2022) att översikt över skadeläge, eftersök av överlevande, transporter och övning är de stora huvudområdena i forskningen, men eftersom många studier är experimentella så finns en risk att drönarnas förmåga överskattas. I en tidigare studie tar Hildmann och Kovacs (2019) upp att utmaningar för användning av UAS inom räddning är att förhålla sig till regelverk och datahantering. Mycket av litteraturen berör möjligheten att använda UAS för att bidra med kommunikationsnätverk (Hildmann och Kovacs, 2019).

Vilken typ av drönare som ska användas kan spela roll för tillämpningen; Jin et al. (2020) konstruerar en matris som ett beslutsstöd för val av drönare inför räddningsuppdrag baserat på deras kategorisering av händelse, nyttolast samt drönartyp. Friedrich et al. (2022) fann att ett UAS med bensindrivna UAV:er, som har längre räckvidd, fungerade bra för att sätta upp ett lokalt Wi-Fi-nätverk i ett EU-projekt för räddningsdrönare (ResponDRONE).

För att leta drunkningsoffer i vatten finns unmanned surface vessels (USV), som är obemannade små båtar vilka kan utrustas med sonar (sound navigation and ranging), en teknik för lokalisering i vatten med hjälp av ljudpulsar (Rymansaib et al., 2023; Smith et al., 2022). (Rymansaib et al., 2023) visar att det går att bygga en fungerande USV för eftersök i vatten med allmänt tillgängliga material. Enligt Nasar et al. (2023) saknas det forskning på beslutsstöd inom sjöräddning, även om de tror att många metoder för eftersök och räddning på land skulle kunna gå att översätta till sjösammanhang.

Hur UAS ska styras och konfigureras undersöktes av Cleland-Huang et al. (2020), som utgår ifrån ett basscenario som sedan modifieras för olika situationer. Användandet av UAS bör inte ersätta människor vid en räddningsinsats, även om det finns goda möjligheter till överblick och eftersök, och just att tolka bilderna behöver inte göras av piloten utan kan göras av en kunnig på området (Fernandes et al., 2018). I en annan studie konstateras att om en områdesspecialist inom räddning får styra kameran på en UAV separat från piloten, så utförs inte uppdraget nödvändigtvis på ett bättre sätt, mer än att användaren upplevde det bättre, och i studien diskuteras att specialisten kanske hellre interagerar med en människa än med en AI för att styra bilden (Peschel et al., 2022).

Översvämningar är ett tillämpningsområde där många ser användningen av UAS som fördelaktigt på grund av att de inte är markburna (Lin et al., 2020; Salmoral et al., 2020;

Surmann et al., 2022). Lin et al. (2020) tar fram en applikation som skulle kunna kvantifiera vattennivåer utan fysisk mätning, utifrån drönarbilder och volontärer på plats medan Salmoral et al. (2020) diskuterar hur UAS kan implementeras för översvämningshantering. Surmann et al. (2022). Surmann et al. testade sitt system efter översvämningarna i Tyskland sommaren 2021.

Möjligheten till övervakning på avstånd, med en remotepilot, belyses av Avi och Quaranta (2023), som placerar en teststation med en UAV på en glaciär. Systemet kräver goda kommunikationsmöjligheter.

För tillämpning inom sjukvården ser De Silvestri et al. (2023) sociala utmaningar i form av bland annat acceptans bland användare och allmänhet, bedömning av kostnadseffektivitet och säkerhet, samt tekniska som handlar om specifikationer på drönaren samt att kunna flyga i alla väder. EU-projektet AiRMOUR utredde hur ambulanssjukvård skulle kunna utvecklas med drönare som kan transportera medicinsk utrustning och personal (AirMOUR).

För civilt flyg med UAV finns SORA (Specific Operation Risk Assessment), som är en metod för att utvärdera risker med att flyga drönare, och som behöver genomföras för att få tillstånd att flyga med UAV inom EU (European Union Aviation Safety Agency, 2024). Metoden behöver en del anpassning för att kunna appliceras på räddningssammanhang menar Janik et al. (2021). I USA arbetas det med att försöka utveckla ett system för luftrumshantering som inkluderar obemannade flygfarkoster och som även ska fungera för räddningsinsatser (Kirkman et al., 2021), där motsvarande är arbetet med U-Space inom EU (Transportstyrelsen, 2024).

Mer forskning på hur UAS ska designas för att passa in i kommunal räddningstjänst efterlyses, samt även på hur allmänheten och inringare upplever användningen av drönare vid en insats (Khan och Neustaedter, 2019). Det senare togs upp inom AiRMOUR vad gäller exempelvis visuella föroreningar, även om det projektet mer var inriktat mot sjukvårdstillämpningar (Thomas och Andersson Granberg, 2023).

Det är vanligt att kombinera UAS med någon typ av AI-modell. Svärmteknik är ett område där UAS och AI används samtidigt, exempelvis Agrawal et al. (2020) och Bjurling et al. (2020), där den senare tar upp detta i en svensk kontext och understryker behovet av att utveckla teknik och metoder i samarbete med utförarna för fungerande human-in-the-loop system för AI, alltså system där människa interagerar med AI, eller finns med i inlärningsprocessen.

Maskininlärningsmodeller för bildigenkänning kombinerat med användning av UAS, där modellerna ska hjälpa till med just tolkningen av bilderna, är ett annat vanligt område. Att använda UAS för övervakning och lägesbilder förutsätter dock goda kommunikationer enligt Andrade och Hulse (2023). Claesson et al. (2020) använder det för att identifiera potentiella drunkningsoffer, medan Kyrkou och Theocharides (2019) vill att deras modell ska fungera för att klassificera bilder från olyckor och katastrofer i realtid och Tran et al. (2020) tränar en modell för att identifiera skadeområden efter exempelvis en brand. Kombinerat med bilder från sociala medier samt bilder tagna från en UAV, menar Lin et al. (2020) att det går att kartlägga översvämmade områden när det inte går att använda LiDAR, en teknik som, till skillnad från en radar med radiovågor, använder sig av en ljuslaser för att mäta avstånd.

Maskininlärning kan också användas för navigering av UAS för att undvika hinder vid exempelvis eftersökning (Papaioannou et al., 2021) eller utryckning (Nagy et al., 2021), men även som ruttplaneringsmetod (Border och Gammell, 2022). Border och Gammell (2022) använder sitt system för att skapa 3D-kartor autonomt, i syfte att planera en insats i realtid med hjälp av en 3D-karta. GIS-baserade metoder kan också användas för att skapa flygmönster för UAV under pågående brand (Sulaiman et al., 2020), och kombinerat med GPS-data så används AI i flera olika tillämpningar, som exempelvis trafikljusplanering för blåljus, skogsbrandspositionering och satellitbildsanalyser (Dyer, 2023).

Mandirola et al. (2021) tar upp vikten av god validering av såväl maskininlärning- som optimeringsmodeller när de ska användas tillsammans med UAS, när de utvecklar riktlinjer för hur UAS kan användas för att skapa översiktsbilder vid en räddningsinsats.

Potentialen hos UAV:er att förbättra kommunikationer vid en räddningsinsats är också ett ämnesområde som studerats mycket. Zolich et al. (2022) testar att upprätta ett nätverk via ett UAS och lyckas ringa en användare via detta, medan McRae et al. (2021) föreslår att en UAS kan användas som repeater (skickar signaler vidare) för att återupprätta tappad täckning. Förutsättningar för hur UAS ska utformas för att kunna fungera som ett positioneringssystem inomhus, där GNSS inte är tillförlitligt, tas upp av Dureppagari et al. (2023), medan Coutinho och Boukerche (2022) utreder hur UAV kan agera som kommunikationshubbar för att skicka sensordata från räddningspersonal vid insatser i industrilokaler.

Ökat behov av goda kommunikationer för att kunna använda sig av sensordata via UAS tas upp av Caballero et al. (2021) och Niyazi och Behnamian (2023). I framtiden skulle UAV:er kunna användas för att förbättra lokaliseringar vid eftersök och räddning med nya generationers nät, alltså 6G och framåt (Sciancalepore, 2021).

Sensorer i kombination med UAS kan användas för att utföra inomhuspositionering, där det kan räcka med ett litet elektriskt gyroskop för att kunna lokaliseras i en digital karta enligt Kaiser et al. (2023). Annars kan sensorer utvecklas för att bäras av UAV:er för flera tillämpningar, som att mäta strålning (Mukhopadhyay et al., 2020) eller hitta offer vid byggnadskollaps (Schmitz et al., 2019). Det senare testades vid en tabletop-övning för att undersöka om informationen når rätt person när tekniken ska införlivas i befintliga rutiner och riktlinjer.

Att UAV:er inte ska ses som ersättare till människor vid eftersök och räddning menar även Wankmüller et al. (2021) som utvärderade många olika räddningsscenarier i bergsmiljö med deltagare från flera typer av blåljus- och volontärorganisationer. Användningen av UAV minskar antal tillfällen då personal utsätts för direkta faror, men det räckte för många med en mindre drönare med en bra kamera än en större som hade många sensorer (Wankmüller et al., 2021).

3.2. Artificiell intelligens

Det finns ingen generell definition av vad AI är inom forskningen (Stone et al., 2016). Därmed så anses den av Europakommissionen framtagna definitionen av AI vara lämplig att utgå ifrån i detta sammanhang, eftersom räddningsorganisationers verksamhet behöver förhålla sig till

europeisk lagstiftning (AI HLEG, 2019). Den säger att AI är i första hand mjukvara som utifrån ett uppsatt mål, kan använda sig av data för att processa och resonera kring insamlad information, och utifrån denna samt tidigare handlingar fatta beslut i målets riktning, baserat på den modell som ligger till grund för mjukvaran. Forskningsområdet inkluderar maskininlärning, som djupinlärning är en del av, och maskinresonemang, som exempelvis är planering och optimering, samt robotik. Definitionen medför tolkningen att många olika typer av kvantitativa modeller för beslut och databearbetning kan räknas som AI.

I takt med en ökad användning av AI, behöver även interaktionen mellan användare (människan) och AI studeras, vilket lyfts fram i en rapport av National Academies of Sciences (2022). De fokuserar på militär användning av AI, men slutsatserna skulle kunna vara överförbara för forskning på AI inom räddningstjänst. Förklarbarhet och transparenta modeller är viktigt, liksom att det yttersta ansvaret för beslut ska ligga hos människan (National Academies of Sciences, 2022). Autonomin i modellerna ska vara flexibel, vilket innebär att uppgifter och ansvar kan fördelas olika över tid, och det ska vara tydligt när en människa kan överlåta uppgifter till AI (National Academies of Sciences, 2022). De utmaningar som lyfts fram handlar om säkerhet, som attacker mot databas eller modellstrukturer, och bias i den data som används för att träna modellen (National Academies of Sciences, 2022). Cybersäkerhet lyfts även fram av Freeman (2020), liksom behovet av anpassning av regelverk för användning av AI samt av system som använder AI efter varje räddningsorganisations behov, samtidigt som informationsdelning görs möjlig. McNeese et al. (2021) observerade i en livesimulering av ett räddningsscenario att ett lag blandat med människor och AI presterade bättre än ett med enbart människor, och att laget med enbart AI var bäst. Vikten av att känna till riskerna med bias i datan som används för AI-modeller lyfts också fram inom sjukvårdstillämpningar (Frehywot och Vovides, 2023).

Bias och fairness är två begrepp som ofta förekommer tillsammans med maskininlärningsmodeller, där bias står för systematiska fel som förekommer i den data som driver modellen eller hur modellen är uppbyggd, medan unfairness blir det systematiskt felaktiga utfall som följer av användning av modellerna, alltså resultatet av bias i systemet (Mehrabi et al., 2021).

Pettet et al. (2022) tar upp att offlinemodeller, det vill säga modeller som baseras på förinmatade data, alltså inte kontinuerligt tar in nya data, är mer sårbara för de osäkerheter som finns vid en verklig händelse. De menar att dynamiska metoder bör användas när beslutsstödsystem utvecklas, och därför är det viktigt att systemet har goda kommunikationsmöjligheter. I studien nämns även behovet av att adressera bias och fairness för de data som används för datadrivna modeller, samt vikten av att inkludera slutanvändare vid systemutveckling.

Olika typer av bildigenkänningsmodeller som kan användas för räddningsinsatser finns det flera exempel på (Islam et al., 2020). Gialampoukidis et al. (2021) menar att maskininlärnings-modeller som använder sig av kombinationen satellitbilder och sociala medier skulle kunna användas vid trafikstörningar och översvämningar.

Även kemiska ämnen som brinner kan identifieras med hjälp av AI-modeller, och detta går sedan att kombinera med en funktionalitet som letar information om lämpligt agerande vid brand med just dessa ämnen (Tian et al., 2023).

Att hämta och presentera information från en befintlig databas skulle kunna göras genom röststyrd AI vid sällanhändelser som CBRNE-olyckor (kemiska, biologiska, radiologiska, nukleära, explosiva) vilket testas i en applikation tillsammans med en bildigenkänningsmodell för varningssymboler (Do et al., 2022). Röststyrning möjliggör för räddningspersonal att använda tekniken även med utrustning på (Do et al., 2022). Röstigenkänningsteknik kan även användas för att ha snabbare hantering av inkommande larmsamtal (Ungureanu et al., 2023).

Även inom akutsjukvård har det utförts studier på maskininlärning för röstdata för att identifiera hjärtstopp direkt vid ett samtal till larmcentralen med resultat som initialt visar att det fungerar (Byrsell et al., 2021). Andra tillämpningar har varit att förutsäga tid för SMS-livräddare att ta sig till ett hjärtstopp för att förbättra utlarmning av resurser (Andersson Granberg et al., 2022) och för att via videomaterial identifiera åtgärder som utförts vid behandling av en patient (Heard et al., 2019). Det senare är i syfte att minska flödet av felaktig information mellan ambulanssjukvårdare och akutmottagning, och för att underlätta ambulanspersonalens arbete genom att modellen själv känner igen vilken behandling som har givits till patienten (Heard et al., 2019).

Matematisk modellering som optimering kan anses vara en del av artificiell intelligens, eller datormodeller för att uppnå specifika mål, och dessa kan till exempel användas för att allokera räddningstjänstens resurser till en insats, utifrån tillgänglighet på personal och behov av olika fordonstyper vid olika stationer (Andersson Granberg, 2022), eller tilldela uppgifter till volontärer som ska larmas ut i ett räddningsscenario (Matinrad och Andersson Granberg, 2023). Andra områden där optimeringsmodeller berörs i litteraturen med UAS är modeller för att effektivt söka i ett område vid en räddningsinsats (Anastasiou et al., 2020), samt att leverera hjälpkit till nödställda personer som upptäckts vid eftersök (Terzi et al., 2019). Med effektivt menas till exempel flygtid och täckning av områden. UAS kan användas för att leverera utrustning eller hjälp där lastbilar inte kan ta sig fram, vilket kan planeras med optimeringsmodeller (Long, Xu, et al., 2023). Optimering av var UAV-stationer ska placeras tillsammans med utlarmning av volontära resurser vid ett hjärtstopp har visat sig kunna reducera tiden till påbörjad hjärt- och lungräddning (Frigstad et al., 2023). Merei et al. (2023) konstaterar att en möjlig variant på lastbil-drönar-ruttplanering inom sjukvårdstillämpningar är att också använda sig av kollektivtrafikens fordon som start- och stoppunkter.

Inom ramen för utveckling av system som kan hantera stora mängder data för att bättre hantera och planera räddningsinsatser, tar Mukhopadhyay et al. (2022) upp potentialen av datadrivna modeller och optimeringsmodeller i takt med att sensorer blir alltmer lättillgängliga. Att utveckla och validera modeller tillsammans med kunniga i området är av största vikt för att de ska bli användbara (Mukhopadhyay et al., 2022).

Generellt skulle maskininlärningsmodeller kunna tränas för många olika typer av tillämpningar, som exempelvis att identifiera bränder i tak med hjälp av sensordata, och så småningom även förutse brandutveckling baserat på tidigare data (Khan et al., 2023). Maskininlärning samt Wi-

Fi-signaler testades också för att lokalisera och visualisera människor i en byggnad, en tillämpning för att planera räddningsinsatser (Panja et al., 2022).

AI skulle även kunna användas som virtuella assistenter via Internet-of-Things (IoT), till att ta fram kontaktuppgifter, extrahera och presentera databasdata för blåljuspersonal, ha bildigenkänningsfunktioner samt kommunicera med andra system (Majumdar et al., 2022).

AI kan också användas i VR-sammanhang, där Caserman et al. (2023) utvecklat en AI-modell som identifierar potentiella faror i ett rum vid en polisinsats.

Intelligenta transportsystem inbegriper teknologiska lösningar i fordon och trafiksystemet som syftar till att effektivisera och förbättra säkerheten i trafiken. AI är en förutsättning för autonoma fordon, och Obenauf et al. (2019) modellerar bland annat hur olika effektivitet och marknadspenetration av autonoma ITS skulle förbättra responstiden för utryckningsfordon. Inom området för intelligenta transportsystem (ITS) inom räddning, finns det möjlighet att reducera risken för olyckor inom blåljus med hjälp av kooperativa ITS-tjänster (C-ITS), till dessa hör bland annat geofencing för att avgränsa körbanor till blåljusfordon, EVA-tjänster (Emergency Vehicle Approaching), som i god tid ska göra andra förare uppmärksamma på att blåljusfordon närmar sig, eller styrning av trafikljus så att enbart blåljusfordonets färdriktning har grönt ljus (Weibull et al., 2022).

AI-modellers stora fördelar är att kunna bearbeta stora mängder data, och de kan tränas till att ta fram information som kan vara användbar för en insats. Hur denna information används, i form av ledningssystem för att få en gemensam lägesbild har McGrath och Jabari studerat med hjälp av dashboards, som de fann var ett bra verktyg för att visualisera information på. Ett beslutsstödsystem för evakuering före, under och efter översvämning togs fram av Ortiz et al. (2020).

För att förbättra precision och tillförlitlighet hos en AI-modell krävs stora datamängder att träna på, som har kategoriserats eller etiketterats för att veta vad det är för något data representerar. Rahnemoonfar et al. (2021) tar fram ett dataset för översvämningar samtidigt som de lyfter utmaningarna med att ta fram ett bra dataset, och ser gärna att mer görs på området. Ett annat exempel på data som hittats i litteraturen är Veloso et al. (2022) med katastrofbilder tänkta för optimering och maskininlärning. Även för röstigenkänning krävs stora datamängder på många språk och i rätt tillämpningar för att kunna fungera praktiskt, vilket tas upp av Ungureanu et al. (2023). Mallouhy et al. (2022) kombinerar flera dataset för att skapa en modell som kan hjälpa fransk räddningstjänst att planera resurser vid en olycka. Landsberg et al. (2020) nämner att hitta data att träna AI med egentligen inte är det stora problemet, utan att utmaningen är hur ur ett rättsligt perspektiv använda den. De diskuterar hur AI kan användas för att reallokera resurser vid larm, och lyfter risken med att praktiker ser AI-hjälpmedel som en svart låda så att de inte vågar lita på de beslut som föreslås (Landsberg et al., 2020). Manzini et al. (2023) anser att räddningspersonal bör få utbildning i användning och utvärdering av AI, och att teknikutvecklare och praktiker behöver samarbeta långsiktigt för att ta fram ny teknik som kan både testas och implementeras i verkligheten.

I en litteraturstudie om informationsteknologi inom räddningstjänst kommer Weidinger (2022) fram till att mycket forskning enbart är prototyputveckling, men att det saknas studier på implementerade lösningar. Många lösningar för brandbekämpning finns i litteraturen, medan teknisk forskning på räddningstjänstens andra uppgifter är mindre efterforskat, men där AI lyfts fram som något som skulle vara behjälpligt vid planering av insatser (Weidinger, 2022). För att minska risken för informationsöverbelastning är det viktigt att nya system utvecklas tillsammans med utförare för att passa in i den befintliga verksamheten (Weilandt et al., 2021).

3.3. Extended reality (XR)

Virtual, augmented och mixed reality (VR, AR och MR) har paraplybegreppet extended reality (XR, utökad verklighet), och är ett sätt att digitalt representera verkligheten på olika sätt. AR och MR är tekniker som kombinerar den fysiska miljön med den virtuella. MR möjliggör användning av digitala element i relation till, och i kombination med, fysiska element. AR å andra sidan är ett sätt att överlagra digitala element ovanpå den fysiska världen, genom exempelvis en mobilapplikation eller via speciella AR-glasögon. VR innebär en digital representation av verkligheten som du kan interagera i och med, i likhet med dataspel. VR kan realiseras i simulatorer med specifik utrustning som gör att du upplever dig vara helt i den digitala miljön, eller via skärmar.

Forskning på användning av XR inom räddning handlar mycket om metoder och system för träning (Braun et al., 2022; Broneder et al., 2023; Calandra et al., 2023; MacIejewski et al., 2020; Pratticò et al., 2021; Sharma, 2020; Tyagi et al., 2023; Yu et al., 2022). Zhu och Li (2021) lyfter fram att i beredskapsfasen för räddningsinsatser så är det träning som är den främsta tillämpningen, inom responsfasen används XR för stöd för evakuering och eftersök, och i återhämtningsfasen som stöd för att identifiera skador.

Även larmcentralen kan tränas med hjälp av XR (Peretti et al., 2022). Det finns dock en risk att människor blir mer riskbenägna vid träning i VR, vilket var en oväntad observation av Simpson et al. (2022).

Det har också observerats hur ambulanspersonal som har fått genomgångar av en ambulansbuss i XR presterar bättre vid träningsmoment än de som genomgått en vanlig presentation (Koutitas et al., 2021). Liknande träningsmoment vad gäller montering av utrustning i brandbilar utvecklas det också AR-verktyg för (Bellalouna et al., 2020).

Forskning sker även på träning i XR inom sjukvård och katastrofmedicin (Bugli et al., 2023; Duan et al., 2019; Elsenbast et al., 2024; Kman et al., 2023; Nguyen et al., 2023; Strada et al., 2021; Tin et al., 2021). Duan et al. (2019) tar även upp möjligheten att använda VR i efterhand för personal att bearbeta en katastrof, samt i informationssyfte för allmänheten. Med hjälp av VR går det exempelvis att kommunicera risker vid översvämning för allmänheten (Sermet och Demir, 2019).

XR för planering av översvämningshantering studerades i en litteraturstudie av Bakhtiari et al. (2023), där det konstateras att VR är det vanligaste verktyget, att XR används inom alla faser av krishanteringscykeln, och där digitala tvillingar skulle kunna appliceras ytterligare för den här typen av användning.

Ett system med indata från UAV, robotar och olika sensorer och där informationen används av räddningspersonal med hjälp av AR- eller MR-komponenter behöver anpassas utifrån olika blåljusorganisationers specifika behov (Arregui et al., 2022). AR i form av en heads-up display (HUD) för blåljusfordon har potential att göra utryckningar säkrare, i stället för system i bilen eller i en telefon. Att visualisera information vid en pågående insats är en tillämpning av XR, och i en studie gick det att se att det inte bidrog till ökad upplevd arbetsbörda att få information i 3D istället för 2D för befäl inom brandkåren (Kapalo et al., 2022).

Att använda AR i ett ledningssystem för att visualisera intressepunkter skulle kunna göras genom AR-glasögon (Christaki et al., 2022) eller via mobila applikationer med AR-funktionalitet (Campos et al., 2019). I det senare fallet gick det att se en preferens för AR-teknik utan mobiltelefon hos räddningstjänsten eftersom de med sin utrustning och handskar oftare har svårare att använda en mobiltelefon, medan ambulanspersonal tyckte att det var enklare att använda en mobil applikation framför AR-verktyg (Oztank et al., 2023). En annan typ av AR (förstärkt verklighet) är sensorisk input, där ett exempel på sådan är en haptisk hjälm som genom vibrationer kan stödja brandpersonal vid rökdykning eller ambulanspersonal vid blodtrycksmätning och triagering samt polis som lokaliseringsverktyg av faror vid pågående dödligt våld (Alber et al., 2020). Evakueringsstöd i en mobil applikation som använder sig av AR genom att scanna fysiska markörer för att ange sin egen position är ett exempel på AR-teknik för allmänheten (Mannuru et al., 2022; Sharma, 2023).

Om XR ska användas av räddningspersonal i tjänst behövs en medvetenhet om potentiell kognitiv belastning, och möjligheten att väga det mot förbättrad lägesuppfattning menar Gutiérrez et al. (2023) som gjorde tester på kognitiv belastning med räddningspersonal i både laboratoriemiljö och i fält. Syftet med studien var att testa mätmetod och mätutrustning för kognitiv belastning, men det observerades vid fälttesterna att deltagarna behövde stanna upp för att utföra de extra uppgifter som man fick, och att den kognitiva belastningen ökade vid ökad mängd information i laboratorietestet (Gutiérrez et al., 2023).

3.4. Kommunikationer

Att kommunikationer fungerar i händelse av en olycka, oavsett om det är av vardagskaraktär eller en sällanhändelse, är oerhört viktigt. Det gäller för såväl blåljusorganisationer som för allmänheten. Att kommunikationer inom och mellan räddningsorganisationerna fungerar är något som har lyfts fram som viktigare än att uppgradera övrig teknologi, särskilt i glesbygd (Morrison et al., 2021). Större händelser skulle kunna leda till en ökad belastning på befintligt nätverk, och för exempelvis användningen av XR-teknik i operativ tjänst inom räddningstjänsten kommer det att ställas högre krav på att latensen hålls låg, enligt Lessi et al. (2021), som arbetat med ämnet inom ramen för EU-projektet FASTER. Ett sätt att arbeta med att förbättra kommunikationerna är att optimera dirigering av data i nätverket genom att exempelvis använda sig av UAS (Worden et al., 2020).

Med hjälp av ett IoT-system med brandsensorer och sensorer som identifierar personer i olika rum, tar Saini et al. (2022) fram en maskininlärningsmodell som ska ge bästa evakueringsvägen. Ett annat IoT-system kan användas för att förutse hjärtattacker hos räddningspersonal (Prabhu

et al., 2022), men det krävs också att IoT-systemet kan integreras med befintliga system inom responsorganisationen (Damaševičius et al., 2023).

Vikten av goda kommunikationer för att på ett bra sätt kunna använda XR i operativa sammanhang belyses i en studie av Antevski et al. (2021), eftersom risken finns att information som ska projiceras i AR blir på fel plats i synfältet om det är för stor fördröjning. Syftet med att använda tekniken var att få information på väg ut till larm och få stöd på plats, förutsatt att utlarmning gjorts automatiskt via sensordata (Antevski et al., 2021). Information som ska visualiseras med AR-glasögon för en räddningsinsats vid en brand, som var det brinner, skulle kunna samlas in med hjälp av en robot, som även skulle kunna kartlägga byggnaden före det att brandpersonal går in (Li et al., 2019).

För att förbättra kommunikationer och agera reläer för att upprätthålla uppkoppling går det att använda optimeringsmodeller för att minska responstiden i ett nätverk för att upprätta en länk mellan räddningspersonal och en mobil användare (Alnoman, 2022). Rocha da Silva et al. (2022) tog fram ett system för obemannade farkoster oberoende av medium (UXV) för att skapa ett flexibelt sätt att använda UXV som reläer. UAV:ers positioner i luften för att bibehålla en god uppkoppling till sina användare vid en insats skulle kunna skötas av en AI-modell (Lee et al., 2020). En AI-modell skulle också kunna användas för att förbättra kommunikationsnätverk samt precisionen för inomhuspositionering med hjälp av drönare, genom att kompensera för rotorernas påverkan på kommunikationen (Kolawole och Hunukumbure, 2022). För att komma runt problemet med dålig inomhustäckning föreslår Sandino et al. (2020) att UAS ska kunna navigera autonomt inomhus och ha en maskininlärningsmodell som kan arbeta i realtid ombord på UAV.

3.5. Sensorer

Många användningsområden av såväl robotar som UAS är att de ska bära sensorer för att samla in data som sedan kan användas i en räddningsinsats. Andersson Granberg et al. (2020) undersöker vilka egenskaper sensorer som samlar in data från en olycksplats bör ha, för att kunna förbättra insatsen och göra logistiska analyser. Fördelar som överblick över resurser och patienter, triagering, kommunikationsmöjligheter samt efterhandsanalyser tas upp som exempel (Andersson Granberg et al., 2020). Ett potentiellt hjälpmedel för att identifiera kemiska substanser i luft är via en ”elektronisk näsa”, som med hjälp av en tränad AI-modell kan klassificera gaser (Fan et al., 2019). Sensorer skulle också kunna användas för att hålla uppsikt över vitala parametrar hos räddningspersonal vid särskilt farliga insatser, som CBRNE-händelser, där det behövs ett system som kan ta emot, hantera och visualisera sensordata på ett tydligt sätt, vilket även kräver nätverkstillgänglighet (Fruhling et al., 2023). En annan användning av sensorer skulle kunna vara att identifiera vilken typ av aktivitet som utförs av räddningspersonal för tillfället och skulle kunna skicka sin data via bärarens mobiltelefon (Scheurer et al., 2019).

3.6. Robotar

Ett ämnesområde som relaterar till robotanvändning är human-robot interaction (HRI), där god interaktion är av vikt för att ett system där robotar ska utföra uppgifter ska fungera. Däri ingår exempelvis hur robotarna ska styras. Mekaniska tvillingar, som en robotarm som är densamma

för operatören som för roboten, har visat sig vara ett intuitivt system att använda (Edlinger et al., 2022). Att ha en assisterande enhet, exempelvis en UAV, som övervakar en obemannad robot, kan också bidra till förbättrad HRI (Shilleh et al., 2021). I övrigt behöver robotar som används inom räddningsområdet ha egenskaper som framkomlighet och möjlighet att tåla värme och bära utrustning, och där menar Desarda et al. (2022) att för framkomlighet skulle rocker-bogie-teknik kunna fungera för såväl inom- som utomhusbruk. Denna konstruktion har utvecklats av NASA för deras fordon som ska verka på Mars (Harrington och Voorhees, 2004).

Att ha en nationell policy för användning av luft-, vatten- eller markrobotar innebär ofta att robotar faktiskt används i insatser, men betyder inte nödvändigtvis att användningen blir mer innovativ än om nationell policy saknas. Detta kom Murphy et al. (2022) fram till när de analyserade robotanvändning under covid19-pandemin.

3.7. Övrigt

För att kunna använda sig av såväl obemannade farkoster (UAS och UXV), med sensorer på dessa eller personal, samt integrera AR och på så vis öka den gemensamma lägesbilden vid en insats behövs välfungerande digitala plattformar som kan hantera detta, vilket bland annat tagits upp av Perez et al. (2020).

Ett område som inte tas upp så mycket i sig självt i litteraturen är cybersäkerhet. I en artikel har dock ett ramverk utvecklats för hur blockchain-teknologi kan användas för cybersäkerhet vid räddningsinsatser (Siemon et al., 2020). Ämnet nämns också, men tas inte upp i någon större detalj, i flera andra studier (De Silvestri et al., 2023; Freeman, 2020; Hildmann och Kovacs, 2019).

Vanliga SMS i kombination med GPS kan användas för att larma ut resurser som civila insatspersoner, och även om mer avancerade tekniker skulle kunna utvecklas är detta ett enkelt system som fungerar i praktiken (Pilemalm, 2019).

4. Perspektiv från Sverige

I Sverige ansvarar kommunerna för räddningstjänst (med undantag för statlig räddningstjänst, dvs fjällräddning, flyg- och sjöräddning, efterforskning av personer i annat fall, miljöräddning till sjöss och utsläpp av radioaktiva ämnen), och beslut om vilken typ av utrustning samt hur denna ska användas i verksamheten beslutas därmed på lokal nivå. Detta innebär att utveckling, tester och implementering av ny teknik ibland sker lokalt, utan nationell samordning, även om det enligt lagen om skydd mot olyckor ska erbjudas ett likvärdigt skydd till alla medborgare ("Lag om skydd mot olyckor," SFS 2003:778). Trenden med större räddningstjänstförbund, samt de förhållandevis nyinrättade Räddningsledningssystemen, har dock minskat detta problem. Dessutom finns även till exempel Nationellt utvecklingscentrum (NUC) som har i uppdrag att driva projekt i syfte att metodutveckla och vägleda andra räddningstjänster. Vidare ger Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) stöd till de kommunala räddningstjänsterna bland annat genom att ta fram vägledningar och tillhandahålla nationella förstärkningsresurser, men också med utbildningsinsatser, utvecklingsprojekt och på många

andra sätt. MSB är också sektorsansvariga för beredskapssektorn Räddningstjänst och skydd av civilbefolkningen.

4.1. Tidigare arbete inom svensk räddning

I Sverige har ett flertal rapporter tagits fram inom området som handlar om användningen av modern teknik inom räddning, där majoriteten gäller UAS. Men även artificiell intelligens, brandrobotar och cybersäkerhet tas upp. I kortet beskrivs några av dessa rapporter för att ge en överblick över arbete utfört inom ramen för myndigheter och organisationer som verkar i Sverige.

MSB har i samarbete med FOI, Polisen samt UAS-nätverk inom räddningstjänsterna i Sverige tagit fram en vägledning för kommunala räddningstjänster i upprättandet av en flygorganisation med UAS (Myndigheten för samhällskydd och beredskap, 2020). Rapporten beskriver dels hur regelverk och teknik påverkar flygorganisationens förmågor, men också hur flygverksamheten kan etableras och användas operativt vid olika insatser. Det lyfts också fram att i takt med att regelverk förändras och uppdateras behöver även flygorganisationen anpassa sig därefter.

I MSB:s rapport om tillämpningar och sårbarheter för AI inom UAS diskuteras dels generella tekniska funktioner som en AI kan bidra med, som bildbehandling eller beräkningsavlastning, men också tillämpningar vid specifika insatser inom ramen för samhällsstörningar (Svenmarck et al., 2020). Där var de flesta tillämpningsområdena att använda AI för detektering i bilddata från en UAV, till exempel branddetektering eller människodetektering. De sårbarheter som exemplifieras relaterade till riskerna med en ofta okrypterad kommunikationskanal med UAV:erna. Det kan handla om dataintrång, manipulation av data eller kommunikationsstörningar. Manipulation av data kan till exempel orsaka att systemet inte längre fungerar som det är tänkt för att positionen för en UAV har förvanskats, eller orsakar kollisioner eftersom viktiga funktioner har manipulerats. AI kan också användas som hjälpmedel för att utföra cyberattacker. Om ett intrång görs i själva AI-modellen som manipulerar träningsdata eller vikter och kopplingar i neurala nätverksmodeller, då kan AI-modellens output påverkas och inte längre ge det stöd som modellen var tänkt för.

Relaterat till det som framkommit av tillämpningar och sårbarheter, kartläggs behov hos räddningstjänsten genom att intervjua personer verksamma inom eller nära räddningstjänsten i en ytterligare rapport (Johansson et al., 2022). Här listades nio områden där det kunde finnas behov för teknik som AI, där AI sågs som något som kan avlasta styrning av UAS samt analysera inkomna data, exempelvis olika typer av bilder. För fler detaljer hänvisas till kapitel 3 i Johansson et al. (2022).

NUC utförde tester (Nationellt utvecklingscenter NUC, 2023) där tryckkärl besköts för att punkteras, och använde UAV:er för att dels ta reda på information om tryckkärlen på förhand, dels att kontrollera att man träffat flaskan, samt för att stödja metoden att skjuta på tryckkärlen även i mörker genom att UAV:en utrustades med en lampa. Utöver detta framkom även att UAV:er kunde användas för varningar och övervakning i det område där det fanns explosionsrisk på grund av tryckkärl. Att använda UAV:er skulle kunna förbättra

räddningstjänstens arbetsmiljö genom att minska på riskerna att hantera bränder i närheten av tryckkärl.

Sjöfartsverket utförde ett projekt där UAS och AI-modeller utreddes för användning inom Search and Rescue (SAR) till sjöss (Sjöfartsverket, 2024). Bland annat testades AI-modeller med öppen källkod tillsammans med kommersiellt tillgängliga UAV:er för att se om detta kunde användas för eftersök till havs. Projektets slutsatser var bland annat att system för SAR ska vara enkelt och effektivt att använda, och vara specifikt utvecklat för eftersök. Möjligheten att utreda en nationell UAS föreslogs, som bör ha flygförmåga i alla väder och som även bör ha stöd för att kunna utföra beräkningar ombord med exempelvis en AI-modell eftersom den bör kunna flyga långa avstånd. Systemet borde också kunna agera semi-autonomt med ruttplanering och undvika kollisioner, samt kunna fungera i samarbete med andra sök- och räddningsresurser (Sjöfartsverket, 2024).

Något som också lyftes fram var möjligheten att ha ett gemensamt ledningssystem som ska fungera mellan enheter och organisationer på nationell nivå, samt att i takt med teknikutveckling arbeta med metodutveckling och användning av tekniken. Sjöfartsverket tar även upp vikten av att ha säkra kommunikationer med UAS och riskerna med bias av AI-modellerna utifrån de träningsdata som finns. Att ha representativ data för det uppdrag som ska utföras, oavsett om det gäller den miljö som systemet ska operera i, eller att kunna identifiera olika typer av personer och objekt vid en räddningsinsats, är viktigt när bildigenkänningsmodellen ska tränas, och en sådan datamängd saknas i dagsläget.

När det kommer till just säkerhet för tekniken, så har MSB tagit fram en vägledning till kommunala räddningstjänster om arbetet med cybersäkerhet för sina räddningsfordon (MSB, 2023). I denna finns organisatoriska och tekniska rekommendationer för att arbeta med cybersäkerhet i räddningsfordon. Teknologi i dessa kan bli utsatt vid cyberangrepp och olika typer av risker och hot på området som finns gentemot verksamheten beskrivs i vägledningen. Det konstateras också att teknikutvecklingen går fortare fram än arbetet med cybersäkerhet.

Inom ramen för NUC togs det år 2022 fram en studie om brandrobotar för kommunal räddningstjänst (Liljeroth et al., 2022). I studien lyftes dels olika robotmodeller och deras eventuella tillämpningsområden. Utöver det söktes erfarenheter hos andra räddningstjänster utanför Sverige om användning av robotar, men det konstateras att denna inte är så omfattande. Elva områden tas upp, där en robot skulle kunna bidra till att personalen får en större säkerhet och på så vis effektivisera räddningsinsatsen. I rapporten konstateras att metodik kommer att behöva utvecklas för användning specifikt inom räddningstjänst, men att det finns erfarenheter av att använda robotar inom exempelvis Polisen och den nationella bombgruppen, och att dessa bör tillvaratas.

Räddningstjänsten Storgöteborg (RSG) är i processen att köpa in en brandrobot, och blir då den första kommunala räddningstjänsten i Sverige med en sådan (Larsson, 2024).

4.2. Några pågående projekt i Sverige

Nedan följer en sammanfattning av det arbete och de projekt som tagits upp under intervjustudien.

Respondenter listas med namn, professionell roll samt i vilket avsnitt i rapporten de förekommer i en tabell som finns i bilaga 2. Urvalet av respondenter har gjorts utifrån de projekt eller organisationer som de är verksamma i, för att få med flera delar av det svenska räddningssystemet med både utförare och forskare. Intervjustudien har inte avsett att vara heltäckande och har genomförts för att få en bild av det svenska nuläget vad gäller teknikanvändning och teknikutveckling inom räddning.

Varje respondent har getts ett eget avsnitt för att tydliggöra vilken respondent som varit källa till informationen samt vilket ämnesområde som främst behandlades inom ramen för varje intervju (som i övrigt hade en öppen struktur, se kapitel 2), med undantag för avsnitt 4.2.7 där både namngiven samt anonym person inom Polisen har bidragit med information, samt avsnitt 4.2.10 som finns med som en fördjupning på ett pågående projekt där intervju ej genomförts med ansvarig.

4.2.1. Tidiga lägesbilder med UAS

Inom utökad och modern användning av UAS inom räddningstjänst pågår under 2023–2026 projektet PreVis2, med Västra Götalandsregionens Innovationsplattform som ägare och finansiering från Interreg Europe, där NUC, Räddningstjänsten Storgöteborg (RSG), Norra Älvsborgs räddningstjänstförbund (NÄRF) samt Sjukvårdens Larmcentral inom Västra Götalandsregionen (VGR) samarbetar. Projektet utförs parallellt med VGRs projekt gällande hjärtstartarleveranser under Innovationsplattformen, som testats tidigare (Västra Götalandsregionen). Projektet har inga tidigare förlagor. Syftet är att vid utlarmning av räddningstjänst och ambulans även larma ut en semi-autonom UAV med kamera och värmekamera som strömmar video till larmcentralen, vilka ska tolka bilderna och ge information till de utlarmade resurserna innan de är framme på skadeplatsen. Med semi-autonom menas att det finns en fjärrpilot som övervakar rutten och kan ingripa vid behov.

Projektet har speciellt tillstånd för att få flyga utom synhåll (beyond visual line of sight - BVLOS), men behöver få tillstånd från flygledningen innan en drönare kan lyfta. Detta på grund av aktuella svenska regelverk.

Inom organisationen har användningen av drönare bemötts positivt, eventuella tveksamheter har framförallt berört det semi-autonoma systemet. Ambulanshelikoptern har också uttryckt en oro för att drönaren ska vara i vägen vid landning om båda är utlarmade resurser. En lyckad användning av systemet innebär att ledningscentralerna hinner avlägga lägesrapport utifrån den strömmade bilden till de utlarmade resurserna, innan de kommer fram.

Projektet deltog i en stor övning i maj 2024, med lovande resultat inför driftsättning senare under 2024. Förutom PreVis2 fanns även ett EU-projekt COLLARIS med vid övningen, som bland annat undersökte hur samarbetet kring luftrumshanteringen utfördes under pågående insats (COLLARIS Network, 2024).

4.2.2. Semi-autonom UAV för sjöräddning hos Sjöräddningssällskapet

Svenska Sjöräddningssällskapet (SSRS) är en frivilligorganisation som bedriver sjöräddning, och de arbetar med teknikutveckling för att förbättra sitt arbete och säkerheten för sina frivilliga.

Organisationen är fristående från staten, så de projekt de själva driver tar inte emot statliga medel.

Man har haft projekt för att utreda semi-autonoma småbåtar, exempelvis vattenskotrar, som ska följa en större båt, och ser möjligheter i att kunna köra mindre båtar i förebyggande utryckning, antingen fjärrstyrt eller att de i någon grad är autonoma.

För närvarande håller SSRS på att testa ett system med en UAV med fast vinge, där SSRS har tillstånd att lyfta och flyga med sitt semi-autonoma UAS Beyond Visual Line of Sight i Göteborgs skärgård i ett så kallat D-område (vilket gäller för att flyga över vatten, eller obebodda öar). Syftet är att drönaren ska ta sig till olycksplatsen och skicka stillbilder till utryckande besättning som de kan använda för att få en bättre lägesbild. Den är egenutvecklad av SSRS för att uppfylla de krav deras verksamhet har, bland annat kan den landa i vatten och kan på så vis bli upplockad av räddningsbåten. Denna egenskap förlänger räckvidden om man utgår ifrån att drönaren enbart ska flyga ut, och sen inte behöver flygas tillbaka. Det minimerar också flygningens risk för andra människor eftersom den alltid kan landa. Nuvarande regelverk kräver att det finns en pilot, vilket gör drönarsystemet semi-autonomt. Man ser i dagsläget inte något tydligt behov att ha med sig någon annan specifik utrustning ombord annat än den kamera som ska användas för att ta stillbilder över olycksplatsen, möjligen att man kan dela rörlig bild till räddningsbåten men det kräver att det finns en ansvarig i besättningen för att enbart analysera inkommande bilder. De hinder som finns för utvecklingsprojekten, specifikt drönare, är regelverket, då det är svårt att få tillstånd att flyga UAV:er BVLOS.

4.2.3. Transport av livräddande utrustning och eftersök vid drunkning med UAV

UAS har stora möjligheter att användas inom flera olika räddningsområden. Idag finns projektet med hjärtstartare i Göteborg, men allt som berör tidskritiska aspekter i en larmkedja skulle kunna vara relevant att använda drönare till, som Naloxonleverans vid opiodöverdos eller vid eftersök och leverans av flythjälpmedel vid drunkning. I hjärtstartarfallet larmas drönaren ut automatiskt via RAKEL vid ett misstänkt hjärtstopp, oavsett om ambulansen är framme vid platsen eller inte, men drönaren är oftast i luften före det att ambulansen startat, se exempelvis Schierbeck et al. (2023). I VGR är det flera organisationer inblandade i larmprocessen för ett vårdärende och här skulle fullt integrerade informationssystem för larm vara önskvärt. Drönare har möjlighet att användas tillsammans med annan teknik, som AI för bildanalys eller för att bära sensorer av olika slag. Ett problem man ser är att det ska finnas en tillgänglig drönare med rätt utrustning vid varje specifik händelse.

De flesta räddningstjänster i Sverige flyger med drönare för eftersök eller för att få bättre överblick. Exempel på andra användningsområden är förutom hjärtstartarleveranser även leverans av flythjälpmedel vid drunkningstillbud (i Australien). Batteriet är i dagsläget den största begränsningen för vad man kan göra, samt den eftersläpning som upplevs med regelverken. För ett fungerande tekniskt system inom räddning krävs relevanta regelverk, tillgänglig teknik samt metoder för att använda dem.

Man behöver också lösa hur luftrummet ska delas mellan bemannad och obemannad luftfart, såsom JRCC:s räddningshelikopter och ambulanshelikoptern.

AI-modeller med maskininlärning skulle kunna tränas för många olika tillämpningsområden, och ett exempel är att identifiera drunkning från bilder. Man skulle även kunna ha en vattendrönare (USV) utrustad med SONAR för att leta i vatten, vilken skulle kunna synkas med en UAV.

4.2.4. Beslutsstöd för räddningstjänsten

Inom Sverige bedrivs även forskning som behandlar AI som beslutsstöd för befäl inom räddningstjänst som kan användas på olycksplatsen. Ofta har man dåligt med information på plats, men beslut måste ändå fattas snabbt trots ofullständig information. Även några sekunders snabbare beslut skulle vara värdefullt i många sammanhang. Räddningsledarens beslut vid en insats är bland de viktigaste faktorerna för att lyckas med insatsen. Man skulle kunna tänka sig mönsterigenkänning, en kamera på fordon som filmar byggnader som brinner, och utifrån tidigare data kunna säga vad som kan hända längre fram, eller var i händelseförloppet vi är just nu. En annan uppgift som AI:n skulle kunna ha är att sortera och ta fram information från tidigare liknande händelser. Allt beror på vilken hjälp man behöver. Framförallt borde verktyget fungera som ett stöd för händelser som inte är vardagsolyckor. För större händelser, som exempelvis kemolyckor, vore det bra med stöd om vilken del i olyckan man behöver lägga mer tid på. Enkätsvar om vilken typ av stöd aktiva inom räddningstjänsten skulle vilja ha vid en insats håller på att sammanställas, för att förankra utvecklingen av beslutsstöd i forskningen.

4.2.5. Räddningstjänstens vardagliga arbete med teknologi

Det dagliga arbetet med teknologi inom räddningstjänsten är ett brett område – det kan till exempel syfta på stålrör för vattenslangar. Men när det gäller digital teknik så kan man konstatera att UAV:er har slagit igenom. Man använder drönare för att skaffa sig en annan vy över en händelse. Ett exempel är brand på vind, där man tidigare skannat med IR-kamera så gott man kunnat, medan en drönare kan flyga runt hela taket och ge en lägesbild av branden mycket fortare. Ett annat exempel är sökning efter person efter tillbud om olycka på järnväg, där framkomlighet med bil inte alltid finns utan man behöver ta sig till fots. Sökandet underlättas med en drönare. Piloten är den som får bilden samtidigt som drönaren flygs.

Praktiska frågor kring vem som ska flyga drönaren har uppkommit, eftersom alla personer i tjänst har specifika uppgifter som behöver utföras utöver eventuell drönarflygning. I dessa fall skulle annan teknikutveckling kunna frigöra resurser. Det finns fjärrstyrda flytbrädor som kan skickas ut för att hjälpa människor i vatten, vilket kan göra att en person i räddningskåren kan agera drönarpilot och bidra till eftersök istället för att ha ansvar för en lina för att hjälpa personen samt personal i vattnet. En annan del i drönaranvändningen är att viss samverkanssvårighet i luften existerar mellan olika organisationer som flyger, men det varierar.

Markrobotar har stora potential vid exempelvis kemikalieolyckor och underjordiska bränder, men här har man inte kommit lika långt i användningen i Sverige. Detta kan bero på att robotarna inte är lika lättillgängliga att driftsätta vid en insats, medan en drönare är enkla och kan flyga i princip överallt. Dessutom används drönare främst för visuell översikt, medan en markrobot skulle utföra fler och andra typer av uppgifter vilket gör det svårare att snabbt implementera det i befintlig verksamhet. Kostnadsmässigt är det också stor skillnad, men där

skulle regioner kunna ha gemensamma robotar för att bättre utnyttja dem, men då ska de vara praktiska att dela och snabbt sätta in vid en insats.

Ur ett jämställdhetsperspektiv skulle man kunna tänka sig att exoskelett (en utrustning som bärs av en människa i syfte att exempelvis stödja, förstärka och utöka kroppens funktioner, som ett yttre ”skelett”) skulle kunna underlätta det fysiska arbetet för kvinnor i räddningstjänsten. Men den upplevda kulturen inom branschen ger nog större hinder för kvinnor än fysiska skillnader. I Landskrona har man byggt ett gemensamt omklädningsrum för att undvika grupperingar inom kåren, vilket har utvärderats till att skapa god stämning på kåren.

4.2.6. Delaktighet i internationell teknikutveckling och testning

Södertörns brandförsvarsförbund deltar gärna i nationella och internationella projekt där de får möjlighet att prova nya saker som de själva inte hade haft råd med, men där projekten ger en plattform och kontaktmöjligheter att faktiskt få vara med och testa det som finns i forskningen. Södertörns brandförsvarsförbund deltar gärna i nationella och internationella projekt där de får möjlighet att prova nya saker som de själva inte hade haft råd med, men där projekten ger en plattform och kontaktmöjligheter att faktiskt få vara med och testa det som finns i forskningen just nu. De bidrar i dessa projekt med ett slutanvändarperspektiv och vill gärna inspirera andra räddningstjänster till att delta i fler utvecklingsprojekt. Enligt dem är det främst administrationen som avskräcker från deltagande, exempelvis ansökningsprocess och dokumentering.

Ett av de större EU-projekt som Södertörns brandförsvarsförbund har deltagit i har haft som syfte att öka säkerheten för utryckande personal vid urbana räddningsinsatser genom olika typer av sensorer och SONAR[1]. Ett annat har testat UAV och markrobotar med ledningssystem, liksom sensorer på autonoma drönare[2]. Ett projekt har varit mer metodinriktat, men testade även inomhusdrönare för positionering i byggnader, där drönarna skapade ett mesh-nätverk och där personal, via en speciell sula i sina skor, sedan kunde positioneras i nätverket[3]. Ett projekt har dels undersökt hur man kan använda olika typer av robotar och UAV:er samt sensorer som kan bäras av robotar eller personal. Här är ett exempel en robot som kallas Snake, vilken ska kunna ta sig igenom rasmassor. Inom samma projekt utvecklade man också arbetskläder med sensorer, och där har deltagandet från Södertörn bidragit med perspektivet att kläderna behöver tvättas (vilket inte är självklart i flera andra länder) samt att det även ska finnas kvinnokläder[4].

Inom ramen för de tekniska EU-projekten undersöktes även cybersäkerhet vilket är ett krav för finansiering. Då har man särskilt studerat kryptering och lagring.

Man har även deltagit i socialt inriktade projekt, bland annat ett som lyfte fram attityder mot kvinnor och HBTQ-personer och arbetade med att se vad man kunde göra för att ifrågasätta och förändra rådande normer inom branschen, men även vad som kunde göras med arbetsmiljön för

---

[1] Projektet INACCHUS
[2] Projektet ASSISTANCE
[3] Projektet INGENIOUS
[4] Projektet SYNERGISE

att inkludera fler. Där kunde exempelvis en medtagen pall i brandbilen vara ett enkelt verktyg för att kompensera för de längdskillnader som ofta finns mellan män och kvinnor.

Andra initiativ som nämnts är hur man i Kalifornien med hjälp av AI bevakar skogsbränder med tjänsten Alert Wildfire, genom bildigenkänning.

4.2.7. UAS inom Polisen

Inom Polisen finns en stor vilja att använda sig av ny teknik, och det finns inom organisationen en förståelse för att ny teknik behöver implementeras för att kunna skapa nya förmågor och fullgöra sitt uppdrag. Användningen och införandet behöver relateras till kärnuppdraget, där frågor kring vad Polisen vill, kan, får och ska göra är utgångspunkten för arbetet med nya metoder och ny teknik, och allt bör vara inom ramen för Polislagens §2 ("Polislag," SFS 1984:387)

Förmåga att använda sig av UAS anses inte vara en egen metod i Polisens arbete, utan används som en del av de befintliga metoder som används eller som utvecklas.

Idag har man tillstånd att flyga i Visual Line of Sight (VLOS), Extended Visual Line of Sight (EVLOS), BVLOS samt inomhus. Ett exempel där man ska flyga BVLOS är Drone-in-a-box, där taktiska hangarer med UAV placeras ut, som sedan körs på distans av en fjärrpilot. Detta testas i dagsläget i Malmö. I framtiden vill man ha mobila system av den här typen, till exempel att ha drönare i polisbilarna. Systemet kräver en välfungerande IT-struktur och säkra kommunikationer. Inom ramen för det nuvarande projektet ska man främst flyga på brottsaktiva tider och vid prio 1 larm, men även prio 2 och 3. Utöver det ska man även utvärdera allmänhetens uppfattning kring flygningarna.

Eftersom Polisen behöver förhålla sig till gällande regelverk kring luftrum och integritet, arbetar de tillsammans med Luftfartsverket och Transportstyrelsen.

Ett annat perspektiv ges av en anonym inom Polisen, som berättar att UAS har använts inom hela Polisen i varierande grad sedan 2016, med varierande resurstillgång beroende på vilken region man talar om. De fördelar som upplevts är att snabbt och enkelt få en överblick vid alla polisiära insatser, och de har med hjälp av tekniken kunnat utveckla nya metoder vid exempelvis eftersök av försvunna personer.

Polisen upplever att regelverk och lagstiftning kring luftfarten inte hinner med teknikutvecklingen, och det finns idag inte ett särskilt luftrum för UAS. Från Polisens sida behöver de anpassa sig efter vad som upplevs som förlegade regler och bestämmelser.

Polisen är inte teknikledande, utan behöver testa, godkänna och kvalitetsutveckla innan något tillämpas i skarp verksamhet. Men alla typer av teknik som kan användas i syfte att rädda liv är intressanta. De främsta hindren för användning av ny teknologi är att många inom polisorganisationen behöver godkänna det.

4.2.8. Forskningssamarbeten

WARA PS är en forskningsarena inom samhällssäkerhet, främst det civila, och arbetet handlar mycket om att utveckla och använda deras Core-system i olika projekt inom Public Safety.

Detta är ett så kallat ”system of systems”, vilket består av många olika system som ska behandla resurshantering och planering, simulering, datainsamling, samt integrationen mellan dessa och andra system. Det är tänkt att kunna integreras med flera organisationer. Man utvecklar användarscenarier i samarbete med industri, akademi och myndigheter, för att kunna testa systemet i verkliga scenarier. De jobbar även med SAR och kollaborativa system, i vilka drönare, båtar och räddningspersonal ingår. Ruttplanering och kollisionsavvärjning för båtar är något som deras doktorander arbetar med. En del forskning behandlar även human-in-the-loop inom Public Safety, och där samarbetar de med doktorander som testar autonoma system i WARA PS forskningsmiljö.

WARA PS deltar exempelvis i projektet NEXSoS, där övriga aktörer är Ericsson, Telia, Combitech, MSB, RISE och KTH, vilket handlar om att utreda tekniska förutsättningar för att kunna använda XR inom räddningstjänsten. De har utfört en genomförbarhetsstudie, där scenarier som föreslogs för vidare studier är skogsbrand och brand i byggnad. I detta projekt har samarbete även varit med RSG och Räddningstjänsten Luleå. Testbed Air Mobility heter ett annat projekt de arbetar med, vilket är ett Vinnova- och SAAB-finansierat projekt med SAAB, Ericsson, RISE, Linköpings universitet, Luftfartsverket och Swedavia AB. Det handlar om drönartransporter i framtiden (generella transporter och inte enbart räddningsscenarier) och vilka regelverk och ledningssystem som krävs för att det ska fungera, det som kallas U-Space.

4.2.9. Metodutveckling och vägledning

På MSB finns en egen flygorganisation, som bland annat är verksam med dokumentation och utbildning eller övningar. De har från myndigheten arbetat med att skapa en behovsbild för UAS inom räddningstjänsten, och även publicerat en vägledning för UAS inom räddningstjänsten (tidigare nämnd i denna rapport). Inom ramen för sitt projekt UAS 2.0, har de även arbetat med att ta fram ett koncept på en UAS-metodutbildning med gemensamt blåljusperspektiv, samt ta fram ett koncept på om hur en nationell UAS-förstärkningsresurs ska se ut och verka.

Metodutveckling är en viktig del av arbetet med UAS, och utifrån ett totalförsvarsperspektiv finns det ett behov av en nationell samordning kring detta. Erfarenheter från det pågående invasionskriget i Ukraina visar att förmågan att se från luften ökar den operativa effekten, samtidigt som man sett att drönare också kan utgöra ett hot. I och med säkerhetsläget så behöver beredskapen och förmågan att klara av att sköta räddningsuppdraget även vid händelse av krig att höjas. I dagsläget flyger de flesta räddningstjänster inom VLOS. Vissa räddningstjänster har förmåga att sända live från skadeplatsen, till exempel till vakthavande befäl på inre ledning eller till annan samverkande aktör om det finns ett behov av det. Egna UAV:er som skickar bilder, som räddningstjänsten själva opererar, har fått lättnader i att förhålla sig till vissa av regelverken, medan andra behöver en anpassning av rutiner (exempelvis Dataskyddsförordningen (GDPR), Offentlighets- och sekretesslag (2009:400), Kamerabevakningslag (2018:1200) och Lag (2016:319) om skydd för geografisk information). Att exempelvis ha privatpersoner som stödjer räddningstjänsten med att skicka bilder från sina egna drönare kan försvåra vad gäller tillstånd, bildhantering och förhållande till andra regelverk jämfört med att det görs av egen personal. Räddningstjänsten skulle kunna ta lärdom av jord- och skogsbruk, som har kommit framåt med teknik som RGB-kamera, IR, LiDAR och

hyperspektralkamera. Vid CBRNE-händelser skulle drönare och robotar kunna bidra till att minska riskerna för människor, något som FOI arbetar med.

4.2.10. Rakel Generation 2

Några av respondenterna nämnde att nästa generations Rakel kan möjliggöra säker kommunikation med videoöverföring; därför följer en kort sammanfattning av status på kommande generations Rakel.

Idag används kommunikationssystemet Rakel inom svenska blåljusorganisationer, som har ett eget nätverk skilt från de allmänt tillgängliga kommunikationsnätverken, som mobil telefoni (Myndigheten för samhällskydd och beredskap). Det arbetas för närvarande på nästa generations Rakel, (Rakel G2) som även ska kunna hantera bild och video, vilket inte är möjligt med dagens Rakel (Myndigheten för samhällskydd och beredskap). Den preliminära tidsplanen som kommunicerats ut till Rakel-användare är att Rakel G2 ska vara i drift 2030 då inga användare ska vara kvar i nuvarande Rakel (Myndigheten för samhällskydd och beredskap, 2024).

5. Forskningsluckor och rekommendationer

I följande avsnitt diskuteras luckor inom forskningsområdet om tillämpningar av teknik inom räddning, som identifierats utifrån litteraturgenomgång och intervjuer, med fokus på svenska förhållanden och framtida möjligheter.

5.1. Artificiell intelligens

En maskininlärningsmodell kan med relativt enkla medel tränas och sedan användas med tillfredställande resultat för en potentiell tillämpning, exempelvis att identifiera nödställda vid en olycka. Sjöfartsverket tränar en allmänt tillgänglig version av AI-modell på egna bilder som tagits inom ramen för projektet och får goda resultat, och lyfter vikten av att ha tillgång till bra data för att träna, då deras projekt ska ses mer som ett proof-of-concept. Detsamma gäller för Claesson et al. (2020), som tränade en modell för drunkningsolyckor på 393 bilder, där modellen sedan presterade bra (90 % precision). Eftersom bilder är den tillämpning av igenkänningsmodeller som ofta tas upp i litteraturen, och även i kombination med användning av UAS och XR, är det främst det perspektivet som diskuteras vidare, men principerna är överförbara för andra typer av modeller, såsom röstigenkänning.

Framgångsrik tillämpning av maskininlärningsmodeller är beroende av bra kvalitet på data som modellerna kan träna på, och vid framtagande av datamängder som ska användas för att träna AI-modeller bör en medvetenhet om risker med bias finnas, med påföljande unfairness i modellens utdata. I en svensk räddningskontext understrykes behovet av att vara medveten om, och reducera, risken för bias utifrån LSO §1 som säger att skyddet mot olyckor ska vara likvärdigt för alla medborgare ("Lag om skydd mot olyckor,").

Att ta fram en bra datamängd för olika typer av tillämpningar inom räddningsområdet är därmed ett viktigt område för vidare forskning sett ur såväl användbarhet som ur ett mångfalds- och jämställdhetsperspektiv, eftersom inga grupper ska missgynnas av de metoder som används inom räddning. Exempel på datamängder finns i litteraturen (Rahnemoonfar et al., 2021; Veloso

et al., 2022), men det behövs specifika data för såväl nationell, regional och lokal kontext om modellerna ska vara användbara i flera potentiella tillämpningsområden. En modell för att identifiera skogsbränder behöver också kunna fungera, eller anpassas efter, såväl lövskog och blandskog, som barrskog eller skogsodlingar, där förekomsten av dessa skiljer sig mellan olika delar av Sverige. Helt annan data krävs för att träna en modell för sjöräddning.

Förutom kvalitet på data är det viktigt att implementering av AI-modeller i räddningsorganisationernas arbete även innehåller utbildning i principerna för hur dessa fungerar, vilket understryks av exempelvis Manzini et al. (2023), eftersom det finns risk för att AI ses som en svart låda (Landsberg et al., 2020). Modellerna behöver även valideras tillsammans med kunniga i det specifika området (Mukhopadhyay et al., 2022). Det är också i linje med andra rekommendationer från litteraturen som lyfter vikten av att förankra utvecklingen av tekniska hjälpmedel i verksamheterna, och som tar upp risken av att ha en teknikdriven forskning inom räddning, snarare än en behovsdriven forskning (Bjurling et al., 2020). Att känna till hur tekniken fungerar skulle eventuellt kunna minska riskerna för unfairness som beror av modeller, eftersom användaren har möjlighet att på ett konstruktivt sätt utvärdera svaren från en AI-modell.

Framtida forskning och projekt i Sverige inom området artificiell intelligens för räddning bör inrikta sig mot:

- Projekt som ska ta fram data av god kvalitet för att träna AI-modeller inom olika räddningstillämpningar och i Sveriges varierande miljöer
- Att validera data och modeller tillsammans med praktiker
- Att utbilda personal i principerna för maskininlärning för att öka användbarheten och minska risken för unfairness

5.2. Metodutveckling och utvärdering

I större delen av den litteratur som studerats i detta projekt testas teknik i simuleringar eller småskaliga användar- eller fälttester, även om det finns exempel på större live-övningar i litteraturen (Antevski et al., 2021; Caballero et al., 2021) eller nyligen i Sverige med PreVis2 och COLLARIS Network, samt arbete vid en skarp händelse, som användande av drönare vid översvämning (Surmann et al., 2022). Bristen på storskaliga och skarpa tester är en observation som också gjordes av Mohd Daud et al. (2022) när det kom till tillämpningen av drönare inom räddning. I Sverige har vi dock exempel på tillämpningar i form av hjärtstartarleveranser i Västra Götalandsregionen och kommande driftsättning av att strömma lägesbilder till larmcentralen med samma drönare.

Att teknik fungerar i en simuleringstudie med de förenklingar som alltid görs i samband med modellering av komplexa problem, eller i en live-övning med vissa uppsatta premisser, är alla viktiga delar innan något tillämpas i praktiken. Proof-of-concept eller större fälttester behöver dock också göras för att stödja implementering. En annan aspekt som är viktig är att även integrera användningen av den nya teknologin med befintliga arbetsmetoder och utveckla nya rutiner utifrån det. Detta behöver göras tillsammans med användare så att användning av teknik ses som en tillgång och inte som en börda, för att undvika att de tilltänkta användarna inte vill

använda tekniken eller att användningen blir en arbetsbelastning som inte motsvarar fördelarna med användningen (Khan och Neustaedter, 2019; Weilandt et al., 2021). Ett första steg skulle kunna vara en övning likt den Schmitz et al. (2019) utförde, för att se hur information från ny teknologi används i de rutiner som satts upp för en insats.

Flera av de svenska projekt som finns på området med metodutveckling är främst med semi-autonoma drönare. Liknande projekt behöver göras med AI-modeller, och om intresse finns att använda sig av XR behöver även metodutveckling för detta utföras. I fallet med XR behöver hänsyn även tas till potentiell ökad kognitiv belastning hos räddningspersonal (Gutiérrez et al., 2023), och när det gäller AI är det området Human-AI Teaming som behöver studeras, hur användningen av AI påverkar dynamiken i en mänsklig grupp.

Ett exempel som inte tagits upp tidigare i den här översikten, men som också finns i Sverige, är SMS-livräddare, där skarp verksamhet och forskning pågår parallellt.

För att främja testning och utveckling av teknologi kan administrativt stöd från myndigheter som MSB till de lokala räddningstjänsterna ges i syfte att uppmuntra deltagande i större internationella forskningsprojekt för att vara med och utforma den framtida tekniken så att de svenska perspektiven finns med där, utöver att driva egna, inhemska, projekt.

Vilka och hur många resurser som krävs för att göra effektiva räddningsinsatser är något som kan utvärderas med kvantitativa metoder såsom optimeringsmodeller (exempelvis (Matinrad och Andersson Granberg, 2023). Detta kräver att rollfördelningar och ansvarsområden för olika typer av resurser har definierats, vilket bör göras i nära samarbete med räddningspersonal, i ett led att förankra användningen hos de som slutligen är användarna.

Det saknas studier på hur nya teknologier och metoder ska utvärderas, och det finns stora svårigheter i vissa tillämpningar. Vid hjärtstopp eller drunkningsolyckor kan tiden innan livräddande insatser sätts in vara ett lämpligt mått, vid träning med XR går det att testa hur olika grupper tar till sig träningsmoment med eller utan XR, men för användandet av UAS för att överblicka en olycksplats är det inte lika självklart vilka mått som ska användas. Hur mycket mer effektivt hanterat blir en brand om en drönare används, jämfört med om den inte används? Ett exempel med lägesbilder som tas upp inom projektet PreVis2 är att kunna mäta effektivitet som att informationen från drönarens video når utryckande enhet innan de når fram till olycksplatsen.

Inom ramen för offentliga resurser är det viktigt att veta vad nyttan är, jämfört med kostnaden. För exempelvis användandet av brandrobotar, som kan vara dyra i inköp, kan säkerheten för personal vara en nytta som är svår att kvantifiera i mätetal, men som tillsammans med användningsnyttan skulle kunna motivera inköp trots stora kostnader.

Den här typen av frågeställningar är områden som är viktiga för att kunna utvärdera en eventuell implementering av ny teknik i en svensk kontext.

Inom området metodutveckling bör vidare arbete fokusera på att:

- Undersöka vilka behov räddningstjänsten har, som skulle kunna uppfyllas av modern teknik, men utan att glömma enklare lösningar
- Ta fram metoder och modeller för hur nytta och effektivitet med ny teknik inom räddning ska utvärderas
- Utveckla modeller och metoder för effektiv gemensam resursanvändning av såväl nya som befintliga resurser
- Driva projekt för att integrera ny teknik, mer än enbart UAS, med nuvarande arbetsmetoder, inklusive tydliga rollfördelningar mellan människa och teknik
- Möjliggöra administrativt stöd, till exempel från MSB, till svenska räddningstjänster som vill delta i större utvecklingsprojekt

5.3. UAS, robotar och andra teknologier

Användning av UAS inom räddning är ett stort område, och tillämpningar har funnits länge (Center for Robot-Assisted Search and Rescue, 2018). I litteraturgenomgången framkommer det att studier på drönaranvändning i många fall handlar om större katastrofer. Många studier är också simuleringar och mindre fälttester, särskilt när det kommer till navigerings- och kartläggningsalgoritmer. Mohd Daud et al. (2022) tog upp problemet med stor andel experimentell forskning, då det finns risker att överskatta fördelarna med att använda drönare vid räddningsinsatser jämfört med när de ska användas i praktiken.

I Sverige används drönare till vardags i många räddningstjänster för att ge överblick, och styrs manuellt av en pilot som också är den som oftast tolkar bilderna. Initiativ till mer avancerad användning med semi-autonoma drönare finns inom såväl sjukvård (hjärtstopp), räddningstjänst (tidiga lägesbilder, sjöräddning, drunkning) som polis (drone-in-a-box). Alla dessa projekt är i stadiet att göra praktiska tester, där Nationellt utvecklingscentrum och Sjöräddningssällskapet även arbetar med att integrera systemen i befintliga rutiner för insatserna, och Sjöfartsverket samt drunkningsprojekten vill implementera AI för bildanalys. Polisen ligger i framkant av dessa organisationer med användning och implementering för att passa deras arbetssätt, och har redan delat erfarenheter från dessa i till exempel MSB:s vägledning (Myndigheten för samhällskydd och beredskap, 2020). Vidare samarbete är önskvärt, för såväl utbyte av erfarenheter som ökad samverkan.

En vanlig tillämpning av UAS som lyfts i litteraturen är upprättandet av lokala kommunikationsnätverk eller förstärkning av täckning med hjälp av reläer eller repeaters, vilket är något som borde undersökas mer om hur det skulle kunna ske i praktisk tillämpning i Sverige vid till exempel sjöräddning till havs, fjällräddning samt vid skogsbränder. Nätverken kan också upprättas för att göra inomhuspositionering vid industribränder, skicka sensordata eller ta emot information som kan visualiseras med hjälp av XR.

I en framtid där UAV:er är vanligt förekommande i samhället, till exempel när U-space är fullt implementerat, skulle det gå att tänka sig att gemensam användning av UAV:er är möjlig. Till exempel skulle transportdrönare som är utrustade med kamera kunna omdirigeras till en olycka för att sända bilder till räddningstjänsten. Merei et al. (2023) föreslår att använda kollektivtrafiken som möjliga depåer för drönare i ruttplaneringsproblem, istället för att behöva

ta sig till en eventuell lastbil eller sin egen station, och detta skulle vara en intressant lösning även i Sverige.

I rapporten om brandrobotar konstateras att användningserfarenheterna på detta område i Europa var mindre än man först trott. Utvecklingen av robotar anses gå fort framåt (Liljeroth et al., 2022), men i litteraturen är markburna robotar mindre förekommande än UAS. I en svensk kontext finns det många möjliga tillämpningar av brandrobotar, men det kräver metodutveckling och integrering i verksamheterna. En annan aspekt är den rent ekonomiska, där en brandrobot är betydligt dyrare i inköp än en UAV, och det krävs därmed att kostnaden kan motiveras.

Exoskelett är en teknologi som lyftes fram i intervjuer som en möjlig teknologi för räddning, men forskning på tillämpningen inom räddningsområdet verkar saknas; dock har det inte utretts vidare inom ramen för denna rapport. De flesta kommersiellt tillgängliga exoskelett finns inom det militära eller sjukvård (Exoskeleton Report, 2021), och i Human Factors and Ergonomics Society's konferens ErgoX är det också inom dessa områden som huvudfokus har lagts (Human Factors and Ergonomics Society). Möjligtvis skulle det gå att använda exoskelett som utvecklats för militären inom räddningstjänsten, vilket öppnar ett nytt område att studera.

Inom området för UAS, robotar och annan teknologi bör vidare forskning göras kring:

- Upprättande av lokala kommunikationsnätverk i olika svenska miljöer med hjälp av UAS
- Utforska hur delat användande av UAS, till exempel från andra branscher, skulle kunna bidra i räddningsinsatser
- Klargöra behovsbilden av kombinationer av UXV, XR och sensorer
- Analysera potentialen av användandet av exoskelett inom räddningstjänst

5.4. Cybersäkerhet

I litteraturgenomgången fanns det enbart en artikel som hanterade cybersäkerhet vid en räddningsinsats (Siemon et al., 2020). I Sverige används Rakel för kommunikationer inom räddningsorganisationer, och utveckling av ett nya generationens Rakel har tagits upp tidigare i denna rapport.

Vikten av säkerhet för datasystem och kommunikationer är stor när nya metoder som AI integreras i verksamheterna, där intrång i såväl databaser, modeller eller i kommunikationer med autonoma enheter skulle kunna orsaka stor skada. Detta är också viktigt om man vill implementera teknik som augmented reality för informationsdelning under pågående insats, där det också krävs att kommunikationen mellan olika typer av enheter är säkra. I MSB:s vägledning om cybersäkerhet i fordon (MSB, 2023) nämns att teknikutvecklingen går fortare än arbetet med cybersäkerhet, och detta understryks av resultaten i den här kunskapsöversikten.

Arbetet med cybersäkerhet inom räddningstjänsten är därmed något som behöver prioriteras, eftersom det påverkar all digital teknologi som skulle kunna användas. Detta behöver göras i samarbete med andra blåljusorganisationer så att informationsdelning kan ske mellan organisationer vid behov för att underlätta samverkan.

Inom området cybersäkerhet bör det:

- Genomföras projekt som kan tillhandahålla säkra lösningar för kommunikationer och datasäkerhet inom räddning
- Samverkas med andra organisationer för att möjliggöra informationsdelning

5.5. Andra perspektiv på teknologi

Att ny teknik skulle kunna skapa mer jämlika förutsättningar för kvinnor att arbeta inom räddningstjänst är något som inte berörs alls i litteraturen som finns i den här rapporten. Det har inte varit ämne för den litteratursökning som utförts, men utifrån den genomgångna litteraturen verkar det inte som att just kvinnors förutsättningar inom räddning inte är det som främst driver teknikutvecklingen, men inga generella slutsatser kan dras av detta. Däremot lyfts jämställdhetsperspektiv upp i ett projekt som Södertörns brandförsvarsförbund arbetat med, samt i exemplet med att motverka gruppbildning på Landskrona räddningstjänst. Inget av dessa exempel innehåller avancerad teknik: att ha med en extra pall, eller förändringar av verktygsplacering på en brandbil, är enkla metoder för att skapa bättre förutsättningar för kvinnor i arbetet inom räddningstjänst, liksom ombyggnation av gemensamma utrymmen för att motverka gamla kulturer och normer. Detta understryker behovet av att utvecklingsprojekt inom räddning ska utgå ifrån verksamheten, för att inte missa eventuellt enklare lösningar genom att försöka implementera avancerad teknologi. Kostnaden för avancerad teknologi kan också medföra en ojämlik tillgång, då räddningstjänster med små ekonomiska resurser har svårt att finansiera detta.

I kapitel 5.1 berördes vikten av att känna till riskerna med unfairness och bias när AI implementeras, och detta är även viktigt ur ett jämställdhets- och mångfaldsperspektiv eftersom AI behöver träna på data som representerar den verklighet den ska användas i. AI som är tänkt att användas inom räddning behöver kunna identifiera alla typer av personer som finns i det svenska samhället för att räddningsinsatser där AI används ska kunna anses utföras på ett jämlikt sätt. Ett exempel är självkörande bilar som kan ha svårt att identifiera rullstolsbundna som fotgängare.

6. Slutsatser

Den här rapporten beskriver ett antal tillämpningar av modern teknik inom räddning, samt möjligheter med tekniken och framtida frågeställningar som bör utforskas. Dessa har identifierats via litteratursökning och intervjuer, bland annat med deltagare i pågående forsknings- och utvecklingsprojekt inom området. I Sverige pågår projekt framförallt inom semi-autonoma drönare och AI-modeller för bildigenkänning.

Flera potentiella luckor och frågeställningar identifierades. Dessa kategoriseras och beskrivs i rapporten i områdena Artificiell intelligens, Metodutveckling och utvärdering, Unmanned Aircraft Systems, robotar och andra teknologier, samt Cybersäkerhet. Andra perspektiv som lyfts fram är att förändring och utveckling av arbetsmetoder och normer behöver utgå ifrån verksamhetens behov, och att det ibland finns enklare lösningar än att vända sig till avancerad teknologi.

Resultaten och diskussionen i den här rapporten är beroende av den initiala sökningen, samt metoden för urval av artiklar för litteraturgenomgången. Det har inte varit ambitionen att vara heltäckande, utan att få en överblick över nuläget inom teknikutvecklingen för räddningstillämpningar. Exempelvis gjorde Bakhtiari et al. (2023) en litteraturstudie på enbart användning av XR inom översvämningshantering, vilket tydliggör att flera områden som berörs i litteraturgenomgången och efterföljande diskussion går att fördjupa sig enskilt i.

Flera EU-projekt har undersökt, eller håller för närvarande på med att undersöka, tillämpningar av ny teknologi inom räddningsområdet. Dessutom finns det företag som utvecklar teknologi och utrustning, som inte fått utrymme i den här rapporten. Ett antal av dessa återfinns listade i bilaga 1.

Referenser

Agrawal, A., Cleland-Huang, J., & Steghofer, J. P. (2020). Model-Driven Requirements for Humans-on-The-Loop Multi-UAV Missions. *Proceedings - 10th International Model-Driven Requirements Engineering Workshop, MoDRE 2020*, 1-10. https://doi.org/10.1109/MoDRE51215.2020.00007

AI HLEG. (2019). *A definition of AI: Main Capabilities and scientific disciplines*. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/definition-artificial-intelligence-main-capabilities-and-scientific-disciplines

AirMOUR. (2024). *Towards increased Urban Air Mobility competence*. Retrieved 2024-06-01 from https://airmour.eu/project-description/

Alber, F., Hackett, S., & Cai, Y. (2020). Haptic Helmet for Emergency Responses in Virtual and Live Environments. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics),

Alnoman, A. (2022). UAV-to-UAV Communication Scheme for Enabling Emergency Services During Network Failure. 2022 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications, ICECTA 2022,

Anastasiou, A., Kolios, P., Panayiotou, C., & Papadaki, K. (2020). Swarm Path Planning for the Deployment of Drones in Emergency Response Missions. 2020 International Conference on Unmanned Aircraft Systems, ICUAS 2020,

Andersson Granberg, T. (2022). Optimized Dispatch of Fire and Rescue Resources. In J. de Armas, H. Ramalhinho, & S. Voß, *Computational Logistics* Cham.

Andersson Granberg, T., Erlander, S., Fredman, D., Olovsson, L., & Persson, E. (2022). *Predicting Volunteer Travel Time to Emergencies*.

Andersson Granberg, T., Jonson, C. O., Prytz, E., Steins, K., & Waldemarsson, M. (2020). Sensor requirements for logistics analysis of emergency incident sites. *Proceedings of the International ISCRAM Conference*, *2020-May*(May 2020), 952-960.

Andrade, S. R., & Hulse, D. E. (2023). Evaluation and Improvement of System-of-Systems Resilience in a Simulation of Wildfire Emergency Response. *IEEE Systems Journal*, *17*(2), 1877-1888. https://doi.org/10.1109/JSYST.2022.3169125

Antevski, K., Girletti, L., Bernardos, C. J., De La Oliva, A., Baranda, J., & Mangues-Bafalluy, J. (2021). A 5G-Based eHealth Monitoring and Emergency Response System: Experience and Lessons Learned [Article]. *IEEE Access*, *9*, 131420-131429. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3114593

Arregui, H., Irigoyen, E., Cejudo, I., Simonsen, S., Ribar, D., Kourtis, M. A., Spyridis, Y., Stathakarou, N., & Batistatos, M. C. (2022). An Augmented Reality Framework for

First Responders: the RESPOND-A project approach. 2022 Panhellenic Conference on Electronics and Telecommunications, PACET 2022,

Avi, A., & Quaranta, G. (2023). Could a remotely operated UAV fleet improve emergency response? Materials Research Proceedings,

Bakhtiari, V., Piadeh, F., Behzadian, K., & Kapelan, Z. (2023). A critical review for the application of cutting-edge digital visualisation technologies for effective urban flood risk management. *Sustainable Cities and Society*, *99*(July), 104958-104958. https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104958

Bellalouna, F., Luimula, M., Markopoulos, P., Markopoulos, E., & Zipperling, F. (2020). FiAAR: An augmented reality firetruck equipment assembly and configuration assistant technology. *11th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications, CogInfoCom 2020 - Proceedings*, 237-244. https://doi.org/10.1109/CogInfoCom50765.2020.9237847

Bjurling, O., Granlund, R., Alfredson, J., Arvola, M., & Ziemke, T. (2020). Drone Swarms in Forest Firefighting: A Local Development Case Study of Multi-Level Human-Swarm Interaction. *ACM International Conference Proceeding Series*. https://doi.org/10.1145/3419249.3421239

Border, R., & Gammell, J. D. (2022). Autonomous Aerial Mapping and its Applications for Emergency Response. Proceedings - 1st Workshop on Cyber Physical Systems for Emergency Response, CPS-ER 2022,

Braun, P., Grafelmann, M., Gill, F., Stolz, H., Hinckeldeyn, J., & Lange, A. K. (2022). Virtual Reality for Immersive Multi-User Firefighter Training Scenarios. *Virtual Reality and Intelligent Hardware*, *4*(5), 406-417. https://doi.org/10.1016/j.vrih.2022.08.006

Broneder, E., Weiß, C., Schrom-Feiertag, H., Puthenkalam, J., Miu, V., Aumayr, G., Kirilova, S., & Weismeier-Sammer, D. (2023). MRespond – An Innovative and Flexible MR Training System for First Responders. Communications in Computer and Information Science,

Bugli, D., Dick, L., Wingate, K. C., Driscoll, S., Beck, D., Walsh, B., & Greiner, A. L. (2023). Training the public health emergency response workforce: A mixed-methods approach to evaluating the virtual reality modality [Article]. *BMJ Open*, *13*(5), Article e063527. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-063527

Byrsell, F., Claesson, A., Ringh, M., Svensson, L., Jonsson, M., Nordberg, P., Forsberg, S., Hollenberg, J., & Nord, A. (2021). Machine learning can support dispatchers to better and faster recognize out-of-hospital cardiac arrest during emergency calls: A retrospective study. *Resuscitation*, *162*(February), 218-226. https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.02.041

Caballero, E., Madridano, A., Sainidis, D., Daras, P., Konstantoudakis, K., & Flores, P. (2021). An automated UAV-assisted 2D mapping system for first responders. Proceedings of the International ISCRAM Conference,

Calandra, D., De Lorenzis, F., Cannavò, A., & Lamberti, F. (2023). Immersive virtual reality and passive haptic interfaces to improve procedural learning in a formal training course for first responders [Article]. *Virtual Reality*, *27*(2), 985-1012. https://doi.org/10.1007/s10055-022-00704-9

Campos, A., Correia, N., Romão, T., Nunes, I., & Simões-Marques, M. (2019). Mobile augmented reality techniques for emergency response. ACM International Conference Proceeding Series,

Caserman, P., Müller, P. N., Göbel, T., Tonecker, P., Yildirim, S., Kecke, A., Purdack, D., & Göbel, S. (2023). Virtual Reality Simulator for Police Training with AI-Supported Cover Detection. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics),

Center for Robot-Assisted Search and Rescue. (2018). *About us*. Retrieved 2024-04-30 from https://crasar.org/about-us/

Christaki, K., Tsiakmakis, D., Babic, I., Inglese, G., Konstantoudakis, K., Giunta, G., Dimou, A., Balet, O., & Daras, P. (2022). Augmented reality points of interest for improved first responder situational awareness. Proceedings of the International ISCRAM Conference,

Claesson, A., Schierbeck, S., Hollenberg, J., Forsberg, S., Nordberg, P., Ringh, M., Olausson, M., Jansson, A., & Nord, A. (2020). The use of drones and a machine-learning model for recognition of simulated drowning victims—A feasibility study. *Resuscitation*, *156*(June), 196-201. https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.09.022

Cleland-Huang, J., Agrawal, A., Islam, M. N. A., Tsai, E., Van Speybroeck, M., & Vierhauser, M. (2020). Requirements-driven configuration of emergency response missions with small aerial vehicles. ACM International Conference Proceeding Series,

COLLARIS Network. (2024, 2024-06-10). *Facing the challenges of UAS use: COLLARIS trial on improving cooperation*. Retrieved 2024-06-24 from https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/news/facing-challenges-uas-use-collaris-trial-improving-cooperation

Coutinho, R. W. L., & Boukerche, A. (2022). UAV-Mounted Cloudlet Systems for Emergency Response in Industrial Areas [Article]. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *18*(11), 8007-8016. https://doi.org/10.1109/TII.2022.3174113

Damaševičius, R., Bacanin, N., & Misra, S. (2023). From Sensors to Safety: Internet of Emergency Services (IoES) for Emergency Response and Disaster Management [Review]. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, *12*(3), Article 41. https://doi.org/10.3390/jsan12030041

De Silvestri, S., Capasso, P. J., Gargiulo, A., Molinari, S., & Sanna, A. (2023). Challenges for the Routine Application of Drones in Healthcare: A Scoping Review. *Drones*, *7*(12), 1-17. https://doi.org/10.3390/drones7120685

Desarda, K., Oza, Y., & Bagul, P. (2022). RBFF: Rocker Bogie Fire-Fighter. 2022 International Conference on Signal and Information Processing, IConSIP 2022,

Do, V., Huyen, A., Joubert, F. J., Gabriel, M., Yun, K., Lu, T., & Chow, E. (2022). Virtual assistant for first responders using natural language understanding and optical character recognition. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering,

Duan, Y. y., Zhang, J. y., Xie, M., Feng, X. b., Xu, S., & Ye, Z. w. (2019). Application of Virtual Reality Technology in Disaster Medicine. *Current Medical Science*, *39*(5), 690-693. https://doi.org/10.1007/s11596-019-2093-4

Dureppagari, H. K., Emenonye, D. R., Dhillon, H. S., & Buehrer, R. M. (2023). UAV-Aided Indoor Localization of Emergency Response Personnel. 2023 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium, PLANS 2023,

Dyer, L. (2023). GPS and AI Collaborate on Lifesaving Emergency Service Solutions [Article]. *GPS World*, *34*(7), 12. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85167962168&partnerID=40&md5=16d92336a1d5a2a41535815dbe6c4bce

Edlinger, R., Anschober, M., Froschauer, R., & Nuchter, A. (2022). Intuitive HRI Approach with Reliable and Resilient Wireless Communication for Rescue Robots and First Responders. RO-MAN 2022 - 31st IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication: Social, Asocial, and Antisocial Robots,

Elsenbast, C., Dahlmann, P., & Schnier, D. (2024). Virtual team training with Mixed Reality and Virtual Reality – benefits and limitations illustrated on the example of two paramedic classes. *Multimedia Tools and Applications*(0123456789). https://doi.org/10.1007/s11042-023-17878-2

European Union Aviation Safety Agency. (2024). *Specific Operations Risk Assessment (SORA)*. Retrieved 2024-05-06 from https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-

drones-rpas/specific-category-civil-drones/specific-operations-risk-assessment-sora#SORA%20Risk%20Evaluation

Exoskeleton Report. (2021). *Updated Directory of Exoskeleton Companies and Industry Statistics*. Retrieved 2024-05-13 from https://exoskeletonreport.com/2021/12/updated-directory-of-exoskeleton-companies-and-industry-statistics/

Fan, H., Bennetts, V. H., Schaffernicht, E., & Lilienthal, A. J. (2019). Towards gas discrimination and mapping in emergency response scenarios using a mobile robot with an electronic nose [Article]. *Sensors (Switzerland)*, *19*(3), Article 685. https://doi.org/10.3390/s19030685

Fernandes, O., Murphy, R., Adams, J., & Merrick, D. (2018, 6-8 Aug. 2018). Quantitative Data Analysis: CRASAR Small Unmanned Aerial Systems at Hurricane Harvey. 2018 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR),

Freeman, S. (2020). Artificial intelligence for emergency management. *1141314*(April 2020), 50-50. https://doi.org/10.1117/12.2561636

Frehywot, S., & Vovides, Y. (2023). An equitable and sustainable community of practice framework to address the use of artificial intelligence for global health workforce training. *Human Resources for Health*, *21*(1), 1-7. https://doi.org/10.1186/s12960-023-00833-5

Friedrich, M., Lieb, T. J., Temme, A., Almeida, E. N., Coelho, A., & Fontes, H. (2022). ResponDrone - A Situation Awareness Platform for First Responders. AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference - Proceedings,

Frigstad, L., Furu, V., Svenkerud, S. K., Claesson, A., Andersson, H., & Andersson Granberg, T. (2023). Joint planning of drones and volunteers in emergency response to out-of-hospital cardiac arrest [Article]. *Computers and Industrial Engineering*, *185*, Article 109648. https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109648

Fruhling, A., Yoder, A., & Jonnalagadda, S. (2023). An IoT Dashboard Monitoring First Responders' Health and Environmental Data during HAZMAT Emergencies. ACM International Conference Proceeding Series,

Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2016/679 av den 27 april 2016 om skydd för fysiska personer med avseende på behandling av personuppgifter och om det fria flödet av sådana uppgifter och om upphävande av direktiv 95/46/EG (allmän dataskyddsförordning), (2016/679). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=celex%3A32016R0679

Gialampoukidis, I., Andreadis, S., Vrochidis, S., & Kompatsiaris, I. (2021). MULTIMODAL DATA FUSION OF SOCIAL MEDIA AND SATELLITE IMAGES FOR EMERGENCY RESPONSE AND DECISION-MAKING. International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS),

Gillham, B. (2008). *Forskningsintervjun : tekniker och genomförande / Bill Gillham ; översättning: Emily Jamison Gromark* (1. uppl. ed.). Studentlitteratur. https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=f4fcb6af-d3b1-3b56-b449-18f2cb341702

Gutiérrez, Á., Blanco, P., Ruiz, V., Chatzigeorgiou, C., Oregui, X., Álvarez, M., Navarro, S., Feidakis, M., Azpiroz, I., Izquierdo, G., Larraga-García, B., Kasnesis, P., Olaizola, I. G., & Álvarez, F. (2023). Biosignals Monitoring of First Responders for Cognitive Load Estimation in Real-Time Operation [Article]. *Applied Sciences (Switzerland)*, *13*(13), Article 7368. https://doi.org/10.3390/app13137368

Harrington, B. D., & Voorhees, C. (2004). The challenges of designing the rocker-bogie suspension for the mars exploration rover. 37th Aerospace Mechanisms Symposium,

Heard, J., Paris, R. A., Scully, D., McNaughton, C., Ehrenfeld, J. M., Coco, J., Fabbri, D., Bodenheimer, B., & Adams, J. A. (2019). Automatic Clinical Procedure Detection for

Emergency Services. Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS,

Herdel, V., Yamin, L. J., & Cauchard, J. R. (2022, 2022). Above and Beyond: A Scoping Review of Domains and Applications for Human-Drone Interaction. CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, New Orleans, LA, USA.

Hildmann, H., & Kovacs, E. (2019). Review: Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) as Mobile Sensing Platforms (MSPs) for Disaster Response, Civil Security and Public Safety. *Drones*, *3*(3). https://doi.org/10.3390/drones3030059

Human Factors and Ergonomics Society. *ErgoX*. Retrieved 2024-05-13 from https://www.hfes.org/Events/ErgoX

International Forum to Advance First Responder Innovation. (2023). *Capability gaps*. Retrieved 2023-10-09 from https://www.internationalresponderforum.org/services/capability-gaps

Islam, K. A., Uddin, M. S., Kwan, C., & Li, J. (2020). Flood detection using multi-modal and multi-temporal images: A comparative study. *Remote Sensing*, *12*(15), 1-17. https://doi.org/10.3390/RS12152455

Jacobsen, D. I. (2024). *Hur genomför man undersökningar? : introduktion till samhällsvetenskapliga metoder / Dag Ingvar Jacobsen ; översättning: Sten Andersson & Johanna Holmberg* (Tredje upplagan ed.). Studentlitteratur. https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=1f8e31cd-c3be-33c0-985c-761af99caef8

Janik, P., Zawistowski, M., Fellner, R., & Zawistowski, G. (2021). Unmanned aircraft systems risk assessment based on sora for first responders and disaster management [Article]. *Applied Sciences (Switzerland)*, *11*(12), Article 5364. https://doi.org/10.3390/app11125364

Jin, W., Yang, J., Fang, Y., & Feng, W. (2020). Research on Application and Deployment of UAV in Emergency Response. ICEIEC 2020 - Proceedings of 2020 IEEE 10th International Conference on Electronics Information and Emergency Communication,

Johansson, R. r., Kamrani, F., McWilliams, A., & Söderberg, J. (2022). *Luftfartygssystem och artificiell intelligens – Inverkan på svensk operativ förmåga i räddningstjänst* (MSB1774). M. f. s. o. beredskap. https://rib.msb.se/filer/pdf/29642.pdf

Kaiser, S., Linkiewicz, M., Meißner, H., & Baumbach, D. (2023). 3D Visual Reconstruction as Prior Information for First Responder Localization and Visualization [Article]. *Sensors*, *23*(18), Article 7785. https://doi.org/10.3390/s23187785

Kamerabevakningslag, (SFS 2018:1200). https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/kamerabevakningslag-20181200_sfs-2018-1200/

Kapalo, K. A., Pfeil, K., Bonnell, J., & Laviola, J. (2022, 2022). Comparing Firefighters' Perceived Workload Using 2D vs. 3D Building Plans to Support Emergency Response Preplanning in a Simulated Fire Scenario. 2022 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct), Singapore, Singapore.

Khan, A. A., Zhang, T., Huang, X., & Usmani, A. (2023). Machine learning driven smart fire safety design of false ceiling and emergency response [Article]. *Process Safety and Environmental Protection*, *177*, 1294-1306. https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.07.068

Khan, M. N. H., & Neustaedter, C. (2019). *An Exploratory Study of the Use of Drones for Assisting Firefighters During Emergency Situations* Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems,

Kirkman, D., Mooberry, J., Reeser, R., Yang, M., Gould, K., Koelling, J., Davies, M., Ellis, K., Prinzel, L., Krois, P., Mah, R., & Infeld, S. I. (2021). Informing New Concepts for UAS

and Autonomous System Safety Management using Disaster Management and First Responder Scenarios. AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference - Proceedings,

Kman, N. E., Price, A., Berezina-Blackburn, V., Patterson, J., Maicher, K., Way, D. P., McGrath, J., Panchal, A. R., Luu, K., Oliszewski, A., Swearingen, S., & Danforth, D. (2023). First Responder Virtual Reality Simulator to train and assess emergency personnel for mass casualty response [Article]. *JACEP Open*, *4*(1), Article e12903. https://doi.org/10.1002/emp2.12903

Kolawole, O. Y., & Hunukumbure, M. (2022). UAV based 5G indoor localization for emergency services. DroneCom 2022 - Proceedings of the 5th International ACM Mobicom Workshop on Drone Assisted Wireless Communications for 5G and Beyond,

Koutitas, G., Smith, S., & Lawrence, G. (2021). Performance evaluation of AR/VR training technologies for EMS first responders [Article]. *Virtual Reality*, *25*(1), 83-94. https://doi.org/10.1007/s10055-020-00436-8

Krag Jacobsen, J. (1993). *Intervju : konsten att lyssna och fråga / Jan Krag Jacobsen ; översättning: Björn Nilsson*. Studentlitteratur. https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=a84a1bd6-597a-3d04-a82d-17c735a54c36

Kyrkou, C., & Theocharides, T. (2019). Deep-learning-based aerial image classification for emergency response applications using unmanned aerial vehicles. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops,

Lag (2016:319) om skydd för geografisk information, (SFS 2016:319). https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2016319-om-skydd-for-geografisk-information_sfs-2016-319/

Lag om skydd mot olyckor, (SFS 2003:778).

Landsberg, L., Ganske, D., Munschauer, C., & Mudimu, O. A. (2020). Using existing data to support operational emergency response in Germany - Current use cases, opportunities and challenges. Proceedings of the International ISCRAM Conference,

Larsson, P. (2024, Juni 2024). Räddningstjänst skaffar robot. *Tjugofyra7*. https://www.tjugofyra7.se/globalassets/dokument/pdf/tjugofyra7/tjugofyra7-nr-62-2024.pdf

Lee, I., Babu, V., Caesar, M., & Nicol, D. (2020). Deep reinforcement learning for UAV-assisted emergency response. ACM International Conference Proceeding Series,

Lessi, C. C., Chochliouros, I. P., Trakadas, P., & Karkazis, P. (2021). Advanced First Responders' Services by Using FASTER Project Architectural Solution. IFIP Advances in Information and Communication Technology,

Li, S., Feng, C., Niu, Y., Shi, L., Wu, Z., & Song, H. (2019). A fire reconnaissance robot based on SLAM position, thermal imaging technologies, and AR display. *Sensors (Switzerland)*, *19*(22). https://doi.org/10.3390/s19225036

Liljeroth, L., Olsson, J., Ehn, M., Laanemets, F., & Haggö, S. (2022). *Brandrobotar för kommunal räddningstjänst* (0047/22). N. utvecklingscentrum.

Lin, Y. T., Yang, M. D., Han, J. Y., Su, Y. F., & Jang, J. H. (2020). Quantifying flood water levels using image-based volunteered geographic information [Article]. *Remote Sensing*, *12*(4), Article 706. https://doi.org/10.3390/rs12040706

Long, Y., Xu, G., Zhao, J., Xie, B., & Fang, M. (2023). Dynamic Truck–UAV Collaboration and Integrated Route Planning for Resilient Urban Emergency Response [Article]. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1-13. https://doi.org/10.1109/TEM.2023.3299693

Long, Y., Zhang, H., Wang, X., & Xu, G. (2023). UAV-Assisted Emergency Response: An Interdisciplinary Perspective. Advances in Transdisciplinary Engineering,

MacIejewski, P., Gawlik-Kobylińska, M., Lebiedź, J., Ostant, W., & Aydin, D. (2020). To Survive in a CBRN Hostile Environment: Application of CAVE Automatic Virtual Environments in First Responder Training. ACM International Conference Proceeding Series,

Majumdar, S., Kirkley, S., & Srivastava, M. (2022). Voice Command AI Assistant for Public Safety. 2022 International Conference on Innovation and Intelligence for Informatics, Computing, and Technologies, 3ICT 2022,

Mallouhy, R. E., Guyeux, C., Jaoude, C. A., & Makhoul, A. (2022, 2022). Machine Learning for Predicting Firefighters' Interventions Per Type of Mission. 8th International Conference on Control, Decision and Information Technologies CoDIT'22, Istanbul, Turkey.

Mandirola, M., Casarotti, C., Peloso, S., Lanese, I., Brunesi, E., Senaldi, I., Risi, F., Monti, A., & Facchetti, C. (2021). Guidelines for the use of Unmanned Aerial Systems for fast photogrammetry-oriented mapping in emergency response scenarios [Article]. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *58*, Article 102207. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102207

Mannuru, N. R., Kanumuru, M., & Sharma, S. (2022). Mobile AR Application for Navigation and Emergency Response. Proceedings - 2022 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence, CSCI 2022,

Manzini, T., Murphy, R. R., Heim, E., Robinson, C., Zarrella, G., & Gupta, R. (2023). Harnessing AI and robotics in humanitarian assistance and disaster response. *SCIENCE ROBOTICS*, *8*(80). https://doi.org/10.1126/scirobotics.adj2767

Matinrad, N., & Andersson Granberg, T. (2023). Optimal pre-dispatch task assignment of volunteers in daily emergency response. *Socio-Economic Planning Sciences*, *87*, 101589. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seps.2023.101589

McGrath, H., & Jabari, S. (2021). Current Limitations and Emerging Trends in Real-Time Mapping of Natural Disaters and the Emergence of Disaster Dashboards for Communicating Risk.

McNeese, N. J., Schelble, B. G., Canonico, L. B., & Demir, M. (2021). Who/What Is My Teammate? Team Composition Considerations in Human-AI Teaming. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, *51*(4), 288-299. https://doi.org/10.1109/THMS.2021.3086018

McRae, J. N., Nielsen, B. M., Gay, C. J., Hunt, A. P., & Nigh, A. D. (2021). Utilizing Drones to Restore and Maintain Radio Communication During Search and Rescue Operations. *Wilderness & Environmental Medicine*, *32*(1), 41-46. https://doi.org/10.1016/j.wem.2020.11.002

Mehrabi, N., Morstatter, F., Saxena, N., Lerman, K., & Galstyan, A. (2021). A Survey on Bias and Fairness in Machine Learning. *ACM Comput. Surv.*, *54*(6), Article 115. https://doi.org/10.1145/3457607

Merei, A., McHeick, H., & Ghaddar, A. (2023). Survey on Path Planning for UAVs in Healthcare Missions. *Journal of Medical Systems*, *47*(1). https://doi.org/10.1007/s10916-023-01972-x

Mohd Daud, S. M. S., Mohd Yusof, M. Y. P., Heo, C. C., Khoo, L. S., Chainchel Singh, M. K., Mahmood, M. S., & Nawawi, H. (2022). Applications of drone in disaster management: A scoping review. *Science and Justice*, *62*(1), 30-42. https://doi.org/10.1016/j.scijus.2021.11.002

Morrison, K., Dawkins, S., Choong, Y. Y., & Prettyman, S. S. (2021). Communication technology problems and needs of rural first responders. Proceedings of the International ISCRAM Conference,

MSB, F. (2023). *Cybersäkerhet i tunga räddningsfordon* (MSB2122). https://rib.msb.se/filer/pdf/30228.pdf

Mukhopadhyay, A., Pettet, G., Vazirizade, S. M., Lu, D., Jaimes, A., Said, S. E., Baroud, H., Vorobeychik, Y., Kochenderfer, M., & Dubey, A. (2022). A Review of Incident Prediction, Resource Allocation, and Dispatch Models for Emergency Management. *Accident Analysis and Prevention*, *165*(June 2021). https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106501

Mukhopadhyay, S., Maurer, R., & Guss, P. (2020). Newer aerial platform for emergency response by the United States Department of Energy. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering,

Murphy, R. R., Gandudi, V. B. M., Amin, T., Clendenin, A., & Moats, J. (2022). An analysis of international use of robots for COVID-19[Formula presented]. *Robotics and Autonomous Systems*, *148*. https://doi.org/10.1016/j.robot.2021.103922

Myndigheten för samhällskydd och beredskap. (2024). *Rakel*. Retrieved 2024-06-17 from https://www.msb.se/sv/verktyg--tjanster/rakel/

Myndigheten för samhällskydd och beredskap. (2024). *Rakel G2 utredningsuppdrag och planeringsuppdrag*. Retrieved 2024-06-17 from https://www.msb.se/sv/verktyg--tjanster/rakel/regeringsuppdrag-om-nasta-generations-rakel/rakel-g2-utredningsuppdrag/

Myndigheten för samhällskydd och beredskap. (2020). *Obemannade luftfartyg i kommunal räddningstjänst (Vägledning 2.0)* (MSB1569).

Myndigheten för samhällskydd och beredskap. (2024). *Inför övergång till nästa generations kommunikationssystem* (MSB2337). https://rib.msb.se/filer/pdf/30655.pdf

Nagy, M., Bauer, P., Hiba, A., Gáti, A., Drotár, I., Lattes, B., & Kisari, Á. (2021). The Forerunner UAV Concept for the Increased Safety of First Responders. International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems, VEHITS - Proceedings,

Nasar, W., Da Silva Torres, R., Gundersen, O. E., & Karlsen, A. T. (2023). The Use of Decision Support in Search and Rescue: A Systematic Literature Review [Review]. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *12*(5), Article 182. https://doi.org/10.3390/ijgi12050182

National Academies of Sciences, E., and Medicine,. (2022). *Human-AI Teaming: State-of-the-Art and Research Needs*. T. N. A. Press. https://doi.org/10.17226/26355

Nationellt utvecklingscenter NUC. (2023). *UAS vid gasflaskskytte: UAS vid tryckkärls-problematik samt alternativa metoder för oskadliggörande*. https://www.rsgbg.se/globalassets/om-oss/nuc/uas-som-stod-vid-tryckkarlsproblematik-och-alternativa-metoder-for-oskadliggorande.pdf

Nguyen, Q., Pretolesi, D., & Gallhuber, K. (2023). Collaborative Scenario Builder: A VR Co-Design Tool for Medical First Responders. ACM International Conference Proceeding Series,

Niyazi, M., & Behnamian, J. (2023). Application of Emerging Digital Technologies in Disaster Relief Operations: A Systematic Review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, *30*(3), 1579-1599. https://doi.org/10.1007/s11831-022-09835-3

Obenauf, A. W., Souleyrette, R. R., Kluger, R. M., & Pratelli, A. (2019). Impact of self-driving and connected vehicles on emergency response: The case of the usa and implications for italy. WIT Transactions on the Built Environment,

Offentlighets- & sekretesslag, (SFS 2009:400). https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/offentlighets-och-sekretesslag-2009400_sfs-2009-400/

Ortiz, B., Kahn, L., Bosch, M., Bogden, P., Pavon-Harr, V., Savas, O., & McCulloh, I. (2020). Improving community resiliency and emergency response with artificial intelligence. Proceedings of the International ISCRAM Conference,

Oztank, F., Escobar, D. D. L. F., & Balcisoy, S. (2023). First Responders' Take on Technology: A Deep Dive into Mobile and AR Interface Preferences. ACM International Conference Proceeding Series,

Panja, A. K., Bhagat, D., Neogy, S., & Chowdhury, C. (2022). Framework for Remote Device Localization and Application Level Visualization for Emergency Service Providers. MobileHCI 2022 Adjunct - Publication of the 24th ACM International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services,

Papaioannou, S., Kolios, P., Theocharides, T., Panayiotou, C. G., & Polycarpou, M. M. (2021). Towards Automated 3D Search Planning for Emergency Response Missions [Article]. *Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications*, *103*(1), Article 2. https://doi.org/10.1007/s10846-021-01449-4

Peretti, O., Spyridis, Y., Sesis, A., Efstathopoulos, G., Lytos, A., Lagkas, T., & Sarigiannidis, P. (2022). Augmented reality training, command and control framework for first responders. 7th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference, SEEDA-CECNSM 2022,

Perez, D. R., Domingo, M. E., Llopis, I. P., & Carvajal Rodrigo, F. J. (2020). System and architecture of an adapted situation awareness tool for first responders. Proceedings of the International ISCRAM Conference,

Peschel, J. M., Duncan, B. A., & Murphy, R. R. (2022). Design and Field Evaluation of a Mission Specialist Interface for Small Unmanned Aerial Systems. *International Journal of Social Robotics*, *14*(6), 1423-1434. https://doi.org/10.1007/s12369-022-00872-3

Pettet, G., Baxter, H., Vazirizade, S. M., Purohit, H., Ma, M., Mukhopadhyay, A., & Dubey, A. (2022). Designing Decision Support Systems for Emergency Response: Challenges and Opportunities. Proceedings - 1st Workshop on Cyber Physical Systems for Emergency Response, CPS-ER 2022,

Pilemalm, S. (2019). ICT-Enabled Citizen Co-production in Excluded Areas – Using Volunteers in Emergency Response. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics),

Polislag, (SFS 1984:387). https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/polislag-1984387_sfs-1984-387/

Prabhu, M., Sai Shibu, N. B., & Rao, S. N. (2022). RescuTrack: An Edge Computing-Enabled Vitals Monitoring System for First Responders. 2022 IEEE 3rd Global Conference for Advancement in Technology, GCAT 2022,

Pratticò, F. G., De Lorenzis, F., Calandra, D., Cannavò, A., & Lamberti, F. (2021). Exploring simulation-based virtual reality as a mock-up tool to support the design of first responders training [Article]. *Applied Sciences (Switzerland)*, *11*(16), Article 7527. https://doi.org/10.3390/app11167527

Rahnemoonfar, M., Chowdhury, T., Sarkar, A., Varshney, D., Yari, M., & Murphy, R. R. (2021). FloodNet: A High Resolution Aerial Imagery Dataset for Post Flood Scene Understanding. *IEEE Access*, *9*, 89644-89654. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3090981

Rocha da Silva, T., Fernandes, L., Gonçalves, J., Chaves, P., & Bexiga, V. (2022). Relay Communication Solutions for First Responders. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST,

Rymansaib, Z., Thomas, B., Treloar, A. A., Metcalfe, B., Wilson, P., & Hunter, A. (2023). A prototype autonomous robot for underwater crime scene investigation and emergency

response [Article]. *Journal of Field Robotics*, *40*(5), 983-1002. https://doi.org/10.1002/rob.22164

Saini, K., Kalra, S., & Sood, S. K. (2022). Disaster emergency response framework for smart buildings [Article]. *Future Generation Computer Systems*, *131*, 106-120. https://doi.org/10.1016/j.future.2022.01.015

Salmoral, G., Casado, M. R., Muthusamy, M., Butler, D., Menon, P. P., & Leinster, P. (2020). Guidelines for the use of unmanned aerial systems in flood emergency response [Article]. *Water (Switzerland)*, *12*(2), Article 521. https://doi.org/10.3390/w12020521

Sandino, J., Vanegas, F., Maire, F., Caccetta, P., Sanderson, C., & Gonzalez, F. (2020). UAV framework for autonomous onboard navigation and people/object detection in cluttered indoor environments. *Remote Sensing*, *12*(20), 1-31. https://doi.org/10.3390/rs12203386

Scheurer, S., Tedesco, S., Manzano, Ò., Brown, K. N., & O'Flynn, B. (2019). Monitoring emergency first responders' activities via gradient boosting and inertial sensor data. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics),

Schierbeck, S., Nord, A., Svensson, L., Ringh, M., Nordberg, P., Hollenberg, J., Lundgren, P., Folke, F., Jonsson, M., Forsberg, S., & Claesson, A. (2023). Drone delivery of automated external defibrillators compared with ambulance arrival in real-life suspected out-of-hospital cardiac arrests: a prospective observational study in Sweden. (2589-7500 (Electronic)).

Schmitz, S., Barth, K., Brüstle, T., Gleibs, T., & Mudimu, O. A. (2019). Testing the implementation of a flying localization system into emergency response using a tabletop exercise. Proceedings of the International ISCRAM Conference,

Sciancalepore, V. (2021). First Responders Got Wings: UAVs to the Rescue of Localization Operations in Beyond 5G Systems [Article]. *IEEE Communications Magazine*, *59*(11), 28-34. https://doi.org/10.1109/MCOM.101.2100273

Sermet, Y., & Demir, I. (2019). Flood action VR: A virtual reality framework for disaster awareness and emergency response training. ACM SIGGRAPH 2019 Posters, SIGGRAPH 2019,

SFS 2003:778, *Lag om skydd mot olyckor*.

Sharma, S. (2020). Improving Emergency Response Training and Decision Making Using a Collaborative Virtual Reality Environment for Building Evacuation. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics),

Sharma, S. (2023). Mobile Augmented Reality System for Emergency Response. Proceedings - 2023 IEEE/ACIS 21st International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications, SERA 2023,

Shilleh, M. M., Amer, Q. A., Dufek, J., & Murphy, R. R. (2021). *Best and worst external viewpoints for teleoperation visual assistance* Texas A&M Univ, Comp Sci & Engn, College Stn, TX 77843 USA. https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3434074.3447280

Siemon, C., Rueckel, D., & Krumay, B. (2020). Blockchain technology for emergency response. Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences,

Simpson, M., Padilla, L., Keller, K., & Klippel, A. (2022). Immersive storm surge flooding: Scale and risk perception in virtual reality. *Journal of Environmental Psychology*, *80*(March 2021), 101764-101764. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101764

Sjöfartsverket. (2024). *AI-understödda obemannade luftfartygssystem vid eftersök och lokalisering*.

Smith, T., Mukhopadhyay, S., Murphy, R. R., Manzini, T., & Rodriguez, I. (2022). *Path Coverage Optimization for USV with Side Scan Sonar for Victim Recovery* Texas A&M Univ, Comp Sci & Engn, College Stn, TX 77843 USA. https://ieeexplore.ieee.org/document/10018780/

Stone, P., Brooks, R., Brynjolfsson, E., Calo, R., Etzioni, O., Hager, G., Hirschberg, J., Kalyanakrishnan, S., Kamar, E., Kraus, S., Leyton-Brown, K., Parkes, D., Press, W., Saxenian, A., Shah, J., Tambe, M., & Teller, A. (2016). *Artificial Intelligence and Life in 2030*. https://ai100.stanford.edu/2016-report/section-i-what-artificial-intelligence/defining-ai

Strada, F., Bottino, A., Lamberti, F., Mormando, G., & Ingrassia, P. L. (2021). Holo-BLSD - A Holographic Tool for Self-training and Self-Evaluation of Emergency Response Skills [Article]. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, *9*(3), 1581-1595. https://doi.org/10.1109/TETC.2019.2925777

Sulaiman, M., Liu, H., Binalhaj, M., Liou, W. W., & Abudayyeh, O. (2020). GIS-Based Automatic Flight Planning of Camera-Equipped UAVs for Fire Emergency Response. IEEE International Conference on Electro Information Technology,

Surmann, H., Slomma, D., Grafe, R., & Grobelny, S. (2022). Deployment of Aerial Robots during the Flood Disaster in Erftstadt / Blessem in July 2021. 8th International Conference on Automation, Robotics and Applications, Virtual.

Svenmarck, P., Wikström, M., Zouave, E., & Krona, M. (2020). *Artificiell intelligens för obemannade luftfartyg vid samhällsstörningar* (MSB1577). M. f. s. o. beredskap. https://rib.msb.se/filer/pdf/29230.pdf

Terzi, M., Kolios, P., Panayiotou, C., & Theocharides, T. (2019). A Unified Framework for Reliable Multi-Drone Tasking in Emergency Response Missions. *2019 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, 819-827. https://doi.org/10.1109/ICUAS.2019.8798071

Thomas, K., & Andersson Granberg, T. (2023). Quantifying Visual Pollution from Urban Air Mobility. *Drones*, *7*(6), 396. https://www.mdpi.com/2504-446X/7/6/396

Tian, S., Zhang, Y., Feng, Y., Elsagan, N., Ko, Y., Mozaffari, M. H., Xi, D. D. Z., & Lee, C. G. (2023). Time series classification, augmentation and artificial-intelligence-enabled software for emergency response in freight transportation fires [Article]. *Expert Systems with Applications*, *233*, Article 120914. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120914

Tin, D., Hertelendy, A. J., & Ciottone, G. R. (2021). Disaster medicine training: The case for virtual reality. *American Journal of Emergency Medicine*, *48*, 370-371. https://doi.org/10.1016/j.ajem.2021.01.085

Tran, D. Q., Park, M., Jung, D., & Park, S. (2020). Damage-map estimation using uav images and deep learning algorithms for disaster management system. *Remote Sensing*, *12*(24), 1-17. https://doi.org/10.3390/rs12244169

Transportstyrelsen. (2024). *Implementeringen av U-space – för en säker och effektiv tillgång till luftrummet för drönare*. Retrieved 2024-06-25 from https://www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/flygplatser-flygtrafiktjanst-och-luftrum/luftrum/implementeringen-av-u-space/

Tyagi, O., Hopko, S., Kang, J., Shi, Y., Du, J., & Mehta, R. K. (2023). Modeling Brain Dynamics During Virtual Reality-Based Emergency Response Learning Under Stress [Article]. *Human Factors*, *65*(8), 1804-1820. https://doi.org/10.1177/00187208211054894

Ungureanu, D., Toma, S. A., Filip, I. D., Mocanu, B. C., Aciobăniței, I., Marghescu, B., Balan, T., Dascalu, M., Bica, I., & Pop, F. (2023). ODIN112–AI-Assisted Emergency Services in Romania [Article]. *Applied Sciences (Switzerland)*, *13*(1), Article 639. https://doi.org/10.3390/app13010639

Veloso, R., Cespedes, J., Caunhye, A., & Alem, D. (2022). Brazilian disaster datasets and real-world instances for optimization and machine learning. *Data in Brief*, *42*, 108012. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.108012

Västra Götalandsregionen. (2024-03-04). *Drönare med hjärtstartare*. Västra Götalandsregionen. Retrieved 2024-06-17 from https://www.vgregion.se/ov/innovationsplattformen/innovationsprojekt/dronare2/pagaende-projekt/dronare-med-hjartstartare/

Wankmüller, C., Kunovjanek, M., & Mayrgündter, S. (2021). Drones in emergency response – evidence from cross-border, multi-disciplinary usability tests [Article]. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *65*, Article 102567. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102567

Weibull, K., Lidestam, B., & Prytz, E. (2022). Potential of Cooperative Intelligent Transport System Services to Mitigate Risk Factors Associated With Emergency Vehicle Accidents. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, *2677*(3), 999-1015. https://doi.org/10.1177/03611981221119459

Weidinger, J. (2022). What is known and what remains unexplored: A review of the firefighter information technologies literature. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *78*(May), 103115-103115. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103115

Weilandt, J., Jonson, C.-O., & Prytz, E. (2021). *Information overload in Swedish emergency response command and control functions*. https://libris.kb.se/bib/1f41134pzp74hmdr

Wohlin, C. (2014). *Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering* Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, London, England, United Kingdom. https://doi.org/10.1145/2601248.2601268

Worden, M. R., Murray, C. C., Karwan, M. H., Ortiz-Peña, H. J., & Nagi, R. (2020). Sensor tasking for unmanned aerial vehicles in disaster management missions with limited communications bandwidth. *Computers and Industrial Engineering*, *149*(May), 106754-106754. https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106754

Yu, X., Yu, P., Wang, C., Wang, D., Shi, W., Shou, W., Wang, J., & Wang, X. (2022). Integrating Virtual Reality and Building Information Modeling for Improving Highway Tunnel Emergency Response Training [Article]. *Buildings*, *12*(10), Article 1523. https://doi.org/10.3390/buildings12101523

Zhu, Y., & Li, N. (2021). Virtual and augmented reality technologies for emergency management in the built environments: A state-of-the-art review. *Journal of Safety Science and Resilience*, *2*(1), 1-10. https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2020.11.004

Zolich, A., Palma, D., Birkeland, R., Cisek, K., & Johansen, T. A. (2022). Wi-Fi based Telecommunication Infrastructure Delivered as a Service by UAV for Emergency Response. 2022 International Conference on Unmanned Aircraft Systems, ICUAS 2022,

Bilaga 1

I denna bilaga listas forskningsprojekt som tar upp teknikutveckling för användning inom räddning och respons, nyhetsartiklar som tar upp ny teknik inom blåljusorganisationer, samt kommersiellt tillgänglig teknologi.

AI:

https://www.alertwildfire.org/

Sensorer

https://cinside.se/humanfinder/#

UAS

https://airhud.io/airhud/

https://everdrone.com/partnership/

https://rippercorp.com/divisions/little-ripper-lifesaver/

https://www.aviant.no/

https://www.cpsdrone.com/

XR

https://re-lion.com/fireservices/

https://teslasuit.io/applications/academics/

https://teslasuit.io/products/teslasuit-4/

https://unity.com/

https://www.cryengine.com/

https://www.interschutz.de/en/expo/exhibition-topics/civil-protection/

https://www.microsoft.com/sv-se/hololens/buy

https://www.xvrsim.com/en/our-users/

Nyhetsartiklar

https://www.svt.se/nyheter/lokalt/skane/p-platser-for-polisens-dronare-byggs-pa-hustak-i-malmo

https://emergencyservicestimes.com/2024/01/31/fire-service-use-of-drones-is-evolving-but-needs-trust-and-support-of-communities-to-succeed/

https://emergencyservicestimes.com/2023/12/09/pioneers-in-emergency-services-drone-infrastructure/

EU-projekt

5G LOCUS	https://www.locus-project.eu/
AIDERS	https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/projects/aiders
AirMOUR	http://airmour.eu/deliverables/?trk=public_post-text
ASSISTANCE	https://cordis.europa.eu/project/id/832576/results
CALLISTO	https://callisto-h2020.eu/
COLLARIS	https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/projects/collaris-network
CURSOR	https://www.cursor-project.eu/
DRIVER+	https://www.driver-project.eu/
FASTER	https://www.faster-project.eu/h2020-related-projects/
FIRE-RES	https://fire-res.eu/partners/
INACHUS	https://cordis.europa.eu/article/id/407042-new-technology-and-tools-to-improve-urban-search-and-rescue-operations
INGENIOUS	https://ingenious-first-responders.eu/
IN-PREP	https://cordis.europa.eu/project/id/740627/results
KIOS	https://www.kios.ucy.ac.cy/
MED1stMR	https://www.med1stmr.eu/
RESCUER	https://rescuerproject.eu/
RESPOND-A	https://respond-a-project.eu/consortium/
ResponDrone	https://respondroneproject.com/
SmokeBot	https://www.smokebot.eu/
SWIFTERS	https://www.kios.ucy.ac.cy/swifters/publications/
SYNERGISE	https://www.synergise-project.eu/
TeamAware	https://teamaware.eu/
TRADR	https://errem.dfki.de/

Bilaga 2

I Tabell 3 listas de personer som intervjuats inom ramen för projektet, samt deras befattning/roll.

Tabell 3. Respondenter.

Person	Befattning/roll	Avsnitt
Christian Carlsson	Utvecklingsledare på Nationellt utvecklingscentrum, NUC	4.2.1
Andreas Claesson	Karolinska institutet, ambulans, Hjärtstoppscentrum	4.2.3
Fredrik Falkman	FoU – Innovation på SSRS	4.2.2
Rickard Henningsson	Nationell processledare, flygchef UAS	4.2.7
Stefan Haggö	Växeltjänstgöring med 50% på Försvarsmakten/Swedec	4.2.9
Katarina Iversen	Combitech, UX inom WARA-PS, kontaktperson doktorander WARA-PS	4.2.8
Mikael Johansson	Insatsledare Landskrona räddningstjänst, doktorand vid Linköpings universitet	4.2.4, 4.2.5
Leif Jonsson	Utvecklingschef Södertörns brandförsvarsförbund	4.2.6
Anonym inom polisen	-	4.2.7