

## Autonom CASEVAC- Årsrapport 2023



Titel/Title  
Autonom CASEVAC- Årsrapport 2023Memo nummer/Number  
FOI Memo 8337

# 1 Introduktion

Försvarsmaktens förmåga till akut omhändertagande av skadade behöver utvecklas för att hantera de stora skadeutfall som kan förväntas i en krigssituation mot en kvalificerad motståndare. Det är även kritiskt att kraftigt öka sjuktransportkapaciteten, framförallt den främre sjuktransportförmågan [1]. När obemannade logistikfarkoster börjar användas operativt kommer dessa med hög sannolikt även att användas för okvalificerad sjuktransport<sup>1</sup>, framförallt vid stora skadeutfall då katastrofmedicinska behandlings- och prioriteringsprinciper behöver användas. Fjärrstyrda UGV:er börjar redan nu användas i Ukraina för logistik och transport av skadade i högrisksituationer (frontnära).<sup>2</sup>

FOI har på uppdrag från Försvarsmakten studerat hur obemannade farkoster kan användas för att komplettera den (i kapacitet) begränsade medicinska sjuktransportförmågan<sup>3</sup> där väntetiden kan bli lång och där kapaciteten för akut omhändertagande över tid är begränsat. Det är primärt i tre situationer som obemannade farkoster bedöms utgöra ett alternativ vid genomförande av okvalificerad sjuktransport: (i) masskadescenarion där behovet av akut omhändertagande och kvalificerade sjuktransporter vida överstiger de medicinska resurserna, (ii) CBRN-scenarion och (iii) högriskscenarion där riskerna bedöms vara för höga för att genomföra kvalificerade sjuktransporter. I Ukraina kan exempelvis väntetiderna för transport vid skada från skyttevärn vid fronten bli långa på grund av riskerna som orsakas av indirekt eld som leds in från UAV:er. Under projektets gång har även möjligheterna att med obemannade farkoster på distans estimeras vitalparametrar på skadade utvärderats. Dessa tekniker skulle kunna stödja det akuta omhändertagandet på skadeplatsen vid stora skadeutfall.

Syftet med detta Memo är att ge en översiktlig beskrivning av den forskning som har genomförts inom ramen för FoT-projektet *Autonom CASEVAC* under 2023.<sup>4</sup> Projektet har genomförts inom FoT-område Försvarsrelaterad medicin.

## 1.1 Projektbeskrivning

Projektet har följande övergripande frågeställningar:

- Hur är omvärldsutvecklingen inom området?
- Under vilka förutsättningar kan obemannade och autonoma farkoster användas för evakuering av skadade?
- Hur kan automatiserad (autonom) fjärravläsning av vitalparametrar från obemannade farkoster användas för att stödja triage och autonom CASEVAC?

Fokus var under året kunskapsuppbyggnad rörande hur obemannade och autonoma logistikfarkoster, eventuellt tillsammans med dedikerad nyttolast, ska kunna kravställas och anpassas för att möjliggöra säkrare okvalificerade sjuktransporter (CASEVAC). Projektet har även genererat kunskap som i framtiden ska kunna användas vid genomförandet av relativa riskbedömningar som genomförs inför beslut om huruvida en skadad ska evakueras medelst obemannade farkoster eller om det är säkrare för patienten att avvakta med evakuering tills resurser för medicinsk evakuering blir tillgängliga. En initial studie av utmaningarna med att integrera obemannade sjuktransporter i framtidens logistiksystem har även påbörjats under 2023.

De viktigaste avgränsningarna var att projektet inte skulle utveckla obemannade eller autonoma farkoster, utan endast studera de aspekter som är specifika för att uppfylla de medicinska behoven

---

<sup>1</sup> Eng. Casualty Evacuation, CASEVAC.

<sup>2</sup> Se t.ex. [www.itv.com/news/2023-06-22/robots-join-ukraines-soldiers-to-rescue-the-dead-and-shield-the-living](https://www.itv.com/news/2023-06-22/robots-join-ukraines-soldiers-to-rescue-the-dead-and-shield-the-living) och [www.ral.com/RALee85/status/1731374614071165077?t=x0FRa\\_q48Km1ilgHifQY5A&s=03](https://www.ral.com/RALee85/status/1731374614071165077?t=x0FRa_q48Km1ilgHifQY5A&s=03) (senast besökta 2023-12-05).

<sup>3</sup> Eng. Medical Evacuation, MEDEVAC.

<sup>4</sup> Beställningsnummer AT.9221027 och beställningsnamn Autonom CASEVAC FOI 2023.

Titel/Title  
Autonom CASEVAC- Årsrapport 2023

Memo nummer/Number  
FOI Memo 8337

och som andra aktörer inte förväntas belysa. Projektet skulle inte heller bygga ny medicinsk kunskap, utöver grundläggande domänkunskap. Vid behov skulle denna kunskap istället inhämtas genom samarbeten med andra utförare inom FoT-området.

## 1.2 Publikationer och presentationer 2023

Under 2021 skrevs en förstudie som beskriver området, projektets forskningsinriktning och motiverar varför detta område behöver studeras [1]. Den forskning som genomfördes inom ramen för projektet under 2022 beskrivs i [2]. Där redovisas bland annat den forskning som genomförts inom projektet kopplat till distansestimering av vitalparametrar på skadeplatsen. Under 2022 genomfördes även ett examensarbete där olika metoder för estimering av andningsfrekvens på distans utvärderades [3].

Ytterligare fyra Memo har (utöver detta) tagits fram under 2023:

- J. Rantakokko, *Medicinsk logistik under Natoövningen Dynamic Messenger (DYMS23) – syfte, genomförande och erfarenheter*, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI MEMO. (under slutförande)
- M. Tynnhammar och G. Tolt, *Logistiska utmaningar kopplade till autonom sjuktransport*, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI MEMO. (under slutförande)
- M. García Lozano, K. Asplund Cohen, L. Thors, A. Bucht, M. Tynnhammar och V. Sahlén, *Autonoma sjuktransporter – Analys av behov och krav*, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI MEMO. (under slutförande)
- J. Rantakokko, *Redovisning av Workshop - leverans inom projektet Autonom CASEVAC (AT.9221027)*, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI MEMO 8286, december 2023.

En presentation med titeln ”Autonom sjuktransportförmåga” gavs även under Försvarsmedicinskt symposium som anordnades av militärläkarforeningen på Sjöfartshuset i Stockholm den 10:e november 2023.<sup>5</sup> En workshop genomfördes även i november med deltagare från Försvarmakten, Karolinska Institutet och Karolinska Sjukhuset [4].

## 2 Genomförda aktiviteter

Under 2023 har tre huvudsakliga aktiviteter genomförts: (i) omvärldsbevakning, (ii) fortsatt kunskapsuppbyggnad kopplad till framtida kravställning av obemannade logistikfarkoster för att möjliggöra en säkrare CASEVAC och kunskapsunderlag för framtagande av relativa riskanalyser och (iii) en initial analys av utmaningarna med att integrera obemannade farkoster för sjuktransporter i framtidens logistiksystem.

### 2.1 Omvärldsbevakning obemannade farkoster

Utvecklingen av obemannade farkoster som kan användas för okvalificerade sjuktransporter har tidigare beskrivits i [1],[2]. Nedan ges en kort sammanfattning av status för de olika typerna av obemannade farkoster (UGV, UAV och USV)<sup>6</sup>, där även utvecklingen under 2023 sammanfattas.

#### UAV

UAV:er börjar nu användas för logistik och det finns flera exempel på UAV:er med tillräcklig bärkapacitet för att genomföra sjuktransporter. Farkostautonomin är relativt mogen och bedöms inte

---

<sup>5</sup> [www.slf.se/svenska-militarlakareforeningen-mlf/app/uploads/2023/09/Forelasarschema-Svenska-militarlakareforeningen.pdf](http://www.slf.se/svenska-militarlakareforeningen-mlf/app/uploads/2023/09/Forelasarschema-Svenska-militarlakareforeningen.pdf) (senast läst 2023-12-03).

<sup>6</sup> Eng. Unmanned Ground Vehicle (UGV), Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Unmanned Surface Vehicle (USV).

Titel/Title  
Autonom CASEVAC- Årsrapport 2023Memo nummer/Number  
FOI Memo 8337

längre utgöra ett stort hinder men det är fortsatt en utmaning att genomföra en sådan sjuktransport på ett säkert sätt. Den stora utmaningen för UAV:er rör behovet av att utveckla tekniker som möjliggör flygning i gemensamt luftrum med andra luftfarkoster. Regelverken kring att transportera en människa på en UAV utgör även en utmaning för logistik-UAV:er. Ett sätt att lösa detta på är att använda luftfarkoster som redan uppfyller dessa regelverk, t.ex. helikoptrar eller elektriska flygande taxifarkoster<sup>7</sup>, som konverteras till att flyga autonomt. Amerikanska flygvapnet har påbörjat anskaffning av sådana farkoster för utvärderingar av teknikens möjligheter.<sup>8</sup> Dessa kommer flygas dels bemannat och dels fjärrstyrt. I [5] analyseras möjligheterna att använda den här typen av UAV:er för att genomföra sjuktransporter från områden som är kontaminerade av kemiska eller biologiska stridsmedel.

Utvecklingen av logistik-UAV:er fortsätter i snabb takt och flera system är under utveckling och utprovning som har möjlighet att genomföra en sjuktransport (med möjlighet att lyfta mer än 200 kg). Ett exempel är den elektriska kvadrokoptern T-650 som utvecklas av BAE Systems tillsammans med Malloy Industries.<sup>9</sup>

## UGV

Fjärrstyrda UGV:er har, om än i begränsad omfattning, börjat användas i Ukraina för transporter av skadade i högriskmiljöer (exempelvis MILREM TheMIS, figur 1). I telekrigsmiljöer behöver dock de obemannade farkosterna förflytta sig huvudsakligen autonomt. Det finns ett antal olika sätt att styra eller leda en UGV – från direkt radiostyrning och teleoperation (på distans baserat på realtids-video) till olika autonoma funktioner. De autonoma funktioner som möjliggör logistikuppdrag är primärt ”följ-mig”-funktion (följning av soldat eller annat fordon), köra i känd miljö (där UGV tidigare åkt) samt brytpunktsnavigering med hinderundvikande. Det finns begränsningar rörande vilka miljöer som UGV:er idag kan förflytta sig autonomt i. Autonom körning är normalt möjlig på olika typer av vägar, även skogsvägar, men tekniken är ännu inte mogen för körning i skog och framförallt inte i typisk norrländsk vinterterräng [6].

Det finns även ett behov av att utveckla anpassade nyttolaster för att möjliggöra säkrare sjuktransporter, t.ex. som reducerar de kraftiga vibrationer som kan förväntas vid körning i terräng. Även autonomin kan utvecklas genom att möjliggöra anpassade körprofiler som reducerar hastigheten eller väljer en rutt som minskar vibrationerna för att på så sätt reducera påfrestningarna för den skadade.



Figur 1: Exempel på en medeltung UGV (MILREM TheMIS) med logistiknyttolast som utrustats med bår för okvalificerad sjuktransport. Foto: FOI.

<sup>7</sup> Electric Vertical Take-off and Landing (eVTOL). Dessa kommer bl.a. att testas under OS i Paris 2024, se [www.bbc.com/news/business-66252187](http://www.bbc.com/news/business-66252187) (senast läst 2023-12-05).

<sup>8</sup> Se t.ex. [www.jobyaviation.com/news/joby-delivers-first-evtol-edwards/](http://www.jobyaviation.com/news/joby-delivers-first-evtol-edwards/) och [www.af.mil/News/Article-Display/Article/3537839/emerging-technologies-integrated-test-force-takes-delivery-of-first-evtol-aircr/](http://www.af.mil/News/Article-Display/Article/3537839/emerging-technologies-integrated-test-force-takes-delivery-of-first-evtol-aircr/) (senast läst 2023-12-06).

<sup>9</sup> [en.defence-ua.com/analysis/ukraine\\_to\\_get\\_a\\_new\\_batch\\_of\\_malloy\\_drones\\_and\\_in\\_this\\_case\\_the\\_size\\_matters-7395.html](http://en.defence-ua.com/analysis/ukraine_to_get_a_new_batch_of_malloy_drones_and_in_this_case_the_size_matters-7395.html) (senast läst 2023-12-04).

Titel/Title  
Autonom CASEVAC- Årsrapport 2023

Memo nummer/Number  
FOI Memo 8337

## USV

Utmaningarna kopplade till att autonomt framföra en USV är inte lika svåra som för UGV:er. Det finns exempel på autonoma USV:er som uppfyller sjövägsreglerna<sup>10</sup> som syftar till att undvika kollisioner till sjöss. Vid användning av aktiva sensorer såsom radar är det sannolikt möjligt att framföra en autonom USV säkert ute till havs. Svårigheterna ökar dock då den framförs inomskärs och det finns en viss osäkerhet rörande huruvida detta ännu kan ske på ett tillräckligt säkert sätt.

Under 2023 har två demonstrationer genomförts i samband med större övningar där en sjuktransport har simulerats. Detta genomfördes dels under IMX23<sup>11</sup> (Mellanöstern), dels under DYMS23 (Portugal). FOI deltog på uppdrag av FömedC under DYMS23 [7].

## 2.2 Kunskap för kravställning och riskanalyser

Denna aktivitet adresserar frågeställningar som är avgörande för vilka förutsättningar som behöver vara uppfyllda för att obemannade och autonoma farkoster ska kunna användas för evakuering av skadade. Den kunskap som byggts upp under de två senaste åren inom denna aktivitet syftar till att förstå vilka krav som kan ställas på obemannade logistikfarkoster för att möjliggöra en säkrare okvalificerad sjuktransport. Arbetet har även haft som mål att bygga kunskap som kan användas som underlag för framtagande av metoder för hur relativa riskanalyser bör genomföras. En relativ riskanalys bör genomföras inför beslut om att använda en obemannad farkost vid en sjuktransport, där ambitionen är att detta endast ska genomföras då det gynnar den skadade.

Information har inhämtats från militär personal och från civil vårdpersonal med kunskap inom området katastrofmedicin. Informationsinhämtningen har huvudsakligen genomförts genom en avskanning av litteraturen, semi-strukturerade intervjuer och genom en Workshop som anordnades på FOI i Kista [4]. Typiska skador beskrivs, dels för traumaskador baserat på Försvarsmaktens tidigare utvecklade verktyg BERMED och dels typskador som förväntas uppstå vid CBRN-exponering. En variant av ALTURIS<sup>12</sup>-metoden användes för att analysera och strukturera informationen samt beskriva resultaten [8].

## 2.3 Logistiska utmaningar

En initial studie har genomförts där potentialen med att automatisera de främre delarna av patientflödet inom militär logistik har utvärderats översiktligt [9]. I detta arbete granskades hur automatisering kan integreras i patientflödet från skadeplats till sjukhus, med fokus på de möjliga fördelarna och utmaningarna. Genom att tillämpa lärdomar från automatiserade logistiska lösningar i andra sektorer så kan insikter erhållas kopplat till hur militär sjukvård potentiellt kan förbättras genom väl designade automatiseringslösningar.

## 2.4 Internationella aktiviteter

Projektets deltagande i internationella sammanhang beskrivs härnäst.

### 2.4.1 Nato STO HFM RTG-332

Projektet har haft uppgiften att delta i Natogruppen HFM RTG-332 Development and Implementation of Autonomous Transport and Medical Systems for Casualty Evacuation. Gruppens

---

<sup>10</sup> Eng. Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea (COLREG).

<sup>11</sup> [www.navy.mil/Press-Office/News-Stories/Article/3331084/international-maritime-exercise-2023-ends-during-ceremony-in-oman/](http://www.navy.mil/Press-Office/News-Stories/Article/3331084/international-maritime-exercise-2023-ends-during-ceremony-in-oman/) (senast läst 2023-12-05).

<sup>12</sup> Användning (A), Ledning och samverkan (L), Tillgänglighet (T), Uthållighet (U), Rörlighet (R), Informationsbehov (I) och Skydd (S).

Titel/Title  
Autonom CASEVAC- Årsrapport 2023

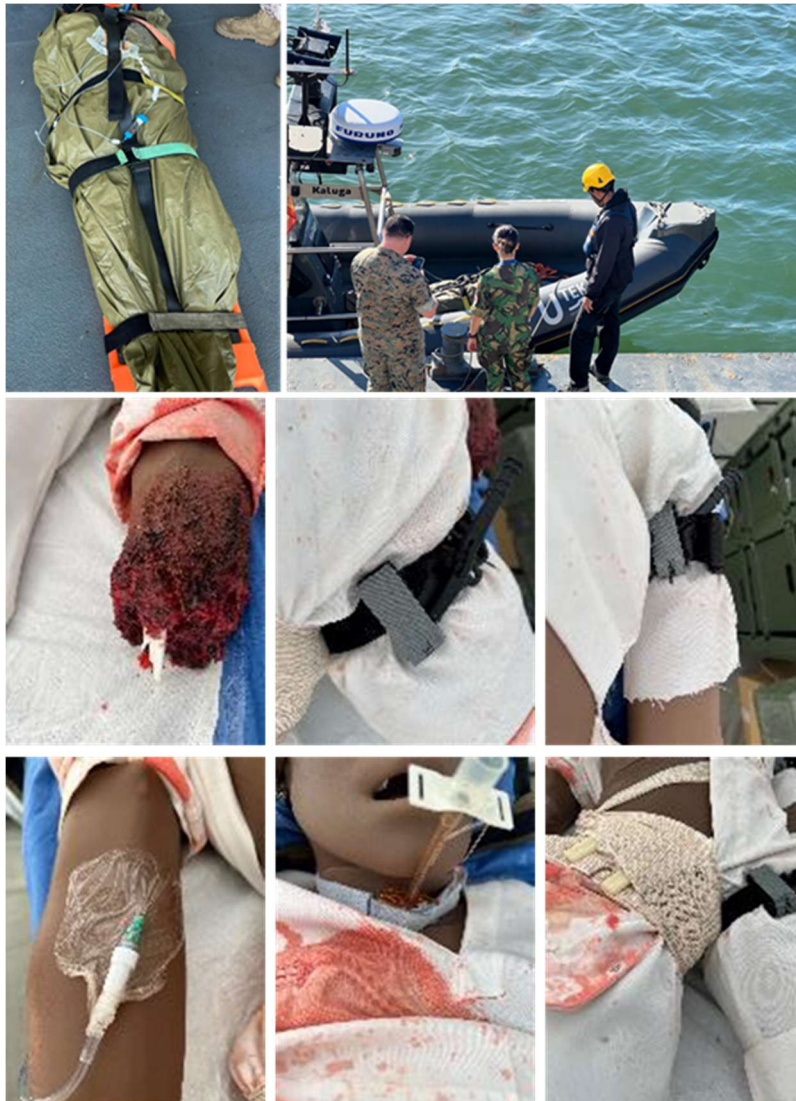
Memo nummer/Number  
FOI Memo 8337

arbete har dock inte kommit igång, delvis på grund av pandemin. Ett videomöte har genomförts under året för planering av gruppens arbete.

#### 2.4.2 Nato OPEX DYMS23

På uppdrag av FömedC deltog FOI som observatörer under Natoövningen Dynamic Messenger (DYMS23) som fokuserade på operationell experimentering (OPEX) med olika typer av obemannade farkoster i marina scenarion. Syftet med övningen är att stödja införandet av nya tekniker i utvecklingen av Natos doktrin, taktik och procedurer. Övningen leddes av Nato Maritime Command (MARCOM) och Allied Command Transformation (ACT) och genomfördes med deltagare från 16 Natoländer och Sverige.

Vid denna övning genomfördes under en förmiddag obemannade logistikförsök (MEDLOG), dels transport av blodprodukter på en obemannad ytfarkost och dels transport av en "mannequin" som ett led i att demonstrera möjligheten att genomföra en sjuktransport med en USV (figur 2).



Figur 2: Okvalificerad sjuktransport (av mannequin) med USV Kaluga som genomfördes i September i Portugal under Natoövningen DYMS23. En stridssjukvårdare genomförde motsvarande ett akut omhändertagande innan transport. Foto: FOI.



Titel/Title  
Autonom CASEVAC- Årsrapport 2023

Memo nummer/Number  
FOI Memo 8337

Syftet var att undersöka om det var möjligt att genomföra en transport av skadad utan att exempelvis applicerad tourniquet och andra medicinska åtgärder som vidtagits påverkades negativt av exempelvis de vibrationer som förekommer vid transport liggandes på bår fastspänd i en USV. Läkaren gick efter transport igenom de olika åtgärder som genomfördes inför transport och bedömningen var att dessa inte påverkats negativt av transporten. Kylskåpet höll bra temperatur över hela försöket och blodet verkade inte ha påverkats av transporten.

Detaljerna rörande de genomförda försöken och erfarenheterna därifrån avrapporteras i ett separat Memo [7].

### 2.4.3 UGV Autonomy Trials

FOI deltog som observatörer vid UGV Autonomy Trials som genomfördes i Estland den 26-27 juni (figur 3). Elva UGV:er deltog vid dessa utvärderingar som fokuserade på brytpunktsnavigering på grus- och skogsvägar samt i terräng (fält och i skog). Dessa utvärderingar gav en tydlig bild av mognadsgraden när det gäller hinderupptäckt och -undvikande, som utgör en kritisk del av brytpunktsnavigeringen, i terräng och skog. Det finns fortfarande avsevärda brister i UGV:ernas förmåga att köra autonomt, med hög tillförlitlighet, i utmanade terräng. Framkomligheten då UGV:erna fjärrstyrdes var i dessa svåra miljöer fortfarande avsevärt bättre, vilket indikerar att det är farkosternas autonomialgoritmer snarare än begränsningar i terrängframkomlighet som utgör den stora utmaningen [6].



Figur 3: Rheinmetall Mission Master SP vid autonom körning i skog under UGV Autonomy Trials i Estland i juni 2023. Detta är ett exempel på en mångfunktionell medeltung UGV, med modulära nyttolaster, där logistikuppdrag och CASEVAC ofta beskrivs som passande användningsområden. Foto: FOI.

### 2.4.4 EDA Workshop om Biosensorer

FOI deltog på förfrågan från FömedC vid en Workshop som anordnades av den europeiska försvarsbyrån (EDA) den 28:e september inom området Biosensorer. Syftet var att förbereda en roadmap för utvecklingen av tekniker som kan överbygga gapet mellan existerande biosensortekniker och deras applikationer i nya militära tillämpningar och system.

Resultaten från denna workshop presenteras vid nästa FoT-gruppsmöte inom Försvarsrelaterad medicin som genomförs den 16-17/1 2024.

## 3 Diskussion

Utvecklingen av obemannade farkoster som kan användas för logistik och okvalificerade sjuktransporter fortsätter i snabb takt. Fjärrstyrda UGV:er börjar nu användas i Ukraina för frontnära logistik och sjuktransporter. Det finns åtminstone en handfull medeltunga UGV:er där rudimentära

Titel/Title  
Autonom CASEVAC- Årsrapport 2023

Memo nummer/Number  
FOI Memo 8337

demonstrationer av okvalificerad sjuktransport har genomförts (t.ex. MILREM THEMIS, Rheinmetall Mission Master SP, Elbit ROOK och GDLS MUTT). Inriktningen i forskningen har varit att obemannade sjuktransporter ska komplettera (förstärka) den medicinska sjuktransportförmågan, och denna potential bedöms vara stor framförallt vid stora skadeutfall, högriskscenarion och CBRN-händelser.

FoT-projektet Autonom CASEVAC avslutas 2023 men ersätts av ett Transferprojekt som pågår under perioden 2024 till 2026. I det nya projektet kommer de erfarenheter och kunskap som genererats inom projektet Autonom CASEVAC, och i andra FoT-projekt såsom Obemannade farkoster och autonoma system – teknik och operatör (som genomförs inom Temaområde Autonomi/Obemannat FOI 23), att omhändertas. Målet med transferprojektet är att demonstrera möjligheten till säker autonom sjuktransport med UGV samt visa på möjligheten att även autonomt hämta en skadad direkt från skadeplatsen i högriskssituationer och förflytta den skadade i skydd. I samband med demonstrationer kommer även möjligheterna att genomföra skadeplatsinventering i masskadescenarion med obemannade farkoster förevisas, baserat på forskning som genomförs i andra projekt.

I samband med de demonstrationer som genomförs inom Transferprojektet kommer även nya workshops att genomföras, i syfte att fördjupa förståelsen för vilka krav som bör ställas på plattformar, och vid den relativa riskanalysen, samt förståelsen för de logistiska utmaningarna med att nyttja autonoma farkoster för sjuktransporter.

## Referenser

- [1] J. Rantakokko, M. García Lozano, G. Tolt, L. Thors och A. Bucht, *Evakuering av skadade med obemannade farkoster – Förstudie*, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--5288--SE, januari 2022.
- [2] J. Rantakokko, V. Rask, C. Brännlund, G. Tolt, M. Garcia Lozano, K. Asplund Cohen, L. Thors och P. Andersson, *Autonom CASEVAC - Årsrapport 2022*, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--5390--SE, januari 2023.
- [3] V. Rask, *On the Use of Thermal and Depth Sensors to Monitor Vital Parameters in Mass Casualty Incidents*, M.Sc. Thesis, Örebro Universitet, 2022.
- [4] J. Rantakokko, *Redovisning av Workshop - leverans inom projektet Autonom CASEVAC (AT.9221027)*, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI MEMO 8286, december 2023.
- [5] M. J. Hicks, J. C. Stoodley och R. R. Gossen, *Flying Dirty – eVTOL CASEVAC on the Contaminated Battlefield*, Defense Analysis Capstone Report, Naval Postgraduate School (NPS), june 2022. Tillgänglig digitalt: [apps.dtic.mil/sti/trecms/pdf/AD1184917.pdf](https://apps.dtic.mil/sti/trecms/pdf/AD1184917.pdf) (senast läst 2023-12-05).
- [6] European Defence Industrial Development Program (EDIDP), *Unmanned Ground Vehicles Autonomy Trials – Final Report*, 2023.
- [7] J. Rantakokko, *Medicinsk logistik under Natoövningen Dynamic Messenger (DYMS23) – syfte, genomförande och erfarenheter*, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI MEMO. (under slutförande)
- [8] M. García Lozano, K. Asplund Cohen, L. Thors, A. Bucht, M. Tynnhammar och V. Sahlén, *Autonoma sjuktransporter – Analys av behov och krav*, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI MEMO. (under slutförande)
- [9] M. Tynnhammar och G. Tolt, *Logistiska utmaningar kopplade till autonom sjuktransport*, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI MEMO. (under slutförande)