



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap



STUDIE

Kunskapsöversikt

– Hur räddningspersonal kan skyddas på skadeplats

Faktaruta

Kunskapsöversikt – Hur räddningspersonal kan skyddas på skadeplats

2019

Totalförsvarets forskningsinstitut - FOI

Charlotte Stenius & Mari Olsén

Denna studie är en sammanställning av den forskning och utveckling som finns inom området skydd för räddningspersonal vid skadeplats. Ett speciellt fokus ligger på forskning och utveckling inom tre förmågegap som identifierats inom det internationella samarbetet *International Forum to Advance First Responder Innovation* (IFAFRI). De tre förmågegapen handlar om att på en skadeplats ha förmågan att: 1) i realtid veta vart "first responders" befinner sig och deras närhet till risker och faror, 2) i realtid detektera, övervaka och analysera aktiva och passiva hot och faror på skadeplatsen samt 3) snabbt identifiera farliga ämnen och föroreningar. Metoden för studien bestod av tre delar: en genomgång av vetenskaplig litteratur, workshops med sakkunniga experter från FOI samt en genomgång av innovationer och produkter som finns på den svenska marknaden.

MSB:s kontaktpersoner:

Yvonne Näsman, 010-240 40 30

Eleonor Storm, 010-240 53 76

Publikationsnummer MSB1347 – Januari 2019

ISBN 978-91-7383-913-6

MSB har beställt och finansierat genomförandet av denna studierapport. Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll.

Förord

För att kunna samordna utvecklingen inom svensk räddningstjänst på ett effektivt sätt, behöver MSB ha tillgång till en översikt av den forskning och utveckling som är genomförd i Sverige och internationellt. Det finns idag kunskapsöversikter inom vissa områden, men det finns inte en heltäckande bild över forskningsläget inom hela räddningstjänstområdet. Det har blivit särskilt tydligt i dialoger kring utvecklingsbehov nationellt men även i MSB:s internationella arbeten och i samband med etablerandet av innovationsmekanismen.

För att räddningsinsatser ska kunna genomföras på ett säkert och effektivt sätt är det viktigt att den kunskapsutveckling som genomförs inom Sverige inte görs inom områden som redan är utvecklade av andra. Beslut som i hög grad är baserade på lättillgängliga och kvalitetssäkrade kunskapsunderlag ökar förmågan att på ett kostnadseffektivt sätt bidra till att utveckla räddningstjänsternas förmåga att genomföra effektiva och säkra räddningsinsatser.

Målet med den här studien har varit att sammanställa den forskning och utveckling som är genomförd inom de tre delområdena protected, connected och fully aware. Fokus har varit området protected, och innefattar skyddsbeklädnad och övriga skydd på skadeplatsen i både nationella och internationella forskningsstudier och utvecklingsprojekt.

Innehållsförteckning

Förord	3
Innehållsförteckning	4
Sammanfattning	6
1. Introduktion	7
1.1 Beskrivning av området.....	8
1.1.1 Olika sorters olyckor	8
1.2 Syfte.....	9
1.3 Avgränsningar.....	9
1.4 Förkortningar och definitioner	10
2. Metod	11
2.1 Informationsinhämtning	11
2.1.1 Vetenskapliga publikationer	12
2.1.2 Forskningsprojekt/-grupper.....	13
2.1.3 Produkter och innovationer.....	13
2.1.4 Workshops	14
2.1.5 Besökta mässor och symposier.....	14
2.2 Analys av resultat.....	14
3. Resultat	16
3.1 Områdesöverskridande plattformar och samarbeten	16
3.2 Protected.....	17
3.2.1 Passivt skydd	17
3.2.2 Övervakning av fysisk status	19
3.2.3 Lokalisering och positionering	20
3.2.4 Sensorer	21
3.3 Connected	23
3.3.1 Trådlösa nätverk.....	23
3.3.2 Information och kommunikationsteknologi (IKT)	24
3.4 Fully aware.....	25

3.4.1 Informationsfusion	25
3.4.2 Beslutsstödsystem	26
3.4.3 Varningsystem	28
4. Diskussion	29
4.1 Resultatdiskussion	29
4.2 Slutsatser	31
4.3 Framtida rekommendationer	31
5. Referenser	33

Sammanfattning

Denna sammanställning är en översikt över det nuvarande läget av forskning och utveckling inom området för skydd av räddningspersonal vid skadeplatser. Syftet med rapporten är att ge Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) en bättre bild av vilken forskning som redan genomförts eller är under utveckling. Forskningen och utvecklingen som presenteras i denna rapport är kopplad till områdena *Protected*, *Connected* och *Fully aware*, samt har ett särskilt fokus på tre förmågegap. Förmågan att: 1) i realtid veta vart "first responders" befinner sig och deras närhet till risker och faror, 2) i realtid detektera, övervaka och analysera aktiva och passiva hot och faror på skadeplatsen samt 3) snabbt identifiera farliga ämnen och föroreningar. Rapporten presenterar tillvägagångssätt för att identifiera forskning och utveckling samt presenterar en översikt av några projekt, produkter och samarbeten som är representativa för området. De fullständiga resultaten presenteras i ett separat dokument till MSB.

Ett syfte med denna studie var att identifiera forsknings- och utvecklingsprojekt som fokuserade på de tre förmågegapen. De resultat som kopplar till förmågegapen finns huvudsakligen i området *Protected*. Inom *Protected* återfinns även den stora andelen av forskning och utveckling som inte relaterar till förmågegapen. Det finns en del forskning och utveckling där alla tre områdena inkluderas, det görs genom att utveckla lösningar som hanterar hela kedjan av händelser från en sensor, via ett trådlöst nätverk och slutar i beslutsstöd för insatsledaren. Forskningen inom områdena *Connected* och *Fully aware* är inte lika nära kopplat till räddningstjänst som forskningen inom *Protected*.

I de funna forskningsprojekten används huvudsakligen prototyper, vilka visar hur tekniken kan användas. Svårigheter har uppkommit vid utredandet av vad som sker med prototypen vid projektets slut, huruvida den utvecklas vidare eller ej. Ett fåtal produkter identifierades som är under kommersiell utveckling eller redan finns tillgängliga på marknaden. En anledning till fåtal identifierade produkter kan bero på att en stor del av tekniken är ny och privata utvecklingsprojekt inte är lika öppna eller inte lika omfattande rapporterade som forskningsprojekt.

1. Introduktion

Incidenter så som bränder, trafikolyckor och naturhändelser är farliga till sin natur och räddningsinsatser behöver vara utformade för att minimera riskerna för skador och dödsfall av räddningstjänstpersonal. Ett sätt att minimera riskerna är genom utveckling av skyddsutrustning eller genom att använda metoder för riskbedömning eller genom att hantera riskerna. Både samhället och tekniken utvecklas snabbt vilket skapar nya risker men även nya sätt att hantera och förbygga risker för att skydda räddningstjänstpersonal.

För att räddningsinsatser ska kunna genomföras på ett säkert och effektivt sätt är det viktigt att den kunskapsutveckling som genomförs inom Sverige inte görs inom områden som redan är utvecklade av andra. Beslut som i hög grad är baserade på lättillgängliga och kvalitetssäkrade kunskapsunderlag ökar förmågan att på ett kostnadseffektivt sätt bidra till att utveckla räddningstjänsternas förmåga att genomföra effektiva och säkra räddningsinsatser.

Inom ramen för det bilaterala arbetet mellan Myndigheten för samhällsskydd och beredskap samhällsberedskap (MSB) och Department of Homeland Security (DHS) i USA finns ett gemensamt arbete kring personlig skyddsutrustning för räddningstjänst. Inom ramarna för arbetet har det identifierats ett behov av en kartläggning av vilken forskning och utveckling som bedrivits och bedrivs inom området.

I USA finns, sedan 2015, ett femårigt utvecklingsprogram för nästa generations räddningstjänst – *Next Generation First Responders* (DHS, 2018).

Utvecklingsprogrammet fokuserar på ny teknologi och delar upp forskning och utveckling i tre områden, *Protected*, *Connected* och *Fully aware*. Områdena definieras av DHS (DHS, 2018):

Protected handlar om det personliga skyddet för räddningspersonal. Skyddet kan innebära fysiskt skydd som skydd mot explosioner, kemikalier eller värme. Men också skydd i form av sensorer som känner av såväl personalens position som fysiska påverkan eller risker i omgivningen.

Connected handlar om att sammankoppla räddningspersonal med varandra och även till insatsledare eller andra funktioner, som till exempel en ledningscentral.

Fully aware syftar till förmågan att bli mer medveten om risker genom till exempel sammanställningar av information från sensorer eller varningssystem i ett beslutsstöd.

Inom ramen för det internationella samarbetet *International Forum to Advance First Responder Innovation* (IFAFRI), där Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) är en medlem, har tre förmågegap identifierats:

1. Förmågan att i realtid veta vart "first responders" befinner sig och deras närhet till risker och faror.
2. Förmågan att i realtid detektera, övervaka och analysera aktiva och passiva hot och faror på skadeplatsen.
3. Förmågan att snabbt identifiera farliga ämnen och föroreningar.

1.1 Beskrivning av området

Räddningspersonal tar ofta stora risker när det kommer till att rädda människor, egendom eller miljö. Riskerna minimeras genom användning av lämpliga metoder och rutiner. Rutiner för hur räddningsinsatser utförs beror på information om händelsen, organisationskultur och vilket värde det finns i det som kan räddas. Metoder för räddningsinsatser kan vara både offensiva och defensiva. Om det finns liv att rädda används sannolikt en offensiv metod och brandmännen går in i huset. Om branden bara rör egendom så används sannolikt en mer defensiv metod där brandmännen inte går in i byggnaden,

Det finns statistik över dödsfall i räddningstjänst från både länder och organisationer. Amerikanska *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) rapporterade att 87 brandmän dog i tjänst under 2017, 40 av dem under en insats. Av dessa dog tio stycken under brand i byggnad och sju stycken under skogsbrand. Övriga dödsfall skedde vid trauma vilka ofta involverade fordon (FEMA, 2018). Mellan 2000-2017 skedde tio dödsfall under tjänst i Sverige. Sju inträffade vid arbete vid trafikolyckor eller under uttryckning, och ett av dödsfallen skedde vid en brand i byggnad 2003 (Svensson, 2017).

1.1.1 Olika sorters olyckor

För att skapa en förståelse över vilka situationer som kan uppstå för räddningspersonal vid en skadeplats och vilka skydd som kan behövas, användes ett antal scenarier för denna rapport.

Brand i byggnad

Bränder i byggnader är bland de vanligaste händelserna och förmodligen den situation som folk associerar till räddningstjänsten. Det finns olika sorters risker kopplat till brand i byggnad. Ju mer komplex byggnad desto svårare och farligare, exempelvis på grund av hur branden sprider sig, långa inträngningsvägar eller svårighet att lokalisera sig i byggnaden. Eller andra risker så som gasflaskor som kan explodera, låg visibilitet och värme. Branden kan även påverka konstruktionen, vilket kan öka risken för ras.

Trafikolycka

Enligt statistik gällande dödsfall vid räddningsinsats (Svensson, 2017), är trafikolyckor bland de mest riskabla uppdragen den svenska räddningstjänsten har. Det är inte själva trafikolyckan som orsakat dödsfallen, utan egna olyckor under uttryckningen till skadeplats eller under arbetet vid olyckan.

Skogsbrand

Ett stort problem med skogsbränder är det utbredda området. Det ställer större krav på att lokalisera personal. Ifall vinden vänder och sprider sig snabbt, så finns behov av att kunna varnas eller evakuera personal.

Terrorism

Incidenter orsakade av terrorishandlingar kan vara av varierande karaktär, till exempel explosioner och kollapsande byggnader, icke detonerade IED:er (Improvised Explosive Device) eller pågående skjutningar. Dessa scenarier kräver att räddningspersonalen är medvetna om omgivningen samtidigt som det troligtvis är ett stort skadeutfall. Ett scenario som ytterligare försvårar är om terroristerna skulle finnas kvar på plats eller har placerat ytterligare laddningar i syfte att skada eller döda insatspersonal.

Kemolyckor

Många olika sorters farliga ämnen transporteras på vägarna eller lagras och används i industrin. Farliga ämnen som sprids kan vara farligt både för allmänheten och för insatspersonal, men insatspersonal kan behöva närma sig källan för att stoppa spridning. Ett annat problem kan vara att det till en början inte finns ett läckage men att det startar under en pågående räddningsinsats så att insatspersonalen behöver varnas.

1.2 Syfte

Uppdrag "FOI-2018-954:5/MSB 2018-05091" syftade till att MSB skulle få ett underlag över vilken forskning och utveckling som är utförd och på gång inom området skydd för räddningspersonal vid skadeplats. Studien kopplar till områdena *Protected*, *Connected* och *Fully aware* samt de tre förmågegapen att: 1) i realtid veta vart "first responders" befinner sig och deras närhet till risker och faror, 2) i realtid detektera, övervaka och analysera aktiva och passiva hot och faror på skadeplatsen samt 3) snabbt identifiera farliga ämnen och föroreningar. I studien undersöks också om det finns forskning och utveckling som fokuserar på gender och skillnaden i skydd mellan kvinnor och män och om anpassningar behöver göras.

Syftet med den här rapporten är att översiktligt presentera forskning och utveckling inom områdena *Protected*, *Connected* och *Fully aware*. I rapporten presenteras den använda metoden samt några exempel på projekt, produkter och samarbeten. Det kompletta resultatet av studien presenteras i ett separat dokument till MSB.

1.3 Avgränsningar

Studien var utformad för att titta på bredden av forskning och utveckling snarare än på djupet. Arbetssättet var att läsa publikationens abstrakt och endast ett fåtal gånger lästes publikationer för att få en bättre uppfattning av innehållet i studien. Eftersom endast abstrakt och sammanfattningar från publikationer och projekt har lästs, innehåller analysen i denna rapport inte en fullständig bedömning av deras relevans för områdena (*Protected*, *Connected* och *Fully aware*).

Resultatet baseras på forskning och utveckling genomfört de tio senaste åren (2007-2018). Då dessa fortfarande ansågs vara aktuella och av intresse för MSB. Rapporten tar endast upp en delmängd av alla projekt, produkter och innovationer som har identifierats under studien. Några exempel på projekt eller produkter som är av stor relevans för studiens syfte ges inom varje subkategori. De presenteras översiktligt utan värdering av för- och nackdelar.

1.4 Förkortningar och definitioner

BIM – Byggnadsinformationsmodellering.

Crowdsourcing – En metod där allmänhetens kunskap används för att kontrollera/verifiera/bygga upp information. Ett exempel är Wikipedia.

DHS – Department of Homeland Security. Amerikanskt departement över inrikessäkerhet.

EU – Europeiska Unionen.

FEMA – Federal Emergency Management Agency. Amerikansk myndighet som sätts in vid större katastrofer eller krig.

First responder – I denna rapport menar vi främst räddningstjänst, men det kan även inkludera polis, ambulans m.fl.

GIS – Geografiskt informationssystem

GPS – Global Positioning System. Ett system för satellitnavigering.

GSM – Groupe Spécial Mobile. Andra generationens mobiltelefonisystem.

IED - Improvised Explosive Device. Hemmagjord sprängladdning.

IKT – Information och kommunikationsteknik

IoT – Internet of Things. Föremål med inbyggt nätverk för uppkoppling mot internet.

MSB – Myndigheten för samhällsskydd och beredskap

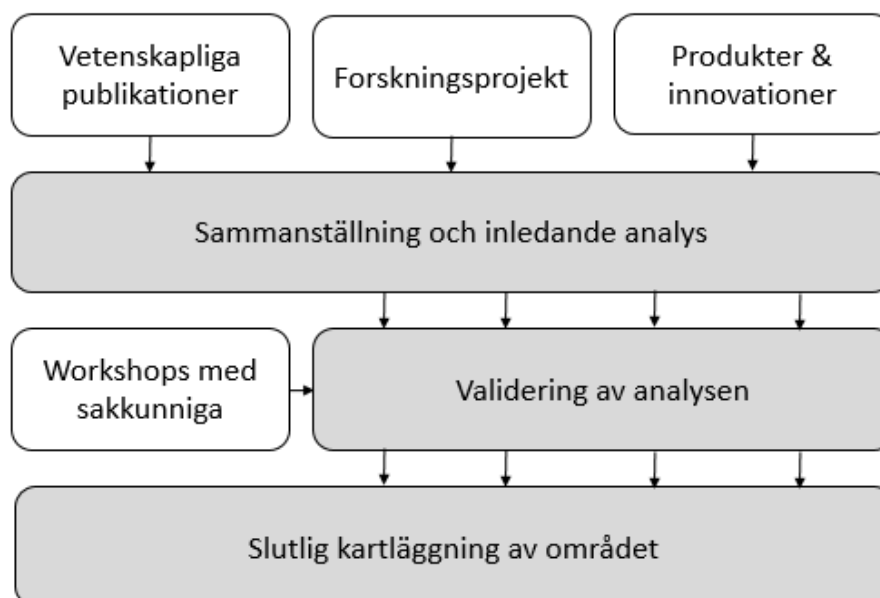
PAN – Personal Area Network. Nätverk med begränsad räckvidd (USB, Bluetooth m.fl.)

TAMSEC – Nationellt symposium för *Technology and Methodology for Security and Crisis Management*

UAV – Unmanned Aerial Vehicle. Drönare.

2. Metod

Den strategiska ansatsen för detta arbete var uppdelad i tre delar (grått i figur 1). Inledningsvis genomfördes en sammanställning och analys utifrån tre olika informationsområden: 1) vetenskapliga publikationer, 2) forskningsprojekt, samt 3) produktutvecklingen på den privata marknaden. Informationen delades sedan in utifrån de områden som definierats av DHS, *Protected*, *Connected* och *Fully aware*. Den insamlade informationen validerades genom workshops med sakkunniga och ny information lades till. Därefter sammanställdes den slutliga kartläggningen av området (se Figur 2).



Figur 1. Schematisk bild över den strategiska ansatsen.

2.1 Informationsinhämtning

För litteraturstudien och kartläggningen har ett antal sökord identifierats, dessa sökord återfinns i tabell 1. Sökorden identifierades i diskussioner mellan författarna med hjälp av de tre förmågegapen och olika typscenarier. Alla sökord användes i sökningarna efter vetenskapliga publikationer och utvalda ord användes i övriga sökningar (se nedan för fler detaljer).

Endast resultat som kunde relateras till de tre områdena inkluderades. Alla utvecklingsprojekt, produkter och vetenskapliga publikationer som hittats listades och återfinns i ett separat dokument. Ett fåtal utvalda projekt och produkter som anses representativa för varje område kommer att presenteras i resultatdelen av denna rapport (se kapitel 3). De olika sökmetoderna och workshoparna presenteras i detalj nedan.

2.1.1 Vetenskapliga publikationer

Sökningar av vetenskaplig litteratur gjordes i databasen Scopus. Med sin multidisciplinära karaktär bedömdes Scopus vara en lämplig databas för att täcka upp de många aspekterna relaterat till området.

Den första booleanska sökningen i Scopus utfördes med 28 sökord (från tabell 1) och inkluderade publikationer från 2013 och senare vilket resulterade i 789 resultat. Publikationer på andra språk än engelska och svenska exkluderades. Abstrakt lästes sedan genom och studier som inte relaterade till områdena (*Protected*, *Connected* och *Fully aware*) eller räddningspersonal rensades bort. De återstående 108 artiklarna delades in i de tre områdena, men även mindre subkategorier skapades. Den första sökningen ledde till en första analys över området och sedermera studiens fortsatta inriktning.

Tabell 1. Sökorden som användes i den booleanska sökningen. Sökningen genomfördes med AND mellan kolumnerna och OR inom kolumnen.* inkluderar alla pre- eller suffix.

Område	Utrustning	Aktivitet
Fire ground	Sensor*	Tracking
First responders	Body-worn system	Positioning
*Officer	Surveillance systems	Localization
*Commander	Equipment	Monitoring
Fire fighter	Person* Protective equipment	Physiological parameters
Rescue worker	Personal area network	Environmental parameters
Rescue site	Communication technologies	Alerting
Fire and rescue service	Safety equipment	Situation awareness
Emergency service		Securing
		Indicating
		Protect*

Den andra sökningen utfördes på begäran av MSB med utökade årtal (2007-2018) och samma sökord. Publikationer som inte var på engelska eller svenska exkluderades redan i sökningen. Scopus möjliggör en sortering av resultaten baserat på publikationernas nyckelord samt ämnesområde, vilka är definierade av databasen. För att undvika publikationer som inte relaterar till studiens områden exkluderades ett antal nyckelord och ämnesområden (se tabell 2) som endast genererande publikationer utan relevans för studien. Sökningen resulterade i 1263 stycken källor. Därefter genomfördes proceduren att läsa genom abstrakt och sortera in artiklarna i de subkategorier som identifierades i den första sökningen. Efter genomläsning av abstrakts återstod 541 publikationer som hade relevans för studiens syfte.

Tabell 2. Exkluderade nyckelord och ämnesområden.

Exkluderade nyckelord				Exkluderade ämnesområden
Emergency Service, Hospital	Infant	Aged	Patient Care	Veterinary
Emergency Ward	Health Care Personnel	Patient Monitoring	Clinical Trial	Economics, Econometrics and Finance
Major Clinical Study	Age Distribution	Child, Preschool	Health Care	Immunology and Microbiology
Hospital Emergency Service	Clinical Article	Preschool Child		Neuroscience

2.1.2 Forskningsprojekt/-grupper

Olika sökningar genomfördes för att hitta forskningsprojekt och forskargrupper. Sökord från tabell 3 användes, minst ett sökord från varje kolumn användes i sökningarna med AND mellan dem. Sökningarna genomfördes på Googles sökmotor, svenska universitet och högskolor, forskningsinstitut och innovationsplattformar. Flertalet forskningsprojekt hittades i den vetenskapliga litteraturen samt identifierades under workshops (se 2.1.4).

Tabell 3. Sökord som användes i den booleanska sökningen på Googles sökmotor och andra webbplatser. * inkluderar alla pre- och suffix.

Aktör	Utrustning	Aktivitet
Rescue	Sensor*	Tracking
Fire ground	Body-worn system	Localization
First responders	Person* Protective equipment	Monitoring
Incident commander	Communication technologies	Alerting
Fire fighter	Safety equipment	Situation awareness
Emergency service		Indicating
		Development

2.1.3 Produkter och innovationer

Vilka produkter som existerar på marknaden och vilken utveckling som pågår identifierades genom olika forskningsprojekt, konsortier, workshops, sökningar via Googles sökmotor och innovationsnätverk. Samma metod som i avsnitt 2.1.2 användes.

2.1.4 Workshops

Nio workshops hölls med forskare från Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI). Sammanlagt sexton personer deltog i dessa workshops (en till tre deltagare per session) som varade i ungefär en timma. Dessa forskare var sakkunniga inom områden såsom: radar, elektrooptik, CBRN, ledningssystem, robust telekommunikation eller sensorinformatik.

Syftet med dessa workshops var att dels att få fram information om relevant forskning och dels att kvalitetssäkra den vetenskapliga litteratursökningen.

Som en förberedelse fick deltagarna dagarna innan workshopen information om studien och förmågegapen. Workshopen inleddes med bakgrund till studien och vilka situationer då skydd behövs för räddningspersonal (se avsnitt 1.1.1). Under workshopen talades det om egen pågående forskning, forskning av andra som relaterar till området, hur mogen forskningen/tekniken är och tankar om framtida utveckling av området. I slutet av workshopen presenterades den, vid workshopen, aktuella bilden av identifierade kategorier (figur 2) inom områdena *Protected*, *Connected* och *Fully aware*, deltagarna fick då ge sin syn på det hela och komplettera med information som kunde tänkas saknas.

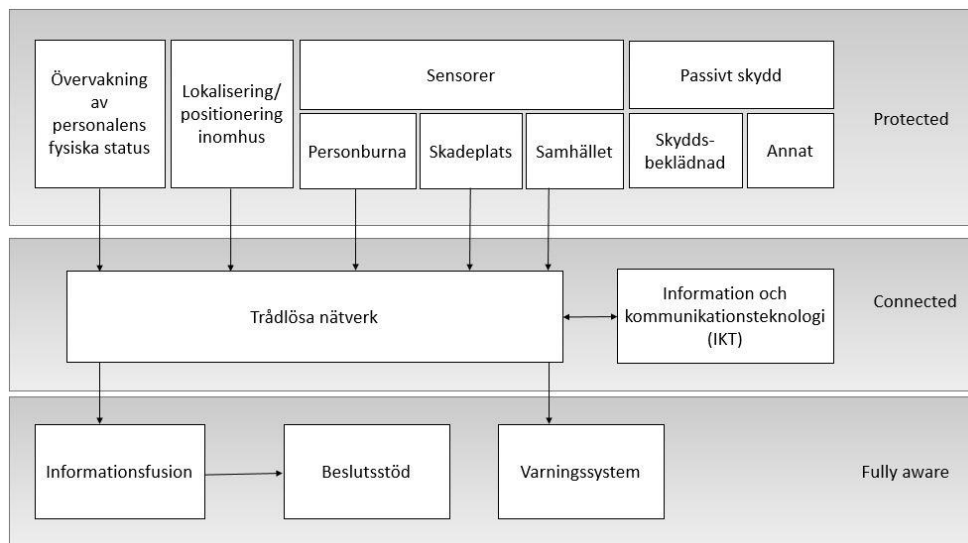
2.1.5 Besökta mässor och symposier

En del produkter identifierades under mässan *Skydd*, som hölls i Älvsjömassan den 23-25 oktober 2018.

Den sjuttonde oktober 2018 hölls *The National Symposium on Technology and Methodology for Security and Crisis Management (TAMSEC)* vid Linköpings universitet. Symposiet organiserades av forskningsplattformen Security Link och gav en översikt av deras forskningsområden (Security Link, 2018a). Medlemmar i Security Link är organisationerna Linköpings universitet, FOI, KTH och Chalmers.

2.2 Analys av resultat

Den initiala analysen gjordes med en explorativ ansats. Den första sökningen av vetenskapliga publikationer användes för att identifiera subkategorier till områdena *Protected*, *Connected* och *Fully aware* (figur 2). Kategoriseringen baserades på det fokus som fanns i publikationens abstrakt och nyttjades därefter för att kategorisera övriga resultat. Genom denna kategorisering av forskning, utveckling och produkter genererades en karta över nuläget som kunde användas för att undersöka vart forskningen var på väg och vilken forskning som saknades.



Figur 2. Litteratursökningen, de webbaserade sökningarna och workshopparna användes för att skapa en karta över området.

Fördjupade sökningar och workshops användes för att validera den initiala analysen och bidrog till en iterativ process. I slutet av varje workshop visades och diskuterades kartan över subkategorier (Figur 2) för att se om det fanns kategorier som saknades. Detta bidrog till ny kunskap och i vissa fall till nya subkategorier och omorganisation av hur de var relaterade till varandra.

Eftersom endast abstrakts och sammanfattningar från publikationer och projekt har lästs, innehåller analysen i denna rapport inte en fullständig bedömning av deras relevans för områdena.

3. Resultat

Genom insamling och analys av litteratur, sökningar efter produkter på marknaden och genom workshops har en sammanställning gjorts av den forskning och utveckling som relaterar till räddningspersonalens skydd vid en skadeplats. Fokus har varit på de tre områden: *Protected*, *Connected* och *Fully aware*, samt de tre förmågegapen. Förmågan att: 1) i realtid veta vart "first responders" befinner sig och deras närhet till risker och faror, 2) i realtid detektera, övervaka och analysera aktiva och passiva hot och faror på skadeplatsen samt 3) snabbt identifiera farliga ämnen och föroreningar. Ytterligare ett syfte var att finna forskning med fokus på gender och skillnader i skydd mellan kvinnor och män och om det finns krav på anpassning.

Resultatet av studien delas upp i fyra delar: Områdesöverskridande plattformar och samarbeten, *Protected*, *Connected* och *Fully aware*. Varje del inleds med en kort sammanfattning av området följt av några exempel på forskning, delarna avslutas i regel med exempel på några produkter och innovationer som finns på marknaden.

De vetenskapliga publikationerna har publicerats i olika källor, vilket indikerar ett brett spektrum inom områdena *Protected*, *Connected* och *Fully aware*. Publikationerna består av både konferensbidrag och artiklar. I de fem vanligaste tidskrifterna hittades 10-50 publikationer. De fem vanligaste tidskrifterna var: *Applied Ergonomics*, *Ergonomics*, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, samt olika tidskrifter och från *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*.

3.1 Områdesöverskridande plattformar och samarbeten

Sökningarna resulterade i att några generella projekt och plattformar för forskning eller innovationssamarbete identifierades. Sådana plattformar/samarbeten är ofta relaterade till både *Protected*, *Connected* och *Fully aware*. Flera av de identifierade projekten är en del av EU:s ramprogram (sjätte ramprogrammet, sjunde ramprogrammet och Horisont 2020). EU-ramprogrammen samlar olika aktörer och skapar konsortier för vidareutveckling. Ett av projekten inom sjunde ramprogrammet är projektet *Smart@fire* (Vlaamse Gewest, 2016) med syfte att hitta sätt att utveckla innovationer för att öka säkerheten för räddningstjänst. Projektet *Smart@Fire* är avslutat men har gått in i en fas för kommersiell upphandling.

Ett exempel på samarbete är forskningsplattformen *Security Link*. Plattformen kopplar samman olika områden inom säkerhetsforskning. I anslutning till *Security Link* finns forskningscentren *FOCUS* (FOI-centret för avancerade sensorer, multisensorer och sensornätverk), *CARER* (Centrum för forskning inom respons- och räddningssystem), *KMC* (Katastrofmedicinskt centrum) och

CNDS (Centrum för naturkatastrofvetenskap) (Security Link, 2018b).

Tillsammans producerar dessa organisationer och centra forskning inom områdena trådlös kommunikation, sensorer, informationsfusion, beslutsstöd samt riskanalys och etikhantering. Ett exempel på projekt inom Security Link är EU-projektet *TWOBIAS* (Two Stage Rapid Biological Surveillance and Alarm System for Airborne Pathogenic Threats). Projektet avslutades 2013 med en demonstrator av en stationär, snabb och pålitlig, fordonsbärbar *TWOBIAS*, som var redo för kommersialisering (Forsvarets forskningsinstitut, 2016).

Ett annat exempel på plattform för forskning och innovation inom brandbekämpning är *FIRST* (Firefighting Innovation and Research Center) som syftar till att koppla samman praktiker med forskare och företag. *FIRST* är en del av RISE:s forskningsinstitut och har en avdelning för systematisk produktutvärdering av räddningstjänstprodukter (*SPAR*). Räddningstjänsterna kan vända sig dit för att få hjälp med utvärdering av nytt materiel. Ett exempel på ett pågående projekt på *FIRST* är en studie om vilka åtgärder som är nödvändiga för att kvinnor och män ska kunna arbeta på lika villkor (RISE, 2018).

Ett annat exempel på samarbete är projektet *The Future of First Response*, som är ett samarbete mellan *Department of Homeland Security Science and Technology*, *Pacific Northwest National Laboratory* och *Continuum*. Syftet är att samla insatspersonal, industrin och regeringen för att definiera en gemensam vision av verktyg, kläder och teknik för insatspersonal under de kommande 15 åren. (Pacific Northwest Laboratory, 2018)

Ett initiativ från USA är *WeRespond* vilket är en intressegrupp som syftar till att påskynda innovationer för insatspersonal (*WeRespond*, 2018). Ett liknande exempel från Sverige är *Winguard* som startades 2016 med målet att öka innovationer inom samhällssäkerhet (*Winguard*, 2018). Nätverket *Winguard* sammanför innovationsföretag och användare. Ett exempel på en produkt inom *Winguard* som kan förbättra möjligheten att undvika olyckor och incidenter vid en utryckning/olycka är *EVAM Transmit*. Det är ett digitaliserat kommunikationssystem för V2V (fordon till fordon) som tillåter informationsöverföring i realtid (om ett akutfordon eller vägarbete närmar sig) till bilister i den direkta närheten (*EVAM*, 2018).

3.2 Protected

Inom detta område handlar huvuddelen av forskningen om inomhuspositionering och hur den fysiska statusen hos insatspersonalen kan övervakas under en räddningsinsats. Både inomhuspositionering och övervakning av fysisk status är beroende av sensorer vilket är att se som aktiva skydd till skillnad från beklädnad som är att se som ett passivt skydd. Både passiva och aktiva skydd presenteras närmare i avsnitt nedan.

3.2.1 Passivt skydd

Passivt skydd, i denna bemärkelse är antingen utrustning som du sätter på dig själv eller på marken för skydd mot ett känt hot.

Egenskaper hos kläder

Forskningen inom detta område fokuserar på att förbättra nuvarande utrustning istället för att utveckla ny teknik. Enligt vad som framkommit i en av workshoparna är utvecklingen av skyddsutrustning och smarta textilier snarare drivna av industrins behov av skydd eller av idrottares behov av funktionella kläder. Nanomaterial används för att förbättra kläderna med relevanta funktioner. Ett exempel på nanomaterial i brandbeklädnad är Nomex, som utvecklats av företaget DuPont. Det är använt i brandskyddandekläder som en barriär mot partiklar (Viking, 2018).

Den grundläggande brandbeklädnaden består av värmebeständiga kläder så som byxor, jacka, handskar och skor som kan motstå höga temperaturer. Utrustning som andningsskydd (andningsapparater och skyddsmask) används också. I en studie av Tunell och Claesson (2017) strävar de efter att hitta gemensamma nämnare för svenska organisationers andningsskydd. Genom att identifiera utförarnas olika användarsituationer och metoder vid en CBRN-händelse försöker de att skapa gemensamma baskriterier som kan nyttjas inom flera organisationer.

Andra typer av skyddskläder är kemdräkter eller dräkter som skyddar mot radioaktiv- eller biologisk förorening. Detta forskningsområde innefattar skyddskläderns egenskaper och ergonomiska design. Plaggets egenskaper testas på absorptionsförmåga av olika material (Collin et al, 2015), men även värmeisoleringsbeteendet hos flerskiktskläder (Naeem, Mazari, & Havelka, 2017). När det gäller ergonomi och gender är forskningen som hittats i sökningarna till exempel relaterad till hur kläderna kan utformas mer lämpligt för kvinnor, såsom bättre passform och storlekssystem (Hsiao, Whitestone, Kau & Hildreth, 2015; Park & Langseth-Schmidt, 2016).

Vissa studier som hittats fokuserade på en typ av textil som har en kylande effekt som kan användas under de termiska skyddskläderna. Dessa kläder ska minska risken för värmebelastning, som kan vara ett problem för räddningstjänst. En lösning som utvecklats är en ny typ av material med kylande egenskaper (Sullivan et al, 2015), en annan lösning är en separat väst för nedkylning vilken kräver vatten för att aktiveras (Deakin, Ennis-Thomas, & Armstrong, 2014). Liknande utrustning utvecklades också i projektet *STAYCOOL* (North West Textiles Network Limited, 2013), ett EU-finansierat forskningsprojekt där en prototyp av en lättvikts kylväst utvecklades. Statusen för *STAYCOOL*-systemet är inte känd.

FOI genomförde åt Försvarsmakten ett forskningsprojekt om fysiskt skydd och dekontaminering. Projektet syftade till att hitta metoder för hur olika skyddskläder valideras och för vilka kemiska ämnen. Dessutom betraktade projektet förmågan att utföra andra uppgifter när skyddskläderna användes (Tunell et al, 2011).

Huvuddelen av identifierad forskning i denna kartläggning har fokus på termiska skyddskläder snarare än på andra typer av skyddsbeklädnad som till exempel kemdräkter. Identifierad forskning som utförs på kemdräkter handlar framförallt om att testa hur lätt det är att använda och utföra räddningsinsatser

medan de bärs (Kim, Kim, Shin, & Haam, 2016). Workshops med sakkunniga påvisade att utvecklingen för utrustning, såsom kemdräkter och skyddsmasker, i Sverige huvudsakligen utförs av företag. Uppgifterna för forskare inbegriper utvärdering av utrustningen i olika tester, till exempel hur lämplig utrustningen är för räddningstjänst.

Passivt skydd vid skadeplats

Förutom skyddskläder finns det andra typer av passivt skydd. En vanlig olycksplats är på en trafikerad väg där en trafikolycka har inträffat. Om vägen fortfarande trafikeras krävs skydd. Skydd i detta fall kan vara symboliska barriärer i form av stora skyltar med lampor som gör förare uppmärksamma på olyckan. Denna typ av utrustning finns redan på marknaden (TopRight Nordic AB, 2017). Ett annat exempel på passivt skydd för att arbeta på vägar som finns tillgängligt på marknaden är speciella fordon som skyddar både insatspersonal och trafikanter (Sbff, 2016) eller EVAM-systemet som nämns ovan (se avsnitt 3.1).

3.2.2 Övervakning av fysisk status

En stor del av forskningen inom området *Protected* fokuserar på sensorer som övervakar den fysiska statusen hos räddningspersonalen, exempelvis temperatur, puls och syrenivå, och kan bäras av individer. Bakgrunden till detta område är den värmebelastning som uppstår vid brandbekämpning, vilket påverkar brandmän och är en förklaring till dödsfall. Tekniken är inbyggd i textilier (vilka då kallas smarta textilier), se *WASP* nedan, och kan enkelt bäras under de termiska skyddskläderna. Smarta textilier utvecklas ofta med nanoteknik. Detta gör det möjligt att inkludera element med elektroniska och optiska fibrer, sensorgarn, omvandlare mellan elektriska och optiska signaler, sensorband och funktionstyger.

EU-projektet *I-Protect* utvecklade ett avancerat system för personlig skyddsutrustning som säkerställer aktivt skydd och informationsstöd för personal som arbetar i högriskmiljöer och komplexa miljöer vid brandbekämpning, exempelvis vid kem- och gruvolyckor. Systemet kan övervaka både individens fysiska status och miljön (Central Institute for Labor Protection-National Research Institute, 2014). Systemet testades och validerades, men ingen ytterligare information om prototypens nuvarande status hittades.

Forskningen har lett till ett antal färdiga produkter för övervakning av fysisk status. Ett exempel på ett forskningsprojekt som nu är en produkt på marknaden är *Wearable Advanced Sensor Platform (WASP)* från USA. Det är ett kroppsburet system med sensorer i tyget, som integrerar fysiologisk- och platsövervakning i ett enda system som samlar in, överför och visar integrerade användardata i realtid till en insatsledare eller ledningscentral (Globe, 2017).

En liknande lösning utvecklades som en del av det europeiska innovationsprojektet *Smart@fire* (Vlaamse Gewest, 2016). Texport-konsortiet grundades inom projektet *Smart@Fire* och började utveckla personlig

skyddsutrustning med integrerade sensorer för övervakning av fysisk status, positionsövervakning och gasdetektering (Texport-konsortiet, 2016).

3.2.3 Lokalisering och positionering

Information gällande var personalen befinner sig är viktig för både effektivitet och säkerhet i räddningsinsatser. Informationen om position behövs både för insatsledaren men också mellan insatspersonal (Ferreira, Fernandes, Catarino & Monteiro, 2017; Albrecht & Heide, 2018). Fokus för den funna forskningen inom detta område är främst system för inomhuspositionering och endast en liten del av forskningen handlar om utomhuspositionering.

Positionering kan göras med olika tekniker med sensorer och algoritmer. Ett exempel på tekniker som används är *Pedestrian Dead Reckoning* (PDR), som använder skomonterade sensorer som beräknar var en person ska vara beroende på deras senast kända plats (Syed, Brown, Garrity, & Mackinnon, 2015). Andra exempel är användningen av accelerometer, gyroskop och trycksensorer för information till algoritmer vilka beräknar positionen för en person (Scheurer, Tedesco, Brown, & O'Flynn, 2017).

Det svenska projektet *TOR* (Tactical locatOR) utvecklade utrustning för inomhuspositionering med hjälp av en fotmonterad enhet, från det tidigare projektet *OpenShoe* med tillhörande open source-nätverk. Utrustningen utvecklades under 2013-2016 av forskare vid Kungliga Tekniska Institutet (KTH) och testades i verkliga rökdykningssituationer (Nilsson, Zachariah, Skog & Händel, 2013). Den öppna källkoden från *OpenShoe* har utvecklats till en produkt för inomhuspositionering (Inertial Elements, 2018).

En annan teknik är *Simultaneous localization and mapping* (SLAM) som används i olika studier (Albrecht & Heide, 2018, Kosyanchuk, Smirnov, & Panyov, 2015). De utvecklade systemen lokaliserar både bäraren samt ritar en karta över omgivningen. Ett exempel på ett forskningsprojekt inom detta område är FOI-projektet *Chameleon* där teknik som utvecklats för militären också testades på rökdykare (Emilsson, & Rydell, 2014).

Ultra Wide Band (UWB) är en liten och lättviktig teknologi som lätt kan bäras av insatspersonal. Taggen tillåter en exakt inomhuslokalisering och identifiering av användaren (Zetik & Del Galdo, 2017). Denna metod användes också i EU-projektet *EUROPCOM* (Emergency ultra-wideband radio for positioning and communications) där användes radioutrustningen för lokalisering och positionering (Harmer et al, 2008).

Det är inte helt lätt att finna ut om några av prototyperna från forskningsprojekten som nämns ovan utvecklas till produkter, men det finns andra produkter för inomhuspositionering på marknaden. Exempel på detta är *TRX-system*, ett inomhuspositioneringssystem (TRX-system, 2018) och *SRT*, ett personligt larm som används för lokalisering inom- och utomhus som också har en "man down" -funktion som skickar ett larm om bäraren befinner sig i en liggande position under en lång tidsperiod (Scandinavian Radio Technology, 2018). För utomhuspositionering finns en lösning som utvecklades 2017 av innovationsbolaget *WILDA spårning AB* (Wilda spårning AB, 2018).

3.2.4 Sensorer

Användning av en sensor kan ha olika syften och det finns ett brett spektrum av sensorer. Till exempel finns sensorer som upptäcker utsläpp och mäter dispersion av kemiska eller explosiva ämnen i luften, på marken eller i vatten. Sensorer kan också vara övervakningskameror med algoritmer som upptäcker avvikelser i folkmassor. En aspekt av sensorer är deras placeringar. De kan vara kroppsplacerade, som inom området för övervakning av fysisk status som nämnts ovan. De kan även ha olika placeringar inom en skadeplats, mobila eller statiska. Vidare kan sensorerna vara mellan jurisdiktioner och således redan finnas på plats i samhället, till exempel i konceptet smarta städer. Forskningen och utvecklingen av sensorer grupperas nedan baserat på deras placering.

Kroppsburna sensorer

Kroppsburna sensorer är de som kan bäras av en person. Sensorerna kan antingen känna av bärarens fysiska status eller övervaka miljöparametrar och upptäcka hot i omgivningen. Sensorn är antingen handhållen eller monterad på bäraren. *IntelTex* (Nanocyl S.A., 2010) är ett EU-projekt som integrerade sensorer i textilier för detektering av kemikalier. Det finns ingen information om nuvarande status för de utvecklade produkterna i IntelTEX. Olika forsknings- och utvecklingsprojekt inkluderar även skärmar för den person som bär enheten. Skärmarna är antingen handburna eller monterade i ögonhöjd (head-up display, [HUD]).

Det finns flera produkter på marknaden för detektering av kemikalier. Till exempel en multispektral enhet som utvecklats av *Serstech* (2018), som kartlägger sensordata till en databas av kemikalier. Det som saknas inom detektionsområdet är, enligt en av de sakkunniga, enheter som kombinerar olika sensortekniker och kan analysera kemikalier direkt i enheten.

Sensorer vid skadeplatsen

De kroppsburna sensorerna är en del av sensorerna vid en skadeplats, men i denna rapport beskrivs de separat. Sensorerna som används vid skadeplatsen är både statiska och mobila men forskningen om statiska sensorer är mer mogen än på mobila sensorer (Hutchinson, Oh, & Chen, 2017). För mobila sensorer har den pågående forskningen också fokus på bärarna exempelvis fordon, UAV och robotar. Fördelen med en UAV är att den kan skickas till skadeplatsen i förväg, skapa en lägesbild och upptäcka risker. Insatsledaren skulle också kunna använda UAV:er för att övervaka skadeplatsen parallellt med räddningsarbetet. Robotar används också som bärare och skickas in till byggnader för att skapa en bild av insidan utan att behöva riskera personalens liv. UAV/roboten nyttjas antingen i början av insatsen innan personalen påbörjar sitt arbete eller parallellt med personalens arbete (Li, Li, & Xu, 2015; Elgebal et al, 2017). På den privata marknaden utvecklas både UAV och robotar för att transportera sensorer för hantering av skadeplatsen. Exempel på detta är brandroboten *FUMO* (AB Realisator Robotics, 2018), *IdentifAI*, en kombination av en UAV och bildanalys (Globhe, 2018) och *Airee* en UAV utrustad med sensorer (Airee, 2017).

Exempel på forskningsprojekt om sensorteknologi inkluderar det EU-finansierade projektet *OPTIX* (Optical Technologies for Identification of Explosives). Projektet är nu avslutat men syftade till att tillhandahålla ett nytt verktyg för detektering av sprängämnen, såsom improviserade explosiva enheter (IED) från ett säkert avstånd (Zachhuber, Gasser, Chrysostom, & Lendl, 2011).

Radar är en typ av sensor som, till exempel, används för att "titta runt hörn" och för att lokalisera offer utan att behöva beträda det farliga området (Zetik, Eschrich, Jovanoska, & Thoma, 2015). Radar kan också användas för kartläggning av skadeplatsen och övervaka risker som jordskred eller byggnadskollaps. Tekniken som ofta används för 3D-kartläggning heter *LIDAR* (Light detection and ranging) och används till exempel för självkörande bilar. Radar är en av de tekniker som kommer att användas i ett nystartat FOI-projekt *Drönbaserad dokumentation av brotts- och skadeplatser* finansierat av Vinnova, där sensorer som bärs av en UAV används för att kartlägga skadeplatsen och upptäcka farliga områden (Vinnova, 2018). *Human Detection System* är en svensk produkt utvecklad för detektering av rörliga föremål bakom väggar eller andra hinder (Cinside, 2018).

Sensorer kan också reagera på ljud av skjutvapen. Idag används dessa typer av sensorer ofta i militären för att få riktningen av varifrån skottlossning kommer (Raytheon, 2018). En situation där detta kan vara till nytta för insatspersonal är vid skadeplatsen under en terrorattack. Om det finns terrorister kvar på platsen, som tänker skjuta mot insatspersonalen så behöver de veta i vilken riktning de kan ta skydd.

Sensorer mellan jurisdiktioner

Konceptet *Smart Cities* avser teknik inbyggd i samhället som samlar, sammanställer och analyserar realtidsdata (Palmieri, Ficco, Pardi och Castiglione, 2016). I de flesta urbana områden är flera sensorer, kameror och nätverk redan i bruk i både byggnader, annan infrastruktur och utomhus. I konceptet *Smart Cities* fokuserar forskningen på nya system för krisberedskap samt hur man anpassar och använder befintliga system. Det EU-finansierade forskningsprojektet *P5* (Privacy Preserving Perimeter Protection Project) tog fram ett system som ett exempel på hur olika sensorer kan användas för att upptäcka hot mot kritisk infrastruktur. Systemet omfattar både aktiva och passiva sensorer, t.ex. radar, visuella och termiska sensorer (FOI, 2017). Projektet är nu avslutat och ingen ny information om systemet finns tillgänglig.

En lösning för hur man använder befintliga sensorsystem testades i det EU-finansierade projektet *SAFECITY* (Future Internet Applied to Public Safety in Smart Cities). Ett sensornätverk, i en tågtunnel och på tåget, övervakade passagerare och luftkvaliteten och vidarebefordrade informationen till funktioner i räddningsorganisationen, både på plats och till ledningscentralen (Granlund et al, 2011).

Integrerade sensorer i byggnader för att uppnå komfort, säkerhet och energieffektivitet blir allt vanligare. System som *Building Information Modeling* (BIM) är ett tillvägagångssätt för att skapa en digital samling av

byggnadens data och är i vissa fall katastrofförebyggande (Wang et al, 2014). Det EU-finansierade projektet *SCUBA* (Self-organising, Cooperative, and robUst Building Automation) tittade på lösningar på hur man samlar in information från en byggnad om personer som bor där, var branden sker, var man ska evakuera etc. (Mc Gibney et al, 2013).

3.3 Connected

Fokus på forskning inom området Connected är främst på aktiv skyddsutrustning som kan vara bärbar eller en del av klädseln. Sensordata om, till exempel, det fysiska tillståndet skickas automatiskt till andra system.

Det finns flera forskningsprojekt om hur data kan överföras inifrån byggnader till personal utanför, som presenteras nedan. Det finns exempel som lokala Wi Fi eller digitala "bread crumbs" som fungerar som små routrar och möjliggör spårning av en rökdykares väg.

3.3.1 Trådlösa nätverk

Övervakning och positionering kräver någon form av nätverk som kan skicka och ta emot information. Inom begreppet *Smart Cities* betraktas befintliga nätverk i samhället men det räcker inte och det finns också en risk för att dessa system kommer att skadas vid en samhällsstörning. Flera forskningsprojekt fokuserar på hur man bygger lokala nätverk som kan underlätta kommunikation och lokalisering på skadepplatsen. Dessutom har organisationer som arbetar vid en samhällsstörning vanligen olika typer av trådlös kommunikationsteknik, vilket i sin tur kan skapa svårigheter vid samarbete på grund av problem med informationsutbyte.

I en omfattande undersökning av nuvarande och framtida applikationer och utmaningar för trådlös kommunikation sammanfattar Baldini, Karanasios, Allen & Vergari (2014) hur krishanteringsorganisationer kan utnyttja denna teknik. I sin undersökning tittar de på olika; funktioner (brottsbekämpning, brandbekämpning etc.), scenarier (urban eller landsbygdsmiljö, gränser etc.), olika funktioner i kommunikationstjänster (röst, data, meddelanden, push-to-talk och säkerhetstjänster), krav och jämförelser mellan kommersiella och militära domäner.

I EU-projektet *RESCUE* (Citizens' resilience in time of crisis) var målet att hjälpa insatspersonal att kommunicera, även om den vanliga infrastrukturen skadades. Detta skulle kunna uppnås genom utbyggnad av bredbandskommunikationsinfrastruktur i händelse av en katastrof (Gilat Satellite Networks Ltd., 2013). Projektets nuvarande status är okänd.

SAVE ME (System and actions for vehicles and transportation hubs to support disaster mitigation and evacuation) var ett EU-finansierat projekt som utvecklade ett system som kan upptäcka och styra evakuering i händelse av en katastrof i terminaler för kollektivtrafik och kritisk infrastruktur (tunnlar/broar). Syftet var att stödja snabb och optimal vägledning för massevakuering, för att rädda människors liv och minimera riskerna för insatspersonalen. (University of Newcastle upon Tyne, 2012; Cocone et al., 2014).

Andra studier om nödsituationer i tunnlar har undersökt trådlösa nätverk vid arbetet i tunnlar (Erd, Schaeffer, Kostic & Reindl, 2016). May, Mitchel & Piper (2014) har använt omkonfigurerbara trådlösa nätverk med bra resultat på effektivitet och självförtroende hos *first responders*.

Annan teknik för trådlös kommunikation som kan övervinna problemet med samarbete mellan insatsorganisationer är *Software-defined Radio* (SDR) och *Software Communication Architecture* (SCA) (Baldini, Sturman, Dalode, Kropp & Sacchi, 2014). *Decentralized ubiquitous networking*, är en annan teknik som kan användas för insatsorganisationer (Panaousis, Ramrekha, Politis, & Millar, 2012).

FeuerWhere (Tracking Fire Fighters) var ett tyskt projekt som syftade till att utveckla trådlösa, självkonfigurerade sensornätverk som kunde övervaka räddningstjänstpersonalens position, fysiska status samt miljöparametrar (Baar, 2010, Piotrowski, Sojka & Langendoerfer, 2010).

Wireless Sensor Network (WSN) är en annan teknik som kan tillämpas inom många olika områden. Det har använts av militären för att övervaka slagfältet och skapa situationsmedvetenhet (Hua, Li & Yan, 2011), men kan troligen vara användbar även för insatspersonal. Ett exempel på detta är att kombinera WSN med PAN (Personal Area Network) arkitektur (Eliasson, Zhong & Delsing, 2010).

Kombinationen av trådlösa BAN (Body Area Networks) med smartphones är ett sätt att visualisera mätningar av fysiskt tillstånd. Säkerhetsaspekten för informationen måste beaktas vid användning av denna teknik (Wagner, Kuck, Cabrera, Enoksson & Sieber, 2012).

Användning av gemensamma nätverk mellan krishanteringsaktörer som innehåller bärbara datorer, övervakningssystem, handdatorer och mobiltelefoner är inte problemfritt. Flera saker måste övervägas, till exempel säkerhetsrisker (McGee, Coutière & Palamara, 2012) och nätverkens förmåga att överföra olika typer av data (Davison et al., 2010).

En kommersiell produkt som finns inom ramen för trådlösa nätverk är *Broadsword Spine*. Ett nätverk som levererar ström samt dataanslutning och är inbyggd i kläder (BAE Systems, 2018).

3.3.2 Information och kommunikationsteknologi (IKT)

Forskning och utvecklingsprojektet *MOBI* (Mobile Object Bus Interaction) var ett samarbete mellan det finska universitet *Laurea*, finsk polis och olika industripartners. Målet med projektet var att minimera antalet system i utryckningsfordon och att skapa en gemensam IKT-infrastruktur för alla utryckningsfordon. IKT-systemet var uppdelat i fyra lager (fordonsinfrastruktur och energihantering, kommunikation, serviceplattform och gemensam service samt aktörsspecifikt) med ett standardiserat gränssnitt mellan lagren (Tikanmäki, Rajamäki, Pirinen (Eds.), 2014; Rajamäki, 2013). Ett demonstrationsfordon togs fram, men inga ytterligare uppgifter hittades efter publikationerna 2014.

Shih, Chen och Yeh (2014) utvecklade ett "service recovery framework" för en meddelandeservice vid katastrofhändelse. Orsaken till detta var att meddelandetjänsterna för katastrofvarningar ofta utvecklades på befintliga meddelandetjänster med ett underliggande nätverk som inte var konstruerat för att vara tillförlitligt under en samhällsstörning. *FirstNet* är nätverk för offentlig säkerhetskommunikation som för närvarande används i USA. Kommunikationsnätverket är baserat på kommersiella standarder och skapades för att ge krishanteringsorganisationer uppdaterade kommunikationsverktyg (First Responder Network Authority, 2018).

Genom att använda geotaggade fotografier från skadeplatsen (fotograferade antingen av befolkningen eller av insatspersonal) och sedan föra in dem i *Copernicus EMS* (European Copernicus Emergency Management Service) kan kartor produceras i nästintill realtid. Detta har gjorts i ett projekt av Rossi, Heyi & Scullino (2017), där de skapade en mobilapplikation som, med hjälp av molntjänster, kunde samla geolokaliserad data och möjliggöra ett crowdsourcing-tillvägagångssätt under ett naturkatastrofscenario.

EULER (EUropean software defined radio for WireLEss in joint secuRity operations), var ett EU-projekt som handlade om integrering av trådlös systemkommunikation och SDR (software defined radio), med syftet att förbättra interoperabiliteten (Baldini et al., 2011).

3.4 Fully aware

Området *Fully aware* är en kombination av områdena *Protected* och *Connected*, där mervärde har skapats, ofta med hjälp av ett beslutsstödsystem.

Större delen av forskningen som finns inom området *Fully aware* är koncentrerat på GIS-baserade (Geografiskt information system) beslutsstödsystem där risker, enheter och andra objekt kan ritas och markeras på en karta, som visas både på skadeplatsen och i ledningscentralen. Området innefattar också forskning om hur situationsmedvetenheten kan förbättras genom informationsfusion av sociala medier och användningen av *IoT* (Internet of Things). Området avslutas med ett kapitel om varningssystem, ett område inom *Fully aware* som omfattades av workshopparna men inte av de inledande sökningarna av litteratur och produkter.

3.4.1 Informationsfusion

Kategorin informationsfusion handlar om sammanställning av information från flera olika källor, så som sensorer och information från allmänheten. Användningen av sociala medier och crowdsourcing är exempel på sätt att samla stora mängder av information från allmänheten.

Användningen av sociala medier för att samla information har gjorts i flera studier. Antingen genom att använda människor som sensorer (Boddu, Dave, McCartney, West, & Williams, 2013), för att skapa kartor (Aulov, Price, & Halem, 2014) eller för att öka informationen i den gemensamma lägesbilden (Bareiss, Griss, Rosenberg, & Zhang, 2011). *PhotoNet* var en leveransservice av bilder för kameranätverk där överlevande och insatspersonal kunde skicka foton till ledningscentralen (Uddin et al., 2011; Wang et al., 2011).

Crowdsourcing har använts bland annat i en studie med videoövervakning för att möjliggöra analys av realtidsdata för insatspersonal (Gadgil, Tahboub, Kirsh, & Delp, 2014). *AF3* (Advanced Forest Fire Fighting) var ett EU-projekt som fokuserade på att utveckla innovativ teknik för integration av nya och befintliga system (Thomopoulos et al., 2016). Bland många saker använde de crowdsourcing för att nå högre tillförlitlighet och mindre falsklarm när de använde information från offentliga informationskanaler, som sociala medier.

Chen, Lin & Wang (2013) föreslog en räddningstjänstarkitektur som var sensorstödd och utformad för att ge personlig situationsmedvetenhet. *GIS* (Geografiskt information system) är ett applikationsområde som stödjer situationsmedvetenheten genom datahantering, planering och analys (Perdikaris, 2011). En annan teknik som används för att möjliggöra situationsmedvetenhet är *RFID* (Radio Frequency Identification), Chen et al. (2010) skapade ett system för insatspersonal för effektiv insamling, lagring och delning av byggnadsbedömningsinformation med hjälp av *RFID*.

Sakernas internet (IoT) är ett annat teknikområde som kan användas för att förbättra situationsmedvetenhet. I en internetbaserad undersökning frågade Schroeder, Manz, Amaya, McMakin & Bays (2018) 250 stycken personer som arbetade som insatspersonal i USA hur de upplevde parametrar som effektivitet, säkerhet och tillförlitlighet avseende IoT-tekniken. Flera studier har utförts för att ta reda på fördelarna av IoT för insatspersonal, ett exempel var att bedöma hur IoT kan underlätta under insatser (Yang, Yang, & Plotnick, 2013). Ett IoT-baserat ramverk har också använts för att övervaka miljöparametrarna för att varna personalen. Tanken var att vägleda insatspersonal till rätt ställe för att undvika att resurser är på fel plats, till exempel att det inte finns någon skadad i närheten eller att de är på väg mot en plats där det inte brinner (Mongiello et al., 2017; Mongiello et al., 2018).

3.4.2 Beslutsstödsystem

Kategorin beslutsstödsystem kopplar till forskning och utveckling av hur data sammanställs och hur information presenteras för att förbättra situationsmedvetenhet och underlätta beslutsfattandet. Exempel på detta kan vara visualisering av farliga områden, sammanställning av personalens fysiska status eller lokalisering av personalen.

Projektet *ARTEMIS CAMMI* (Cognitive Adaptive Man Machine Interface) fokuserade på ett gemensamt kognitivt system för att förbättra personalens prestation i en krävande situation. En applikation var ett gränssnitt för räddningstjänst (De Graaf, Varkevisser, Kempen, & Jourden, 2011).

Inom *AF3* (Advanced Forest Fire Fighting) -projektet utvecklades beslutsstödsystemet *OCULUS Fire*, som var ett övervaknings- och visualiseringsverktyg (Thomopoulos et al., 2016). Projektet slutade 2017 och det finns ingen aktuell information om systemet.

Mycket forskning om *C4ISR* (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance och Reconnaissance) finns inom militärområdet (Müller et al. 2017), men kan eventuellt användas inom

domänen för räddningstjänst. Runt om i världen finns det flera pågående soldatmoderniseringsprogram där olika beslutsstödsystem tas fram. Systemen är konstruerade för militär användning, men många av applikationerna är användbara för insatspersonal. Ett exempel på ett sådant system är det kanadensiska *ISSP* (Integrated Soldier System Project). Syftet med projektet är att öka situationsmedvetenheten genom att göra det möjligt för soldaterna att hålla kontakten med sitt team, tillhandahålla navigationsinformation och förbättra ledning (National Defence and the Canadian Armed Forces, 2018). I en annan militär studie försöker de förbättra situationsmedvetenheten genom att matcha befälhavarnas mentala modeller och informationsbehov med beslutsstödsystemet (Streefkerk, Smets, Varkevisser & Mastrigt, 2014). I andra studier på svenska militära befälhavare användes ett verktyg, *The Impact Matrix*, som tidigare har använts av företag för riskhantering. Verktöget användes i dessa studier för att förbättra befälhavarens situationsmedvetenhet genom att presentera sannolikheter för olika framtida händelser (Nilsson, van Laere, Ziemke, Berggren, Kylesten, 2008; Svenson, Berg, Horling, Malm, & Martenson, 2007).

Vissa forskningsstudier innehåller teknik som GPS, GIS och GSM i sitt system för beslutsfattande (Kamoun, Werghi, & Blushi, 2010). Andra forskare föreslår konceptmodeller eller prototyper av plattformar, som integrerar information från flera sensorer från UAV:er, personer och kameror (Suciu et al., 2018; Mohsin, Steinhäusler, Madl, & Kiefel, 2016). Foresti, Farinosi & Vernier (2015) tar det ett steg längre och presenterar ett avancerat system för krishantering (*ASyEM*) där sensordata från smarta sensorer i miljön behandlas och integreras med användargenererad data från sociala mobilapplikationer, t.ex. Twitter.

THEMIS (DisTributed Holistic Emergency Management Intelligent System) är ett pågående projekt som stödjer katastrofhantering i realtid för både beslutsfattare och insatspersonal genom en georefererad gemensam lägesbild som bygger på information från användare, sensorer och crowdsourcing (Nunes, Lucas, Simões -Marques, & Correia, 2017).

Det finns flera studier fokuserade på visualisering, en handlar om *HiGRND* (Hierarchical Grid Referenced Normalized Display) som är ett visualiseringsverktyg för insatspersonal, som kan spåra och lokalisera personal och även göra 2D-ritningar till 3D-objekt (Woodley, Petrov, & Meisinger, 2010). Ett annat system skapar en 3D-modell av en byggnad i realtid för en operativ befälhavare, med data från ett mobilt system som bärs av insatspersonalen (Schönauer, Vonach, Gerstweiler, & Kaufmann, 2013).

I byggnader med nätverksinfrastruktur kan det finnas inbyggda brandlarmkontrollpaneler (eng. *FACP*) som underlättar evakuering. Med viss anpassning av funktionalitet, kan dessa system också användas av räddningstjänsten under en brand. Om *FACP* är utrustad med Wi-Fi och LTE (Long Term Evolution, 4G) kan robotar som genomsöker byggnaden och strömmar live-video kopplas till *FACP* och skicka information i realtid till insatsledaren eller ledningscentralen (Elgeballi et al., 2017).

3.4.3 Varningssystem

Varningssystem diskuterades med de sakkunniga under flertalet workshops. Både hur varningar ska presenteras och för vem. Om varningen ska ges till insatspersonalen, hela teamet, insatsledare eller ledningscentralen. En idé om varning som diskuterades var att ha material som byter färg när det blir kontaminerat men det gavs inget specifikt exempel om forskning på detta.

I de ursprungliga sökningarna har det inte hittats några specifika resultat om hur insatspersonal får en varning om ett hot närmar sig. Särskilda sökningar genomfördes efter workshopparna för att hitta relevant forskning och utveckling. Varningssignaler kan till exempel ges som ett talat meddelande, en signal, en visualisering eller en taktil gest. Några exempel på detta är, i USA, där det är standard att använda personliga säkerhetssystem (PASS-enheter) som är en apparat som avger en signal om en brandman blir liggandes (FEMA, 2012). Liknande svenska produkter är *SRT Personal Alarms* som har en "man down" -funktion, se kapitel 3.1.3 (Scandinavian Radio Technology, 2018). Ett forskningsprojekt vid University of Sheffield har utvecklat en taktilhjälm som gör bäraren medveten om omgivningen genom att skicka sensorsignaler när de närmar sig ett hinder (Bertram, Evans, Javaid, Stafford & Prescott, 2013). Hjälmerna skulle kunna hjälpa insatspersonal att få en bättre uppfattning om omgivningen utan att använda ögonen, till exempel i mörk och rökig miljö. Den taktila tekniken kan också användas för varningar. Det är oklart om tekniken är i drift.

4. Diskussion

Huvudsyftet med denna studie var att hitta forsknings- och utvecklingsprojekt och produkter inom områdena *Protected*, *Connected* och *Fully aware*. De sökningar som genomförts visade att en större andel av forskningen relaterar till området *Protected*, som huvudsakligen innehåller tekniska lösningar för skydd av insatspersonal. Forskningen inom områdena *Connected* och *Fully aware* är inte lika nära kopplad till insatspersonal som inom *Protected*. Några av studierna försöker bredda sitt perspektiv och inkludera alla tre områden genom att utveckla en lösning som omfattar hela kedjan av händelser från en sensor, via ett trådlöst nätverk och slutar som beslutsstöd för insatsledaren. Syftet med dessa områdesöverlappande studier definieras emellertid sällan som en hel lösning utan har fokus på ett av områdena.

Ett annat syfte med denna studie var att identifiera forsknings- och utvecklingsprojekt som fokuserade på tre förmågegap. Förmågan att: 1) i realtid veta vart ”*first responders*” befinner sig och deras närhet till risker och faror, 2) i realtid detektera, övervaka och analysera aktiva och passiva hot och faror på skådeplatsen samt 3) snabbt identifiera farliga ämnen och föroreningar. Resultaten relaterade till förmågegapen återfinns främst inom området *Protected*.

Vi har även sökt efter forskning med fokus på genus. Några få studier som ingår i resultaten tar upp frågan om det finns skillnader eller anpassningar, men den funna forskningen behandlar främst utformning av skyddskläder. Det som vi har märkt i de flesta studier är att i de tester som utförs med räddningspersonal, så har deltagarna huvudsakligen varit män.

De söktermer som användes, för att hitta relevant forskning, identifierades från specifikationen av denna studie (FOI-2018-954:5/MSB 2018-05091) och från olika typscenarier (se avsnitt 1.1.1). Denna rapport bygger huvudsakligen på genomläsning av abstrakts och projektsammanfattningar, men några studier har granskats mer ingående för att få en fördjupad kunskap om olika begrepp och teknologier. På grund av de valda metoderna är det möjligt att relevant forskning och utveckling saknas i denna studie. Om det finns söktermer som inte togs med i initiala sökningar bör de olika sätten att finna information ha minskat risken för missad information. Den forskning som kan ha missats finns troligen i utkanten av de identifierade forskningsområdena.

4.1 Resultatdiskussion

I forskningsprojekten består den utvecklade utrustningen huvudsakligen av prototyper, vilka visar hur tekniken kan användas. Många av de funna projekten, främst EU-projekten, rapporterar sina resultat inom projektperioden men efter projektavslut upphör all information om den utvecklade produkten. Det är svårt att hitta information om prototypen har kommersialiserats till en produkt eller om prototypen var misslyckad. I detta

arbete hittades och presenterades endast ett fåtal kommersiella produkter. Anledningen till detta kan vara att mycket av tekniken är ny och att privata utvecklingsprojekt inte är lika öppna eller inte lika omfattande rapporterade som forskningsprojekt. De sökningar som genomförts är också specifika eftersom de syftar till att hitta projekt och produkter inom domänen för räddningstjänst med hjälp av söktermer som "brandman", "räddningstjänst" och "skadeplats". Detta kan också ha lett till några missade resultat, eftersom produkter och prototyper som utvecklats för andra domäner även kan användas av räddningstjänst. Flera av de sakkunniga som deltog i workshopparna har en bra kunskap om militärindustrin, som är en närliggande domän för att hitta relevanta produkter gällande skyddsutrustning. Andra domäner som har identifierats, i workshoppar, för utveckling av utrustning som kan vara lämplig för räddningstjänst är idrottsbranschen, där nya material och smarta textilier utvecklas, samt branscher som använder personlig skyddsutrustning.

Huvudsakligen kommer forskningen från USA eller Europa. Behovet av ny teknik och metoder varierar mellan olika länder, vilket kanske kan förklaras av antal dödsolyckor. De olika behoven kan också bero på olika arbetsrutiner. Dessutom skiljer sig infrastrukturen och klimat åt mellan länder. Detta påverkar både vad riskerna är och vilket skydd som redan är inbyggt i infrastrukturen, som sensorer, passivt skydd etc.

I flera av de genomförda workshopparna diskuterades vilken information som ska presenteras och för vilken funktion, på skadeplatsen eller i ledningscentralen. Många av forskningsprojekten fokuserar på tekniska anordningar för skydd snarare än metoder, speciellt forskning kring hur människor och teknik kan interagera saknas. Metoder för hur teknik används utvecklas huvudsakligen genom praxis och genom lärdomar efter introduktion av ny teknik. I vissa sällsynta fall har forskare validerat metoderna i studierna. Risken är att för många lösningar utan integration kommer att leda till informationsöverbelastning, vilket i sin tur kan sänka både effektiviteten och säkerheten. Det finns också risk för att bli alltför beroende av teknik för varningar om risker i miljön.

Flera av forsknings- och utvecklingsprojekten är vaga gällande problemet eller behovet som tekniken är tänkt att adressera och hur tekniken kan vara lösningen. I vissa fall har brandmännen irrat bort sig i bränder, vilket motiverar utrustning för positionering. Frågan om huruvida denna typ av utrustning skulle ha räddat de omkomnas liv besvaras emellertid sällan, särskilt eftersom det inte finns någon tydlig förklaring för hur tekniken skulle kunna förbättra säkerheten. Olika typer av trauma, till exempel olyckor under uttryckning eller byggnadskollaps under en brand, är områden som sällan har diskuterats i de funna forsknings- och utvecklingsprojekten. Det samma gäller forskning kring problemen runt trafikolyckor, där de flesta olycksfall/dödsfall drabbar räddningstjänstpersonal i Sverige.

4.2 Slutsatser

Det övergripande syftet med denna studie var att identifiera vilken forskning och utveckling som utförts inom områdena *Protected*, *Connected* och *Fully aware* för insatspersonal. Nedan listar vi de övergripande slutsatserna (utan rankning) som kan dras av den funna informationen kring forskning och utveckling.

- Hela området för forskning och utveckling avseende skydd för insatspersonal är väldigt varierande. Färre forskargrupper än förväntat identifierades och mycket av produktutvecklingen verkar drivas av den privata marknaden. Detta gör det svårt att hitta information genom konventionella sökningar. Detta ställs i kontrast mot EU-ramprojekten, vilka kopplar ihop den akademiska forskningsdomänen till privata företag. Dock är det svårt att hitta information om vad som händer med prototyperna efter projektslut.
 - En djupare sammanställning av vad som hänt med prototyper från EU-projekt skulle vara till nytta. Det skulle kunna genomföras genom att ta kontakt med koordinators från relevanta EU-projekt.
- Baserat på metoden i denna studie finns det en del forskning och utveckling som kanske har missats eller så kanske den helt enkelt inte existerar. Därför föreslås det fler sökningar av forskning inom följande områden;
 - Hur risker för byggnadskollaps upptäcks.
 - Forskning om kemdräkter och instrument för detektering av kemiska och biologiska hot.
 - Hur användningen av (och delning av) information från sensorer i smarta städer mellan olika aktörer kan lagstadgas.
 - Hur teknik som är inbyggd i infrastruktur, aktiv och passiv, kan användas och hur relevanta metoder utvecklas så att utrustningen faktiskt används.
 - Hur forskning och utveckling kan generaliseras från andra domäner till räddningstjänst.

4.3 Framtida rekommendationer

Dessa är rekommendationer för framtida studier inom området:

- Framtida forskning ska ha en nära koppling till räddningstjänsternas krav och behov, både för att förebygga dödsfall men också för att hantera andra säkerhetskrav.
- Ny teknik bör fokusera på användbarhet. Sensorerna måste till exempel arbeta själva, enheterna/utrustningen måste vara mindre och användartester måste genomföras under hela utvecklingsprocessen.

- Ett förslag till ytterligare forskning är att göra sensorutrustningen mer självanalytisk så att informationen kan visas för användaren i realtid istället för att skickas till labb för analys av experter.
- Ytterligare sökningar av forskning, utveckling och innovationer för att hitta ytterligare information, genom:
 - Att använda andra databaser för vetenskaplig forskning.
 - Fördjupade sökningar inom utvalda specifika områden.

5. Referenser

- AB Realisator Robotics (2018) FUMO. Hämtad 15 november, 2018, från <https://fumo.nu/>
- Airee (2017). Airee vill rädda liv – från luften. Hämtad 15 november, 2018, från <https://www.airee.io/2017/10/22/airee-vill-radda-liv-fran-luften/>
- Albrecht, A., & Heide, N. (2018, April). Improving stereo vision based SLAM by integrating inertial measurements for person indoor navigation. In 2018 4th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR) (pp. 327-331). IEEE.
- Aulov, O., Price, A., & Halem, M. (2014). AsonMaps: A platform for aggregation visualization and analysis of disaster related human sensor network observations. In *Proceedings of the 11th International ISCRAM Conference – University Park, Pennsylvania, USA, May 2014*.
- Baar, M. (2010). *FeuerWhere Joint-Project*. Hämtad 13 september, 2018, från Freie Universität Berlin, Institute for Computer Systems and Telematics Web site: <http://www.mi.fu-berlin.de/inf/groups/ag-tech/projects/feuerwhere/feuerwhere.html>
- BAE Systems (2018). Broadsword Spine. Hämtad 4 december, 2018 från <https://www.baesystems.com/en-uk/product/broadsword-spine>
- Baldini, G., Karanasios, S., Allen, D., & Vergari, F. (2014). Survey of wireless communication technologies for public safety. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 16(2), 619-641.
- Baldini, G., Picchi, O., Luise, M., Sturman, T. A., Bräysy, T., Vergari, F., Moy, C., & Dopico, R. (2011). The EULER project: application of software defined radio in joint security operations. *IEEE Communications Magazine*, 49(10).
- Baldini, G., Sturman, T., Dalode, A., Kropp, A., & Sacchi, C. (2014). An emergency communication system based on software-defined radio. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2014(1), 169.
- Bareiss, R., Griss, M., Rosenberg, S., & Zhang, Y. (2011, October). Semantic geotagging: A location-based hypermedia approach to creating situational awareness. In *International Conference on Mobile Computing, Applications, and Services* (pp. 100-114). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Bertram, C., Evans, M. H., Javaid, M., Stafford, T., & Prescott, T. (2013, July). Sensory augmentation with distal touch: the tactile helmet project. In *Conference on Biomimetic and Biohybrid Systems* (pp. 24-35). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Boddhu, S. K., Dave, R. P., McCartney, M., West, J. A., & Williams, R. L. (2013, May). Context-aware event detection smartphone application for first responders. In *Ground/Air Multisensor Interoperability, Integration, and*

Networking for Persistent ISR IV (Vol. 8742, p. 874213). International Society for Optics and Photonics.

Chen, Y. J., Lin, C. Y., & Wang, L. C. (2013, April). Sensors-assisted rescue service architecture in mobile cloud computing. In *Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2013 IEEE* (pp. 4457-4462). IEEE.

Chen, A. Y., Peña-Mora, F., Mehta, S. J., Plans, A. P., Brauer, B. R., Foltz, S., & Nacheman, S. (2010, May). A GIS approach to equipment allocation for structural stabilization and civilian rescue. In *Proceedings of the 7th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM), Seattle, WA*.

Central Institute for Labour Protection-National Research Institute (2014) *I-protect - Intelligent PPE system for personnel in high risk and complex environments*. Hämtad 15 oktober, 2018, från https://cordis.europa.eu/result/rcn/143743_en.html

Cinside (2018). HDS – Human Detection System. Hämtad 4 december, 2018 från <https://cinside.se/hds-human-detection-system/>

Cocone, L. et al. (2014). Real-time tools for situational awareness and emergency management in transport infrastructures. *International Journal of Mobile Network Design and Innovation*, 5(4), 222-237.

Collin, A., Marchand, A., Kadi, A., Acem, Z., Boulet, P., Pageaux, J., & Charette, H. (2015). Study on visible–IR radiative properties of personal protective clothings for firefighting. *Fire Safety Journal*, 71, 9-19.

Davison, C. et al. (2010, March). Practical experiences in enabling and ensuring quality sensing in emergency response applications. In proceedings of the 8th *IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops)*, (pp. 388-393).

Deakin, G. B., Ennis-Thomas, R., & Armstrong, W. (2014). The CoolMe™ vest - idea to application. *Science of sport, exercise and physical activity in the tropics* (pp. 103-110)

De Graaf, M., Varkevisser, M., Kempen, M., & Jourden, N. (2011). Cognitive adaptive man machine interfaces for the firefighter commander: Design framework and research methodology. In *International Conference on Foundations of Augmented Cognition* (pp. 588-597). Springer, Berlin, Heidelberg.

DHS (2018). Next Generation First Responder Integration Handbook, Part 1: introduction. Version 3.0 – August 2018. Hämtad 13 november, 2018 från <https://www.dhs.gov/science-and-technology/ngfr/handbook#>

ElGebali, M. A., Elbery, M. A., Mohamed, A. M., Shash, A. E. D. H., Hamid, A. T. A., Sadek, H. H., Halawa, H.H., Elsalamouny, M.Y., Daoud, R. Amer, H., Khattab, A., & ElSayed, H. (2017, July). Enhanced data gathering for firefighting applications. In proceedings of 17th *International Conference on Smart Technologies, IEEE EUROCON*. (pp. 26-31). IEEE.

- Eliasson, J., Zhong, C., & Delsing, J. (2010, December). A heterogeneous sensor network architecture for highly mobile users. In *proceedings of 6th International Conference on Wireless Communication and Sensor Networks (WCSN), 2010* (pp. 1-6). IEEE.
- Emilsson, E., & Rydell, J. (2014, May). Chameleon on fire—thermal infrared indoor positioning. In *Position, Location and Navigation Symposium-PLANS 2014, 2014 IEEE/ION* (pp. 637-644). IEEE.
- Erd, M., Schaeffer, F., Kostic, M., & Reindl, L. M. (2016). Event monitoring in emergency scenarios using energy efficient wireless sensor nodes for the disaster information management. *International journal of disaster risk reduction*, *16*, 33-42.
- EVAM. (2018). EVAM Transmit. Hämtad 5 december, 2018 från <https://evam.life/products/>
- Ferreira, A. F. G., Fernandes, D. M. A., Catarino, A. P., & Monteiro, J. L. (2017). Localization and positioning systems for emergency responders: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, *19*(4), 2836-2870.
- FEMA (2012) Research of PASS-devices. Hämtad 3 december, 2018, från https://web.archive.org/web/20140222112354/http://www.usfa.fema.gov/fire-service/firefighter_health_safety/safety/protective_clothing equip/pass.shtm
- FEMA. (2018). Firefighter Fatalities in the United States in 2017. Hämtad 30 oktober, 2018 från https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/ff_fat17.pdf
- First Responder Network Authority (2018). FirstNet – The network. Hämtad 5 december, 2018 från <https://www.firstnet.gov/network>
- FOI (2017) *P5 – Privacy Preserving Perimeter Protection Project*. Hämtad 17 november, 2018, från https://cordis.europa.eu/result/rcn/194342_en.html
- Foresti, G. L., Farinosi, M., & Vernier, M. (2015). Situational awareness in smart environments: socio-mobile and sensor data fusion for emergency response to disasters. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, *6*(2), 239-257.
- Forsvarets forskningsinstitut. (2016). *Final Report Summary - TWOBIAS (Two Stage Rapid Biological Surveillance and Alarm System for Airborne Pathogenic Threats)*. Hämtad 5 december, 2018 från https://cordis.europa.eu/result/rcn/189883_en.html
- Gadgil, N. J., Tahboub, K., Kirsh, D., & Delp, E. J. (2014, March). A web-based video annotation system for crowdsourcing surveillance videos. In *Imaging and Multimedia Analytics in a Web and Mobile World 2014* (Vol. 9027, p. 90270A). International Society for Optics and Photonics.
- Gilat Satellite Networks Ltd. (2013, June 25). *RESCUE Consortium Demonstrates Technologies for First Responders*. Hämtad 12 september, 2018, från <https://www.gilat.com/pressreleases/rescue-consortium-demonstrates-technologies-for-first-responders/>

Globe (2017) WASP - Wearable Advanced Sensor Platform. Hämtad 15 oktober, 2018, från <http://globeturnoutgear.com/#>

Globhe (2018). IdentifAI by Globhe. Hämtad 4 december, 2018 från <http://www.globhe.com/identifai-by-globhe/>

Granlund, H., Hansson, A., Nilsson, J., Sundmark, T., Trnka, J., & Waern, Å. (2011). *SAFECITY - Stockholm Public Safety Scenario*. Hämtad 16 oktober, 2018, från <https://cordis.europa.eu/docs/projects/cnect/6/285556/080/deliverables/001-SafeCityD24v10.pdf>

Harmer, D., Yarovoy, A., Schmidt, N., Witrissal, K., Russell, M., Frazer, E., Bauge, T., Ingram, S., Nezirovic, A., Lo, A., Kull, B., Dizdarevic V., & Xia, L. (2008, October). An ultra-wide band indoor personnel tracking system for emergency situations (europcom). In *Radar Conference, 2008. EuRAD 2008. European* (pp. 404-407). IEEE.

Hsiao, H., Whitestone, J., Kau, T. Y., & Hildreth, B. (2015). Firefighter hand anthropometry and structural glove sizing: a new perspective. *Human factors*, 57(8), 1359-1377.

Hua, G., Li, Y. X., & Yan, X. M. (2011). Research on the wireless sensor networks applied in the battlefield situation awareness system. In *Advanced research on electronic commerce, web application, and communication* (pp. 443-449). Springer, Berlin, Heidelberg.

Hutchinson, M., Oh, H., & Chen, W. H. (2017). A review of source term estimation methods for atmospheric dispersion events using static or mobile sensors. *Information Fusion*, 36, 130-148.

Inertial Elements (2018). Inertial Elements. Hämtad 5 december, 2018 från <https://www.inertiaelements.com/index.html>

Kamoun, F., Werghi, N., & Blushi, M. A. (2010). GENIMS—a user-centric and GIS-enabled incident management system. *International Journal of Information and Communication Technology*, 2(3), 167-185.

Kim, T. H., Kim, C. H., Shin, S. D., & Haam, S. (2016). Influence of personal protective equipment on the performance of life-saving interventions by emergency medical service personnel. *Simulation*, 92(10), 893-898.

Kosyanchuk, V. V., Smirnov, A. S., & Panyov, A. A. (2015, October). Navigation system for a wide range of tasks based on IMU aided with heterogeneous additional information. In *Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2015 International Conference on* (pp. 1-9). IEEE.

Li, H., Li, B., & Xu, W. (2015, August). Development of a remote-controlled mobile robot with binocular vision for environment monitoring. In *Information and Automation, 2015 IEEE International Conference on* (pp. 737-742). IEEE.

- May, A., Mitchell, V., Piper, J. (2014). *A user centred design evaluation of the potential benefits of advanced wireless sensor networks for fire-in-tunnel emergency response*. *Fire Safety Journal*, 63, pp. 79-88.
- McGee, A. R., Coutière, M., & Palamara, M. E. (2012). Public safety network security considerations. *Bell Labs Technical Journal*, 17(3), 79-86.
- Mc Gibney, A., et al. (2013, November). A systematic engineering tool chain approach for self-organizing building automation systems. In *Industrial Electronics Society, IECON 2013-39th Annual Conference of the IEEE* (pp. 7696-7701). IEEE.
- Moieni, S., Arain, F., & Sincennes, J. (2013). Leveraging on Geographic Information Systems (GIS) for effective Emergency Response Management. In *proceedings of the Annual Conference - Canadian Society for Civil Engineering*. Vol 2 (January), pp. 1493-1501.
- Mohsin, B., Steinhäusler, F., Madl, P., & Kiefel, M. (2016). An Innovative System to Enhance Situational Awareness in Disaster Response. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 13(3), 301-327.
- Mongiello, M., Nocera, F., Parchitelli, A., Patrono, L., Rametta, P., Riccardi, L., & Sergi, I. (2018). *A Smart IoT-Aware System For Crisis Scenario Management*. *Journal of Communications Software and Systems*, Vol 14(1), pp. 91-98.
- Mongiello, M., Patrono, L., Di Noia, T., Nocera, F., Parchitelli, A., Sergi, I., & Rametta, P. (2017, June). A Complex Event Processing based smart aid system for fire and danger management. In *Advances in Sensors and Interfaces (IWASI), 2017 7th IEEE International Workshop on* (pp. 44-49). IEEE.
- Müller, W., Kuwertz, A., Grönwall, C., Petersson, H., Dekker, R., Reinert, F., & Ditzel, M. (2017, October). Open architecture of smart sensor suites. In *Electro-Optical Remote Sensing XI* (Vol. 10434, p. 104340Q). International Society for Optics and Photonics.
- Naeem, J., Mazari, A. A., & Havelka, A. (2017). Radiation heat transfer through fire fighter protective clothing. *Fibres & Textiles in Eastern Europe National*.
- Nanocyl S.A.. (2010). *Intelligent multi-reactive textiles integrating nano-filler based CPC-fibres*. Hämtad 7 november, 2018, från https://cordis.europa.eu/project/rcn/81541_en.html
- National Defence and the Canadian Armed Forces. (2018, February 15). *Integrated Soldier System Project*. Hämtad 17 september, 2018, från <http://www.forces.gc.ca/en/business-equipment/integrated-soldier-system-project.page>
- Nilsson, M., van Laere, J., Ziemke, T., Berggren, P., & Kylesten, B. (2008, June). A user study of the Impact matrix, a fusion based decision support for enhanced situation awareness. In *Information Fusion, 2008 11th International Conference on* (pp. 1-8). IEEE.

- Nilsson, J. O., Zachariah, D., Skog, I., & Händel, P. (2013). Cooperative localization by dual foot-mounted inertial sensors and inter-agent ranging. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2013(1), 164.
- North West textiles network limited (2013) *STAYCOOL- Lightweight, long endurance body cooling for fire fighters*. Hämtad 12 oktober, 2018, från https://cordis.europa.eu/result/rcn/57945_en.html
- Nunes, I. L., Lucas, R., Simões-Marques, M., & Correia, N. (2017, July). Augmented reality in support of disaster response. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 155-167). Springer, Cham.
- Pacific Northwest Laboratory. (2018). The future of first response. Hämtad 29 november, 2018 från <http://www.futureoffirstresponse.net/>
- Palmieri, F., Ficco, M., Pardi, S., & Castiglione, A. (2016). A cloud-based architecture for emergency management and first responders localization in smart city environments. *Computers & Electrical Engineering*, 56, 810-830.
- Panaousis, E. A., Ramrekha, T. A., Politis, C., & Millar, G. P. (2012, July). Secure decentralised ubiquitous networking for emergency communications. In *proceedings of IEEE International Conference on Telecommunications and Multimedia (TEMU), 2012* (pp. 233-238).
- Park, J., & Langseth-Schmidt, K. (2016). Anthropometric fit evaluation of firefighters' uniform pants: A sex comparison. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 56, 1-8.
- Perdikaris, J. (2011). GIS: a common operational picture for public safety and emergency management. *WIT Transactions on The Built Environment*, 117, 455-461.
- Piotrowski, K., Sojka, A., & Langendoerfer, P. (2010, September). Body area network for first responders: a case study. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Body Area Networks* (pp. 37-40). ACM.
- Raytheon (2018) Boomerang. Hämtad 14 november, 2018, från <https://www.raytheon.com/capabilities/products/boomerang>
- Rajamäki, J. (2013). The MOBI project: Designing the future emergency service vehicle, *IEEE Vehicular Technology Magazine*, Vol. 8(2), p 1-8.
- RISE Research Institutes of Sweden (2018). First responders of tomorrow. Hämtad 15 november, 2018, från <https://www.sp.se/sv/index/services/first/Sidor/default.aspx>
- Rossi, C., Heyi M.H., & Scullino F. (2017). A service oriented cloud-based architecture for mobile geolocated emergency services, *Concurrency Computation*, 29(11).
- Sbfff (2016) *Pressmeddelande 2016-12-23*. Hämtad 9 oktober, 2018, från <https://www.sbfff.se/press/pressmeddelande-2016-12-23>

- Scandinavian Radio Technology (2018). Scandinavian Radio Technology. Hämtad 20 november, 2018 från <https://www.srt.se/language/en/home/>
- Scheurer, S., Tedesco, S., Brown, K. N., & O'Flynn, B. (2017, October). Sensor and feature selection for an emergency first responders activity recognition system. In *SENSORS, 2017 IEEE* (pp. 1-3). IEEE.
- Schroeder, J. M., Manz, D. O., Amaya, J. P., McMakin, A. H., & Bays, R. M. (2018, April). Understanding past, current and future communication and situational awareness technologies for first responders. In *Proceedings of the Fifth Cybersecurity Symposium* (p. 2). ACM.
- Schönauer, C., Vonach, E., Gerstweiler, G., & Kaufmann, H. (2013, March). 3D building reconstruction and thermal mapping in fire brigade operations. In *Proceedings of the 4th Augmented Human International Conference* (pp. 202-205). ACM.
- Security Link (2018a). TAMSEC 2018, Hämtad 15 oktober, 2018 från <http://www.security-link.se/events/105/tamsec-2018/>
- Security Link (2018b). Security Link – research, education, innovation, Hämtad 31 oktober, 2018, från <http://www.security-link.se/>
- Serstech (2018) Indicator kit. Hämtad 7 november, 2018, från <https://serstech.com/our-offer/serstech-indicator-kit/>
- Shih, C. S., Chen, H. Y., & Yeh, Z. Y. (2014, August). Service recovery for large scale distributed publish and subscription services for cyber-physical systems and disaster management. In *proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Cyber-Physical Systems, Networks, and Applications (CPSNA)*, (pp. 87-93).
- Streefkerk, J. W., Smets, N., Varkevisser, M., & Mastrigt, S. H. V. (2014, October). Future command and control systems should combine decision support and personalization interface features. In *Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Fun, Fast, Foundational* (pp. 266-275). ACM.
- Suciu, G., Scheianu, A., Bălăceanu, C. M., Petre, I., Dragu, M., Vochin, M., & Vulpe, A. (2018, March). Sensors Fusion Approach Using UAVs and Body Sensors. In *World Conference on Information Systems and Technologies* (pp. 146-153). Springer, Cham.
- Sullivan, J., Schulz, M., Vemaganti, K., Bhattacharya, A., Jetter, B. J., & Shanov, V. (2015). Carbon nanotube fabric cooling system for firefighters and first responders: Modeling and simulation. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 8(1), 1-12.
- Svenson, P., Berg, T., Horling, P., Malm, M., & Martenson, C. (2007, July). Using the impact matrix for predictive situational awareness. In *Information Fusion, 2007 10th International Conference on* (pp. 1-7). IEEE.

Svensson, S. (2017). Firefighter fatalities in Sweden, 1937 – 2016. (LUT DG/TVBB; No 3211). Lund: Lund University Department of Fire Safety Engineering.

Syed, Y. A., Brown, D. J., Garrity, D., & Mackinnon, A. (2015, February). A hidden Markov model-based activity classifier for indoor tracking of first responders. In *Information Technology: Towards New Smart World (NSITNSW), 2015 5th National Symposium on* (pp. 1-6). IEEE.

Texport consortium (2016) *Smart Personal Protection System – Smart@fire Final Conference*. Hämtad 1 november, 2018 från <http://www.smartatfire.eu/media/38484/Valle-Klann.pdf>

Thomopoulos, S. C., Kyriazanos, D. M., Astyakopoulos, A., Dimitros, K., Margonis, C., Thanos, G. K., & Skroumpelou, K. (2016, May). OCULUS fire: a command and control system for fire management with crowd sourcing and social media interconnectivity. In *Signal Processing, Sensor/Information Fusion, and Target Recognition XXV* (Vol. 9842, p. 98420U). International Society for Optics and Photonics.

Tunell, M., et al. (2011). Demonstration av kunskapsläget inom fysiskt CBRN-skydd och sanering 2008-2010. FOI-R--3045—SE. Report Swedish Defence Research Agency.

Tunell, M., & Claesson, O. (2017). Samordnad behovsanalys för andningsskydd: en förstudie. FOI-R--4560—SE. Report Swedish Defence Research Agency.

Tikanmäki I., Rajamäki J., & Pirinen R. (2014). Mobile Object Bus Interaction: Designing Future Emergency Vehicles Samples of Evidence Series: Volume 3. *Laurea Julkaisut*.

TopRight Nordic AB (2017) *Ökad säkerhet vid räddningsinsats på väg*. Hämtad 1 november, 2018, från https://static1.squarespace.com/static/583ac2a320099ed908595991/t/595fb6d8be6594f60406576d/1499444965817/%C3%96kad+s%C3%A4kerhet+vid+r%C3%A4ddningsinsats+-rapport_v+2.8.pdf

TRX (2018) *TRX-systems*. Hämtad 15 oktober, 2018, från <https://www.trxsystems.com/>

Uddin, M. Y. S., Wang, H., Saremi, F., Qi, G. J., Abdelzaher, T., & Huang, T. (2011, November). Photonet: a similarity-aware picture delivery service for situation awareness. In *2011 32nd IEEE Real-Time Systems Symposium* (pp. 317-326). IEEE.

University of Newcastle upon Tyne (2012). *SAVE ME - System and Actions for Vehicles and transportation hubs to support Disaster Mitigation and Evacuation*. Hämtad 12 september, 2018, från https://cordis.europa.eu/project/rcn/93012_en.html

Viking (2018) *Viking fire hood*. Hämtad 14 november, 2018, från <https://www.viking-fire.com/en/viking-fire-hood>

- Vinnova (2018). Drönerbaserad dokumentation av brotts- och skadeplatser. Hämtad 15 november, 2018, från <https://www.vinnova.se/p/dronarbaserad-dokumentation-av-brotts--och-skadeplatser/>
- Vlaamse Gewest (2016) Smart@Fire — Result In Brief. Hämtad 30 oktober, 2018 från https://cordis.europa.eu/project/rcn/105991_en.html
- Wagner, M., Kuch, B., Cabrera, C., Enoksson, P., & Sieber, A. (2012, July). Android based body area network for the evaluation of medical parameters. In *Proceedings of the Tenth Workshop on Intelligent Solutions in Embedded Systems (WISES)*, (pp. 33-38). IEEE.
- Wang, K. C., Shih, S. Y., Chan, W. S., Wang, W. C., Wang, S. H., Gansonre, A. A., Liu, J. J., Lee, M. T., Cheng, Y. T., & Yeh, M. F. (2014, January). Application of building information modeling in designing fire evacuation—a case study. In ISARC. *Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction* (Vol. 31, p. 1). Vilnius Gediminas Technical University, Department of Construction Economics & Property.
- Wang, H., Uddin, M., Qi, G. J., Huang, T., Abdelzaher, T., & Cao, G. (2011, April). Photonet: A similarity-aware image delivery service for situation awareness. In *Information Processing in Sensor Networks (IPSN), 2011 10th International Conference* (pp. 135-136). IEEE.
- WeRespond (2018). About us. Hämtad 14 november, 2018, från <https://www.smartfirefighting.com/about/>
- WILDA spårning (2018) *WILDA Spårning AB*. Hämtad 15 oktober, 2018, från <http://dnilsson.com/work/wilda-sparning/>
- Winguard (2018). Winguard. Retrived 3 december, 2018 från <https://www.winguard.se/>
- Woodley, R., Petrov, P., & Meisinger, R. (2010, May). First responder tracking and visualization for command and control toolkit. In *Sensors, and Command, Control, Communications, and Intelligence (C3I) Technologies for Homeland Security and Homeland Defense IX* (Vol. 7666, p. 76660S). International Society for Optics and Photonics.
- Yang, L., Yang, S. H., & Plotnick, L. (2013). How the internet of things technology enhances emergency response operations. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(9), 1854-1867.
- Zachhuber, B., Gasser, C., Chrysostom, E. T., & Lendl, B. (2011). Stand-off spatial offset Raman spectroscopy for the detection of concealed content in distant objects. *Analytical chemistry*, 83(24), 9438-9442.
- Zetik, R., & Del-Galdo, G. (2017, June). UWB M-sequence based radar technology for localization of first responders. In *Conference IRS 2017*.
- Zetik, R., Eschrich, M., Jovanoska, S., & Thoma, R. S. (2015). Looking behind a corner using multipath-exploiting UWB radar. *IEEE Transactions on aerospace and electronic systems*, 51(3), 1916-1926.