



FHS Krigsskolen

Bacheloroppgave

Autonome Bakkekjøretøy

Ønsketenkning eller en reel styrkemultiplikator?

av

Tage Vestgöte Sitter og Jon Magne Enerhaugen

Levert som en del av kravet til graden:

BACHELOR I MILITÆRE STUDIER MED FORDYPNING I LEDELSE OG LAND-
MAKT

Antall ord: 12 166

Innlevert: April 2021

Godkjent for offentlig publisering

Forord

Denne oppgaven har blitt produsert i forbindelse med militære studier på Krigsskolen, herunder bachelorgrad innenfor ledelse og landmakt. Prosessen har vært preget av flere begrensinger og uforutsigbarhet, spesielt grunnet COVID-19. Pandemien har i skrivende stund pågått i over et år.

Oppgaven er rettet mot et publikum som har grunnleggende militær kunnskap og kjenner til norske doktriner, både fellesoperative, men spesielt doktriner for landoperasjoner. Den er spesielt rettet mot militært personell på alle nivåer som interesserer seg for utvikling av militær teknologi, herunder kunstig intelligens, autonomi og ubemannede kjøretøy.

Takk til veilederen vår som bidro med positiv innstilling og hadde tro på våre ambisjoner. Også takk til Forsvarets forskningsinstitutt, som utviste åpenhet og profesjonalitet i sitt samarbeid med Krigsskolen. Til slutt, en takk til våre samboere som holdt ut hele arbeidsprosessen.

Oslo, Krigsskolen, 19-April-2021

Sammendrag (med konklusjoner)

Denne dokumentanalysen har til hensikt å belyse det militære potensialet til autonome og halv-autonome ubemannede kjøretøy og hvordan oppdragsløsning kan foregå i landdomenet. Den vil se nærmere på plattformen UGV (*Unmanned Ground Vehicle*) og autonomi gjennom kunstig intelligens. Oppgaven vil også belyse hvordan autonome kjøretøy potensielt kan utvikle seg i fremtiden for å bidra til et mer effektivt landforsvar.

Problemstillingen i denne oppgaven er:

«Hvordan kan autonome og halv-autonome UGVer bidra i landoperasjoner?»

Resultatet av analysen er at ulike tester og demonstrasjoner beviser at UGVer har potensiale innenfor visse områder, herunder baseforsvar og generell logistikk. Våre forventninger er at teknologien er moden nok for bruk i nær framtid. Andre områder presterte UGVer mindre bra på og trenger mer tid til utvikling før et anvendbart produkt kan implementeres i et landforsvar.

Innholdsfortegnelse

Figurer	5
Tabeller/Diagrammer	6
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn.....	7
1.2 Problemstilling.....	8
1.3 Avgrensninger.....	8
1.4 Struktur	9
2. Metode	10
2.1 Valg av metode	10
2.2 Anvendt metode	11
2.3 Metodekritikk.....	12
2.4 Kildekritikk.....	12
2.5 Forfatterens forforståelse	14
3. Teori.....	15
3.1 Kunstig Intelligens	15
3.1.1 Hva er kunstig intelligens?	15
3.1.2 Maskinlære.....	15
3.1.3 Utviklingen av Kunstig intelligens	16
3.2 Ubemannede bakkekjøretøy (UGV)	18
3.2.1 Klassifisering av UGV	19
3.3 Teknologiske forutsetninger for utviklingen av UGV	23
4. Analyse	33
5. Drøfting.....	45
5.1 Feltefunksjonene.....	45
5.1.1 Manøver	45

5.1.3 Etterretning	48
5.1.4 Beskyttelse	48
5.1.5 Luftvern	49
5.1.6 Logistikk	50
5.1.7 Kommando.....	51
5.2 Praktisk anvendelse.....	52
5.2.1 Teknologien i dag	52
6. Konklusjon.....	57
Litteraturliste.....	59

Figurer

Figur 1: Eksempel på skjulte lag med databehandling (Scharre, et al., 2018, s. 5), Side 10

Figur 2: UGV «Olav» (FFI, 2021), Side 23

Figur 3: «Spot» (Boston Dynamics, 2021), Side 24

Figur 4: UGV MILREM THeMIS (Zhang, 2016, s. 69), Side 39

Tabeller/Diagrammer

Tabell 1.1 US FCS klassifiseringsmetode, Side 14

Tabell 1.2 Alternativ til US FCS klassifiseringsmetode, Side 14

Tabell 2 Autonom navigasjon kapabilitetsbehov (RSJPO, 2011, s. 21), Side 15

Tabell 3 Autonom navigasjons fremskritt (RSJPO, 2011, s. 22), Side 16

Tabell 4 Kommunikasjons fremskritt (RSJPO, 2011, s 24), Side 17

Tabell 5 Visuelle spektrum (RSJPO, 2011, s. 29), Side 19

Tabell 6 Visuelle fremskritt (RSJPO, 2011, s. 29), Side 19

Tabell 7 Visuelle spesifikasjoner (RSJPO, 2011, s. 29), Side 20

Tabell 8 Lastekapasitet eksempler (RSJPO, 2011, s. 39), Side 24

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI) skriver i sin publikasjon *Forsvarsteknologiske trender – en overordnet analyse av teknologien betydning for et effektivt og relevant forsvar* (2019) følgende:

«For best å nyttiggjøre seg teknologien må forsvarsektoren øke evnen og viljen til å utnytte ny og eksisterende teknologi, og få den hurtig ut til kompetente brukere. Det bør legges til rette for en helhetlig tilnærming hvor teknologiske muligheter og sårbarheter vurderes sammen med utviklingen av doktriner, konsepter, kompetanse og organisasjon. Alternative konsepter og nye teknologier må vurderes mer systematisk og reelt tidlig i materiellanskaffelsesprosjektene. Dette krever brede analyser med vekt på funksjonalitet» (FFI, 2019, s. 3).

Utviklingen innenfor ubemannet våpenteknologi har reist et håp om at de uunngåelige konfliktene i det tjuetførste århundret og bortenfor kan bli ført på en mer human måte enn i fortiden. Dette håpet om at teknologien er løsningen ble tent etter den første Gulf-krigen på 1990-tallet hvor amerikanske styrker nedkjempet Saddam Husseins enorme hær med kun et par hundre egne falne og andre tap (Galliott, 2015, s. 1.) Utviklingen av ubemannede bakke kjøretøy (UGV) og andre ubemannede systemer er sentrale for å forstå hvordan fremtidens slagmark blir formet av ny teknologi. Ved å ikke delta i utviklingen vil man ikke få erfaringene som tilsier hva som er viktig for, og hva som begrenser utviklingen. Dette fører til at man får redusert beskyttelsesevne fordi man ikke lenger kjenner motstanderen man står overfor. Ubemannede bakkekjøretøy er ikke lenger urealistiske, og de påvirker allerede dagens konflikter (Romanovs & Andžāns 2019, s. 15).

Det norske forsvaret har hatt UGV i tjeneste siden 1973, disse har vært benyttet til eksplosiv- og bomberydding (Eggereid, 2006, s. 8). Denne typen kjøretøy har vært teleopererte ubemannede bakkekjøretøy (TGV) og har både vært kabelstyrt og radiostyrt (Eggereid, 2006, s. 9). Kjøretøyene bidro med desarmering av bomber og reduserte risikoen for de menneskelige operatørene.

1.2 Problemstilling

Oppgaven vil søke å belyse hvordan autonome og halv-autonome UGV kan bidra innenfor en landmilitær kontekst. Oppgaven vil søke å gi svar på problemstillingen:

«*Hvordan kan autonome og halv-autonome UGVer bidra i landoperasjoner?*»

1.3 Avgrensninger

Ut ifra FFI sin rapport om Forsvarsteknologiske trender vil denne oppgaven ta oppfordringen ved å belyse og utforske funksjonaliteten til en relativt ny teknologi og se hvordan denne kan anvendes for militært bruk i landdomenet. Oppgaven er skrevet fra et militært perspektiv og vil dermed være utsatt for visse biaser som følger med dette.

Oppgaven kommer ikke til å anbefale policy eller løsninger på store doktrinelle spørsmål, men heller belyse potensialet som enten finnes eller ikke finnes i det valgte perspektivet. Det kan derimot forekomme at visse oppdagelser belyser anvendelser som mer fordelaktige enn andre. Denne oppgaven kommer heller ikke til å undersøke potensielle bekjempningsmetoder av UGVer.

Denne oppgaven har til hensikt å belyse potensialet til ubemannede kjøretøy i en militær kontekst i landdomenet. Hvordan vil autonome kjøretøy utvikle seg i fremtiden? Hvordan fungerer slike kjøretøy? Hva kan de benyttes til militært? Disse spørsmålene skal avdekke om ubemannede kjøretøy kan fungere som en styrkemultiplikator i en generisk avdeling som opererer innenfor landdomenet.

Oppgaven forutsetter at leseren har generell kunnskap til militære begrep og kjenner til standardiserte stridsdriller og taktikk på troppsnivå. Oppgaven tar ikke utgangspunkt i at leseren har tidligere kunnskap til moderne utvikling innenfor fagfeltene kunstig intelligens, digital autonomi eller autonome kjøretøy.

Leseren har kjennskap til feltfunksjonene og generell militær virksomhet.

Oppgaven vil være sikkerhetsgradert ugradert og vil ikke omhandle gradert kildemateriale.

Oppgaven har ikke benyttet seg av et kvalitativt intervju på grunn av begrenset med tid rundt skriveprosessen.

1.4 Struktur

Kapittel 1 innleder oppgaven. Kapittel 2 redegjør for oppgavens metodiske fremgangsmåte og grunnlag. Hensikten med kapitlet er å beskrive måten den litterære oppgaven er forankret i metodefaget. Kapittel 3 tar for seg grunnleggende teori om kunstig intelligens, autonomi og ubemannede bakkekjøretøy. Kapittel 4 er oppgavens analyse og tar for seg hvilke tekster som er analysert og hvilke faktorer som påvirker fra teksten. Kapittel 5 er drøfting rundt autonome bakkekjøretøy i en militær kontekst gjennom funksjon i landdomenets feltfunksjoner. Underkapitlet praktisk anvendelse tar for seg hvordan teknologien kan anvendes i dag og hva man kan forvente av dagens resultater. Kapittel 6 er oppgavens konklusjon.

2. Metode

Hensikten med metode innenfor samfunnsvitenskapen er å bidra til en bedre forståelse av det samfunnet vi lever i, og hvordan samfunnet samhandler (Dalland, 2012, s. 112). Metode beskrives av Johannesen, Tuft & Christoffersen som “fremgangsmåten på vei til et mål” (2016, s. 25). Samfunnsvitenskapelig forskning handler om måten man får frem informasjon om den sosiale virkeligheten, hva informasjonen sier om de samfunnsforholdene som analyseres og hvordan man kan bruke informasjonen til å beskrive samfunnsrelaterte prosesser og forhold (Johannesen et al. 2016, s. 25). Denne oppgavens metodekapittel består av valg av metode, anvendt metode, metodekritikk, kildekritikk og forfatterens forforståelse.

2.1 Valg av metode

Forskningsspørsmål kan angripes med forskjellige metoder, det er forskernes vurdering om hvilken metode som passer best for oppgaven og her må det tas valg (Dalland, 2012, s. 114). På grunn av anbefalinger fra Krigsskolens side, koronapandemien, og tidsbegrensninger har kvalitative intervjuer og spørreundersøkelser som metoder for oppgaven blitt utelukket. Et kvalitativt intervju med forskere og teoretikere innenfor fagfeltet ville vært gunstig for å kunne få et reelt bilde av oppfatningene rundt fagområdet.

Hensikten med kvalitative undersøkelser er å få mest mulig kunnskap om fenomenet og om fenomenets kontekst (Johannesen et al., 2016, s. 114). For å kunne opprettholde fleksibilitet og ikke være avhengige av tidkrevende søkeprosesser falt valget på dokumentanalyse som metode. Dokumentanalyse er en type kvalitativ innholdsanalyse hvor forskeren samler inn data som analyseres for å få frem essensielle sammenhenger og viktig informasjon om de fenomenene eller forholdene i samfunnet vi ønsker å studere (Johannesen et al., 2016, s. 97).

I en dokumentanalyse skilles det mellom typer kilder, i denne oppgaven har vi belaget oss på et utvalg primærkilder for å finne eksempler på kapasiteter og bruk. For å kunne finne belegg om fremtidsutsikter og åpne kilder om fremtidig bruk av UGV viste sekundær- og tertiærkilder å være nyttig. Kildene diskuterte hvordan data fra primærkildene kunne settes sammen i en større kontekst. For å kontrollere innholdet i dokumentene

som ble analysert ble det benyttet et analyseskjema. Disse ligger under kapittel 4. Analyse.

På grunn av tid og koronapandemien som pågår har det vært nødvendig å kunne være fleksibel med tanke på tilgang til arbeidsplattformer, og oppgaven ble begrenset til ugraderte plattformer. Dette har ført til bruken av åpne kilder. Graderte kilder hadde vært en tydelig fordel når det kommer til dagsaktuelle og fremtidige bruksområder for nytt materiell og egne oppdagende kritiske sårbarheter i teknologien. Derfor tar denne oppgaven forbehold om at kritisk informasjon om utvikling av autonome og ikke-autonome UGVer kan være tilbakeholdt.

2.2 Anvendt metode

«I den litterære oppgaven anvender du ikke en bestemt metode, men du beskriver fremgangsmåten» (Dalland, 2012, s. 228).

Utvalgsstrategien Snøballmetoden ble anvendt litterært. Den startet gjennom forbindelse med forskere fra FFI sine UGV prosjekter, som videreformidlet en bokserie med artikkelsamlinger om UGVens utvikling i dagens samfunn. Artikler og publikasjoner som har vært referert til av flere dokumenter har vært utgangspunkt for videre søken etter faglitteratur om relevant områder.

Snøballmetoden handler om hvordan man kan identifisere eksperter for et kvalitativt intervju gjennom å forhøre seg i fagmiljøer med forskjellige personer om hvem forskeren skal ta kontakt med, for deretter å forhøre seg med disse om det er flere relevante synpunkter (Johannesen et al., 2016, s. 117 og 118). Merk at denne metoden ble startet med en henvendelse til FFI, hvor den deretter gikk over til litterær form gjennom fotnoter og litteraturhenvisninger, og ikke direkte personlige henvendelser.

Internettsøk ble benyttet gjennom databasene Bibsys, Oria, og Google Scholar. Søkeord som ble benyttet var blant annet, men ikke begrenset til: UGV, ubemannede bakke kjøretøy, autonomi, roboter, soldatsystemer, militære roboter, våpensystemer, baseforsvar, militære operasjoner, autonom navigasjon og kunstig intelligens. Søkeordenes eng-

elske versjoner ble også brukt, samt at de og ble brukt i flere kombinasjoner for å avgrense søk. Søkene ga treff på offentlige studier av teknologi, anvendelse av teknologien og fremtidsutsikter, samt forskingsrapporter og demonstrasjoner.

2.3 Metodekritikk

Kvalitativ metode formes av hva forskeren fokuserer på, hva forskeren er interessert i og forskerens forforståelse. Dette fører til at forskjellige forskere kan få forskjellige resultater selv om de studerer like fenomener, på grunn av at de har forskjellige fokus og vier tid og ressurser til forskjellige områder (Johannesen et al., 2016, s. 34). Den litterære oppgaven er utsatt for denne problematikken ved at det er forfatteren selv som har påvirkning over hvilke tekster som blir analysert eller ikke.

Bruken av snøballmetoden innebærer at forfatteren selv henter kun ut de tekstene som virker relevante og kan bevisst eller ubevisst ikke ta med seg tekster som gir motstridende informasjon, dette kalles for sampling-bias. Det er i tillegg vanskelig å reproducere denne typen søk og søkestrategier (Øvern, 2021).

Litteraturstudier og dokumentanalyser brukes som regel i kombinasjon med andre kvalitative metoder for å supplere informasjonen i oppgaven (Johannesen et al., 2016, s. 99). I denne oppgaven har det ikke vært anledning til å gjennomføre et kvalitativt intervju, noe som ville styrket den metodiske kvaliteten i oppgaven.

2.4 Kildekritikk

Hvis fagområdet det skrives om er i utvikling, er det ikke nødvendigvis slik at de nyeste funnene er publisert (Dalland, 2012, s. 228). Dette blir forsterket gjennom sensitiviteten til områder av temaet og det er sannsynlig at teknologisk kritisk informasjon er sikkerhetsgradert.

Bias er ifølge Det Norske Akademis ordbok «forutinntatthet og partiskhet», herunder «skjevhet i vitenskapelig undersøkelse eller resultat» (Det Norske Akademi for Språk og Litteratur, 2021).

Flere av våre kilder inneholder sine særegne biaser og vil bli individuelt vurdert i kapittel 4. Analyse. Generelt er de fleste kildene i denne oppgaven offentlig publisert av statlige institusjoner eller interesseorganisasjoner. Dette kan bety at det publiserte dokumentet er i fare for å ha blitt formet av institusjonens tradisjoner, holdninger og interesser, samt overordnede mål og ambisjoner. Det kan eksempelvis være vanskelig for en forskningsinstitusjon som utelukkende omhandler utvikling av autonome kjøretøy å se eller vurdere når forskningen egentlig ikke leder til noe anvendbart produkt, eller eksempelvis kostnaden av produktet overstiger nytteverdien.

Noen andre fallgruver som kan inntreffe i forskning er (Øvern, 2021):

- Mangel på tid
- Publiseringspress
- Manglende tilgang til aktuelle databaser
- Bias utviklet ved å jobbe alene, altså ensidig tolkning av data

I denne oppgaven har mangel på tid og aktuelle databaser vanskeliggjort seleksjonen av relevante forskningsartikler, spesielt ifra nyere tid. Selektiv informasjonsdistribusjon kan være grunnet statlige forskningsinstitusjoners ønske om å unngå offentliggjøring av statens nyeste og mest banebrytende forsvarsteknologi. UGVer og fagfeltet autonome kjøretøy er relativt ungt, og det er dermed ikke kjent hvor avgjørende teknologiens rolle i framtidig krigføring kan potensielt være.

Til tross for dette offentliggjøres det mye informasjon om generelle utviklinger, og blant annet Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) offentliggjør mye av sin forskningsprosess på nettsidene sine. Informasjonen som deles med offentligheten kan derimot være selektiv for å sette forskningsinstitusjonen i et godt lys, på grunn av at det finnes politiske insentiv for å framstå som innovativ og banebrytende for befolkningen, spesielt i demokratiske land.

2.5 Forfatternes forforståelse

«Forskeren starter sjelden med blanke ark og går løs på en undersøkelse helt uten oppfatninger av det som undersøkes, eventuelt hva man forventer av resultater» (Johannesen et al., 2016, s. 35). Som kadetter ved Krigsskolen var vi på besøk hos FFI høsten 2019 og fikk se på forskjellige ubemannede systemer. Dette vekste en interesse hos oss. Våre forventninger til fagfeltet ble formet av dette besøket hos FFI, og deres presentasjon av daværende nivå i utviklingen påvirket våre forventninger da vi satte i gang søket etter kilder. Dette kan ha påvirket måten vi prosesserte litteratur og informasjon.

Vi har forståelse for militær doktrine, manøverteori og stridsteknikk. Som kommende offiserer i Hæren har vi en helhetsforståelse for landmilitær virksomhet og kan sette vitenskapelige eksperimenter og demonstrasjoner i en større militær kontekst.

3. Teori

3.1 Kunstig Intelligens

3.1.1 Hva er kunstig intelligens?

«Artificial intelligence and machine learning, a method of AI, make it possible to build special-purpose machines to perform useful cognitive tasks, in some cases better than humans. Early AI systems were rule-based “expert systems” where a computer program simply followed a set of specific instructions about how to behave in a particular situation. Recent AI advances enable much more sophisticated systems. Machine learning allows algorithms to learn from data and develop solutions to problems» (Scharre, et al., 2018, s. 4).

Kunstig intelligens er en fellesbetegnelse for ulike digitale systemer som har til hensikt å være i stand til å løse oppgaver generelt betegnet som “kognitive”, altså oppgaver som krever en viss mental tankekraft for å løses. Måten dette kvantifiseres på er gjennom å måle et systems evne til å vurdere og avgjøre den beste fremgangsmåten for å nå et mål i varierte miljø. Kunstig intelligens har eksistert i enkle former lenge, men det er kun de siste tiår at kunstig intelligens har nådd et utviklingspunkt hvor systemene evner å løse mer komplekse oppgaver. Denne utviklingen muliggjør for eksempel data-analyse, oppgave-automasjon og ikke minst muliggjøre autonome kjøretøy og roboter (Scharre, et al., 2018, s. 4). Det finnes mange ulike metoder for å utvikle kunstig intelligens, og en av de mest fremtredende er i dag maskinlære.

3.1.2 Maskinlære

Maskinlære (*Machine Learning*) er en utviklingsmetode hvor et datasystem benytter store mengder informasjon, også kalt data, for å justere sin adferd inn mot et mål. Eksempelvis kan maskinlære være nyttig for å utvikle et intelligent system som gjenkjenner forskjellen mellom tomater og røde epler. Begge to er røde med en grønn stilk, men stort sett alle klarer å skille de fra hverandre basert på karakteristika som ikke nødvendigvis kan beskrives, men forstås intuitivt. Maskinlære har kommet så langt at i 2016 evnet kunstig intelligente systemer å identifisere diverse objekter på lik linje med mennesker (Scharre, et al., 2018, s. 4). En av de mer framtredende og offentlig tilgjengelige systemene som benytter maskinlære er Google Lens, utviklet av Google i den hensikt å blant annet gjennom maskinlære identifisere et produkt eller objekt, som en veske

eller en stol og tilby lignende produkter gjennom en salgsside (Google, 2021). Både utvalget av foreslåtte alternativer, samt evnen til å gjenkjenne gjenstander er direkte avhengig av en innholdsdatabase med både varierte og mange eksempler, noe Google har tilgang på gjennom å være verdens største søkemotor.

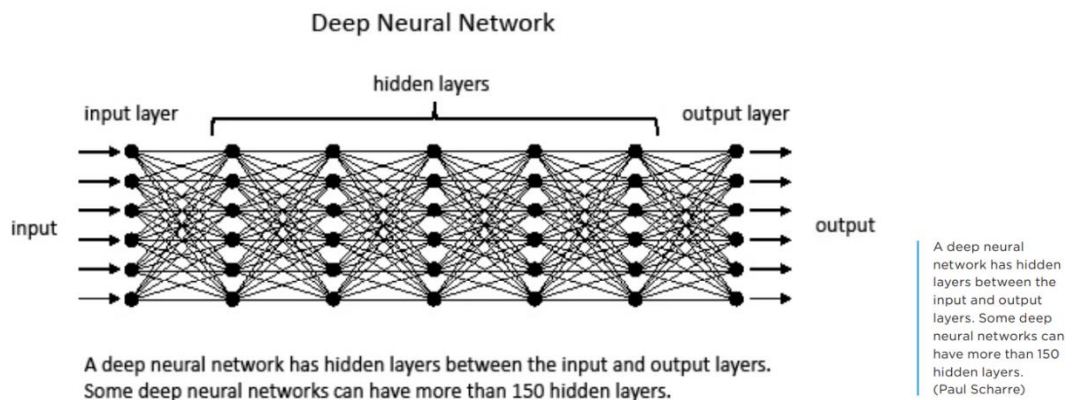


Fig. 1: Eksempel på skjulte lag med databehandling (Scharre, et al., 2018, s. 5)

3.1.3 Utviklingen av Kunstig intelligens

Til tross for at kunstig intelligens har utviklet seg til et nivå hvor de i flere tilfeller kan nå mål raskere og mer effektivt enn mennesker, er det fortsatt store svakheter relatert til kunstig intelligens.

«A major hurdle for AI systems today is their limitations in transferring learning from one task to another related task. Humans can learn one skill, then leverage that knowledge to more quickly acquire knowledge in a related area, building on what they already know. When AI systems attempt to learn a new task, they frequently suffer from “catastrophic forgetting,” where they lose their old knowledge» (Scharre, et al., 2018, s. 6).

Kunstig intelligente systemer har generelt store problemer med å overføre dybdekunnskap til breddekunnskap på lik linje med hva et menneske kan få til. Dette fører til at om forutsetninger endrer seg vil ikke systemet være tilpasningsdyktig nok til å benytte overføringskunnskap til å løse nye oppgaver raskere enn det lærte seg den første fremgangsmåten. I praksis vil dette antyde til at kunstig intelligens enda er et godt stykke unna å simulere allsidig menneskelig kognisjon, og dermed vil sannsynligvis fortsatt

være relativt avhengig av ytre hjelpemidler og retning for å lære ny informasjon i tiden framover.

Til tross for at kunstig intelligens enda er noe begrenset i allsidighet og selvstendighet har utviklingen av kunstig intelligens ført til mange utviklinger innenfor automasjon og erstatter stadig menneskelige arbeidere. I store trekk er disse eksemplene bevis på at kunstig intelligens er kommet på et nivå hvor videreutvikling kan ha store økonomiske og samfunnsmessige gevinster. Blant annet har kunstig intelligens vist stort potensiale innenfor:

Data-klassifisering og kategorisering

Kunstig intelligens kan brukes for å kategorisere data, alt fra bilder, musikkjangere, og film til medisinske diagnoser og bildebehandling.

Avviksoppdagelse

Intelligente systemer kan bidra med deteksjon av avvikende oppførsel fra en standardisert norm, for eksempel økonomisk svindel, datavirus, samt overvåking av datastrømmer eksempelvis inn i et datanettverk.

Prediksjon

I tillegg til å oppdage avvik kan kunstig intelligente systemer bruke en gjennomsnittlig datastrøm til å vurdere hvordan informasjonen kan utvikle seg i fremtiden og deretter for eksempel gjennomføre vær-analyser, forutse populær media gjennom promotering, og ikke minst større generell samfunnsstatistikk, som pasientlevetid og kriminalitet.

Optimalisering

Komplekse oppgaver kan potensielt bli optimalisert gjennom maskinlære, hvor kunstig intelligens kan måle og justere for eksempel energiforbruk. Google sitt *DeepMind*-systemet brukte kunstig intelligens for å kutte Google sine datasentre med 15 prosent (Scharre, et al., 2018, s. 10).

Noen andre fordeler med kunstig intelligente systemer er at de har iboende egenskaper som gjør de fordelaktige, da disse ofte dekker opp for menneskelige feil og svakheter. Av disse kan kunstig intelligens bidra med:

Autonomi

Gjennom en jevn og konstant energikilde og robuste komponenter (maskinvare) har kunstig intelligens ingen begrensninger rundt oppmerksomhet og mental utholdenhet. Derfor kan eksempelvis overvåking av informasjon skje kontinuerlig. En annen fordel med digital autonomi er at muligheten for å gjennomføre komplekse oppgaver blir lettere å koordinere, samt gjennomføre uten spesielt kompliserte retningslinjer, da kunstig intelligens har muligheten til å løse komplekse oppgaver på stadig mer effektive måter. Reaksjonstid er også noe som nærmest faller bort ved bruk av autonome systemer, som kan prosessere og reagere like raskt prosessorkraften tillater. Dette muliggjør styring og koordinering av komplekse maskiner med stor presisjon og repetisjonsevne. Til slutt muliggjør også autonome systemer operasjoner og oppgaveløsning over lengre tid uten kontakt med mennesker. Dette betyr at en selvforsynt UAV/UGV potensielt kan drive overvåking i et område i flere måneder, fullstendig selvdreven.

3.2 Ubemannede bakkekjøretøy (UGV)

Det foregår parallelle diskusjoner omhandlende ubemannede systemer i populærkulturen, vitenskapen og militær sektor. Dette har ført til at det har utviklet seg forskjellige forståelser av terminologien og det oppstår derfor misforståelser når man snakker på tvers av fagområdene. Dette gjør det vanskeligere når man skal navigere faglitteraturen og definere begrepsbruken for å finne grunnlag til å diskutere ubemannede systemer (Galliott, 2015, s. 4). For å kunne gjøre opp for dette belyses definisjonen på et ubemannet bakkekjøretøy gjennom definisjonen av ubemannede systemer, kombinert med det særegne for kjøretøy som opererer i landdomenet.

Galliott definerer ubemannede systemer (unmanned systems) med tre kriterier. Det første kriteriet er at systemet ikke har en menneskelig operatør om bord. Det andre kriteriet er at systemet er designet for å være gjenbrukbart (selv om ikke alle brukes på en måte som gjør dem i stand til det). Det tredjekriteriet er at systemet i en militær kontekst, er kapable til å på egenhånd levere en dødelig eller ikke dødelig nyttelast eller på andre måter utføre en funksjon som støtter en militær styrkes oppdrag (2015, s. 5).

The Committee on Army UGV Technology (CAUT) definerer en UGV som et system bestående av en mobilitets plattform med sensorer, datamaskiner, programvare (inklusive moduler for persepsjon, navigasjon, læring/tilpasning, adferd og ferdigheter, menneske-

robot interaksjon, og vedlikehold), kommunikasjon, energikilde, og en separat oppdragspakke som avhenger av kjøretøyets rolle (National Research Council, Division of Engineering and Physical Sciences, Board on Army Science and Technology, Committee on Army Unmanned Ground Vehicle & National Academy of Sciences, 2002, s. 3 og 4).

Med bakgrunn i definisjonene vil oppgaven omtale en UGV som et ubemannet system som har en mobilitetsplattform som primært beveger seg i på bakken.

3.2.1 Klassifisering av UGV

På grunn av at det er så vidt omfavnende begrep, er det flere måter å klassifisere plattformene på. Generelt kan moderne ubemannede bakke kjøretøy klassifiseres i to kategorier, det er store kjøretøy på lik linje med pansrede kamp- og støttevogner som har tendensen til å være kapable til å utføre oppgave basert autonomi ved at kjøretøyene får oppdrag og kan gjøre disse selv med oversyn fra mennesker; og det er andre som er relativt små og har en tendens til å være ikke-autonome og teleopererte (Galliot, 2015, s. 23). US Future Combat Systems (FCS) metode er å klassifisere kjøretøyene basert på vekt og størrelse (Sliwa, 2016, s. 39). Dette er effektivt når man tenker på omfang og logistikk. Derimot er det ikke like presist når man ser på effektene og kapabilitetene til forskjellige plattformer. Derfor er det mer relevant å bruke The Committee on Army UGV Technology (CAUT) sin klassifisering på 4 forskjellige klasser. Klassene skilles med de følgende karakteristikene.

3.2.1.1 The Committee on Army UGV Technology (CAUT)

Den første klassen er Teleopererte bakkekjøretøy (TGV, tele-operated ground vehicle). Disse styres av en menneskelig operatør som styrer et robotlignende kjøretøy på avstand. Her tas alle avgjørelsene av operatøren som har full kontroll over kjøretøyet. En TGV er avhengig av sensorer som kommuniserer en direkte link med operatøren for å visualisere kjøretøyets lokasjon og bevegelser (National Research Council et al., 2002, s. 2). Et eksempel på en TGV er eksplosiv- og bomberyddingsroboten «tEODor», dette er en fjernstyrt robot som enten kan kjøre på batteri eller med en direktekoblet kabel. Denne roboten er designet for å undersøke og desarmere eksplosive gjenstander og liknende roboter har vært i bruk i Forsvaret siden 1973 (Eggereid, 2006, s. 9).

Den andre klassen er Semiautonomous preceder-follower (SAP/FUGV). Dette er semiautonome kjøretøy som følger en designert veifinner. Denne typen systemer kommer i forskjellige størrelser og har et avansert navigasjonssystem som minimerer interaksjonen med en operatør. Denne typen kjøretøy kan beregne eget veivalg og komme seg til destinasjoner selv (National Research Council et al., 2002, s. 2). Oppdrag som er passende for denne typen kjøretøy kan for eksempel være som lastbærende robot for en infanterienhet, eller som et følgekjøretøy i en logistikk kolonne. Felles for begge er at kjøretøyet kan følge en leder, mens den selv sørger for at det riktige sporvalget (National Research Council et al., 2002, s. 22).

Den tredje klassen er Plattformsentriske autonome bakkekjøretøy (Platform-centric autonomous ground vehicle, PCAGV) som kan tildeles en kompleks oppgave og vil deretter utføre oppgaven, den kan tilegne seg relevant informasjon under gjennomførelse, og muligens svare på nye kommandoer gitt fra en operatør, uten at det er behov for ytterligere veiledning. Militære oppdrag krever en "ansvarlig" autonomi for PCAGV som kan bruke dødelige våpensystemer og derav krever feilsikringsmekanismer som kan avbryte det som pågår. PCAGV må ha autonom A-til-B mobilitet og må kunne utføre tildelte oppdrag i et fiendtlig miljø. UGV klassen skal ha samme mobilitet, overlevelsesevne og selvforsvar som er ekvivalent med liknende bemannede systemer (National Research Council et al., 2002, s. 2). Eksempel på bruk av denne typen er et søsterfartøy som kan støtte en mekanisert infanterienhet, PCAGVen skal kunne følge på og være med det bemannede kjøretøyet som den støtter og være kapabel til å hjelpe når det trengs. Den skal kunne fungere som et ekstra våpen for infanterienheten og ikke være en belastning for lederen. Selv om PCAGVen skal kunne utføre oppdrag selvstendig, så krever det nøye oppfølging av et menneske som skal gi oppdragene (National Research Council et al., 2002, s. 26).

Den fjerde klassen er Nettverkssentriske autonome bakkekjøretøy (Network-centric autonomous ground vehicles, NCAGV) som har oppnådd en grad av autonomi slik at hvert kjøretøy kan operere som en del av et nettverk i en nettverkentrisk krigføringsmodell basert på informasjon fra et kommunikasjonsnettverk. Kjøretøyene kan inkorporere ny informasjon i deres oppdragsutførelse og reagerer på informasjonsbehov og utførelsesordre gitt gjennom nettverket. Denne typen skal kunne operere på lik linje som

bemannede systemer og derav kunne utføre liknende oppdrag (National Research Council et al., 2002, s. 2). Et eksempel på oppdrag som kan gis til denne typen er bakhold på lik linje som en gerilja styrke. Hensikten med oppdraget er gjennom skjult fremrykning å komme seg tett på en fiende før en iverksetter et angrep. Denne typen angrep er gunstige fordi man kan under forberedelsesfasen sette tydelige engasjementskriterier, finne fremryknings- og utrekningsakser før man iverksetter og legge detaljerte ildplaner. Den store fordelen med et bakhold er at man kan velge lende som favoriserer UGV plattformene og kan kombinere forskjellige ubemannede systemer for å oppnå ønsket effekt (National Research Council et al., 2002, s. 27).

Generelt for klassene kommer plattformene i alle størrelser, konfigurasjoner og vekt-klasser og ved sammenligning så virker det som om klassene representerer en økende grad av autonomi. I tillegg for de forskjellige klassene representerer ulike behov, prioriteringer og krav til teknologi. For eksempel er behovet for reservekommunikasjonssystemer og et robust primærkommunikasjonssystem viktigere for en klasse en plattform enn en klasse tre plattform (National Research Council et al., 2002, s. 2).

3.2.1.2 US Future Combat Systems metode

Ifølge Dr. Oberst Zdzislaw Sliwa (pensjonert) har US Future Combat Systems (FCS) utviklet en metode for å klassifisere forskjellige type UGV basert på vekt og størrelse (2016, s. 39).

Kategori:	Vekt:
Small/Light	14-180 kg or 31-400 lbs
Small/Medium	181- 1 130 kg or 401- 2 500 lbs
Small Heavy	1 131 – 9 000 kg or 2501 – 20 000 lbs
Heavy	Over 13 500 kg or 30 000 lbs

Tabell 1.1 US FCS klassifiseringsmetode

Denne klassifiseringsmetoden baserer seg på et aspekt av kjøretøyet som illustrere størrelsen og kan brukes som sammenlignings grunnlag med andre kjøretøy. Det som mangler i tabellen er beskrivelsen mellom Small Heavy og Heavy, her er det et gap på 4 500 kg. For å gjøre opp for det legges til kategorien *Medium* som omfatter UGV med en vekt mellom 9 001 kg og 13 499 kg. Metoden får frem omfanget av plattformen og fungerer godt som et supplement til CAUT sin metode.

Kategori:	Vekt:
Small/Light	14-180 kg or 31-400 lbs
Small/Medium	181- 1 130 kg or 401- 2 500 lbs
Small Heavy	1 131 – 9 000 kg or 2501 – 20 000 lbs
<i>Medium</i>	9 001 – 13 499 kg
Heavy	Over 13 500 kg or 30 000 lbs

Tabell 1.2 Alternativ for US FCS klassifiseringsmetode

3.3 Teknologiske forutsetninger for utviklingen av UGV

2011-rapporten *Unmanned Ground Systems Roadmap* (UGSR) av Robotic Systems Joint Project Office (RSJPO) beskriver UGVer som avhengig av visse teknologiske innovasjoner for å tilpasse seg dagens stadig endrende operasjonsmiljø. UGSR-rapporten konkluderer at det finnes ni ulike teknologiske utviklingsområder som vil muliggjøre bruk av UGV i et moderne stridsfelt. Det understrekes at disse utviklingsområdene ikke er komplette, og at det i fremtiden kan oppstå nye problemer som krever innovasjon innen andre felt. De ni teknologiske utviklingsområdene er:

- Autonom navigasjon
- Kommunikasjon
- Energi
- Optikk
- Arkitektur
- Soldat-maskin grensesnitt
- Manipulasjon
- Mobilitet
- Nyttelast

Autonom navigasjon

Autonome kjøretøy må kunne selvstendig orientere seg i et ustrukturert terreng uten kontinuerlig støtte fra en operatør. Autonomi muliggjør oppdragsløsning når kommunikasjon mellom operatør og UGV er svak eller upålitelig. Objekt-gjenkjenning er kritisk for å oppnå autonom navigasjon siden UGVen skal kunne ta selvstendige beslutninger rundt taktisk risiko ved valg av rute. UGSR beskriver krav til objekt-gjenkjenning i denne tabellen:

Table 1. Autonomous Navigation Capability Needs

Object Recognition	Intelligent Navigation
Recognize combatants/non-combatants	Avoid static and dynamic obstacles
Recognize other living entities	Predict motion of dynamic objects
Recognize vehicles, roads, paths, and markers	Obey traffic regulations as appropriate

Tabell 2 Autonom navigasjon kapabilitetsbehov (RSJPO, 2011, s. 21)

Som tabellen viser stiller UGSR-rapporten høye krav til kapabiliteten til bildegjenkjenning, men flere statusrapporter siden 2009 viser at autonom navigasjon har vist stor progresjon.

Table 2. Autonomous Navigation Advancements

Major Activity	Type	Result
DARPA Challenges	Demonstration	Demonstrated long-distance autonomous waypoint following, obstacle detection and avoidance, and robotic platform endurance
MAGIC	Demonstration	Demonstrated autonomous coordination and teaming among multiple robots in operationally relevant urban scenarios
ARL Robotics CTA	Investigation	Investigated perception and intelligence for large autonomous robots
ARL MAST CTA	Investigation	Investigated autonomous air-ground teaming between small robots
CAST	Program	Matured autonomous leader-follower technologies in convoys
NAUS ATO	Program	Matured autonomous formation control and UGV self-security
SOURCE ATO	Program	Matures technologies that enable autonomous UGVs to safely operate within urban environments among humans, animals, and vehicles
AEODRS	Program	Matures autonomous navigation for Navy EOD robots
ACS, RIK, ROS, 4D/RCS	System	A set of intelligent architectures for small-robot navigation
ANS	System	A perception and control system for large UGV Programs of Record
AMDS	System	A set of payload modules that enable small autonomous robots to find, mark, and neutralize explosive devices

Tabell 3 Autonom navigasjons fremskritt (RSJPO, 2011, s. 22)

I Norge har vi også gjennom FFI utviklet NavLab (etterprosessering) og NavP (sanntid), som brukes til simulering, samt sanntidsnavigasjon (FFI, 2021). I tillegg nevner USGR at transport og bil-bransjen har utviklet seg mye i de siste tiårene med fokus på autonom kjøre-hjelp gjennom eksempelvis cruise-control, stabilitetskontroll og selvparkering (RSJPO, 2011, s. 22). Det største nåværende problemet i forbindelse med autonom navigasjon er sikkerhet. Samtidstesting og undersøkelser blir gjennomført i kontrollerte miljø og det er enda ikke fastslått at UGVer kan pålitelig skille mennesker fra andre lignende objekter på en måte som er sikkerhetsmessig forsvarlig, spesielt i miljø hvor ikke alle aktører nødvendigvis tar sikkerhetsmessige hensyn til UGVens bevegelser i terrenget (RSJPO, 2011, s 22).

Kommunikasjon

Kommunikasjonslenken mellom UGV og kontroll-enheten eller operatøren er også en viktig teknologi for å muliggjøre effektivt bruk av UGVer i fremtiden. Vanligvis er denne lenken opprettholdt gjennom en trådløs radio-forbindelse eller en direktekobling med ledninger. Det er åpenbare fordeler og ulemper med begge tilnærmingene. En trådløs løsning vil være mer utsatt for forstyrrelser i datastrømmen, gjennom redusert forbindelse i terreng og naturlige hindre eller fra radio-jamming fra en antagonistisk aktør. En direkte-forbindelse med ledning, enten bestående av en fiber-optisk kabel eller tvunnet parkabel, kan brukes ved høy trussel for trådløse digitale angrep og muliggjør bruk av UGV uavhengig av radiodekning og kan derfor benyttes med relativt lav digital signatur (RSJPO, 2011, s. 23)

Både kabel- og trådløs kommunikasjonslenke mellom UGV og kontroll-enhet muliggjør dataoverføring, som er en forutsetning for en UGV å rapportere status, funn eller løse oppgaver gitt av kontroll-enheten, og kontroll-enhetens mulighet til å gi oppdaterte eller nye oppdrag til UGVen. Dagens UGV er fullstendig avhengig av kontinuerlig kommunikasjon/forbindelse med kontroll-enheten for å løse oppdrag og avbrytelser i denne forbindelsen kan føre til at operatører må eksponere seg for å gjenvinne forbindelse eller risikere at UGVen går tapt til fienden eller setter seg fast i et område den ikke kan hentes inn igjen fra (RSJPO, 2011, s. 24).

Nyere forskning og innovasjon innenfor kommunikasjonsteknologi har ført til følgende resultater knyttet til utvikling av UGV-kommunikasjon:

Table 4. Communications Advancements

Major Activity	Type	Result
DARPA MNM	Program	Matures technologies to adapt to environment and mission yet provide higher data rates along a robust data link
JTRS HMS	System	A communication network for dismounted Soldiers, sensors, and UGVs
JTRS, WIN-T	System	A set of communication networks and waveforms for manned vehicles
CDL, DDL	System	A set of data links for air-ground communication with OSRVT

Tabell 4 Kommunikasjons fremskritt (RSJPO, 2011, s 24)

UGSR-rapporten anbefaler videre å satse på utvikling av kommunikasjonsnettverk med flere avsendere av trådløse signaler og flere mottagere som kommuniserer seg imellom.

Det bør også satses på utvikling av tryggere trådløse forbindelser som er mer robust ovenfor risiko for forstyrrelser i forbindelsen. I tillegg anbefales det fokus på brukervennlighet og enkelhet i systemets grensesnitt, noe som reduserer utdanningstid for operatører og enklere håndtering i varierte miljø (RSJPO, 2011, s. 25).

Energi

Dagens UGV-systemer krever store mengder energi fra stabile og pålitelige kilder for å kunne operere. Disse energikildene må innfri krav for vekt og størrelse i henhold til hver UGV-modell, som har unike behov med tanke på dimensjonering. I tillegg må energikilden være robust nok til å bli utsatt for ytre faktorer, som temperatur, trykk, bevegelse og sjokk uten å ødelegges eller påvirke energiforsyningen. Samtidsutviklingen har ført til ulike energikilder til ulike typer UGV.

For mindre UGV-modeller benyttes stort sett batterier, herunder oppladbare litium-batterier som forsørger bedre rekkevidde og forberedelsestid enn tidligere brukte batterityper (RSJPO, 2011, s. 27).

For medium-størrelse UGV-modeller brukes det bensinmotorer og/eller dieselmotorer med lave mengder sulfur. Det undersøkes muligheter for bruk av F-34 (JP-8) grunnet stoffets stabilitet, effektivitet og energitetthet (RSJPO, 2011, s. 27).

For større UGV-modeller følger utviklingen tett på bil-industrien og i mange tilfeller vil implementering av eksempelvis bil-batterier være fordelaktig som energikilde. Det kan være en fordel å utvikle store UGVer i seg selv grunnet rask utvikling og banebrytende innovasjon innenfor energilagring og produksjon i bil-industrien (RSJPO, 2011, s. 27).

Dagens utvikling innenfor energilagring, spesielt med støtte fra bil-industrien gir gode muligheter for utvikling av UGVer som både benytter drivstoff-motorer, hel-elektriske motorer eller en kombinasjon av begge. Effektivisering og standardisering innenfor militær logistikk og organisatorisk tilrettelegging tyder på at energiproduksjon med F-34 som drivstoff vil være mulig i tiden framover. Batteriteknologi utvikler seg også stadig, men det gjenstår fortsatt arbeid innenfor utvikling av batterier bedre egnet militært bruk, herunder mer ekstreme miljø

Optikk

Optikk innebærer alt av sensorer som bidrar til at en UGV kan oppdage og forstå miljøet, både i sin umiddelbare nærhet, men også på lengre hold. UGSR-rapporten beskriver teknologifeltet som bestående av en bildesensor, lys, optikk og grensesnitt. Bildesensoren kan potensielt benytte tre moduser: synlig lys, nær infrarødt og termisk infrarødt (stråling), (RSJPO, 2011, s. 28).

Table 7. Vision Spectrums

Spectral Band	Description
Visible	Captures images visible to the human eye in full color
Near Infrared (NIR)	Captures images in low light for stealth operation and provides a monochrome or grayscale image
Thermal Infrared	Captures images without any light by responding to the latent heat radiated by all objects at temperatures above absolute zero

Tabell 5 Visuelle spektrum (RSJPO, 2011, s. 29).

Kostnaden for implementering av optikk som registrerer synlig lys og nær infrarødt har blitt mer tilgjengelig i de siste årene og er derfor relativt lav. Selektiv filtrering av optikken kan også gi samme sensor mulighet til å fange opp begge bølgelengdene samtidig. Termiske sensorer er enda mye dyrere enn andre sensorer og vil dermed må kostnad sammenlignes med nytteverdi. Optikk er et satsingsområde og siden 2009 har ulike undersøkelser og forskningsprogrammer ført til store forbedringer i eksisterende teknologi:

Table 8. Vision Advancements

Major Activity	Type	Result
DARPA Challenges	Demonstration	Demonstrated obstacle detection and avoidance, visual odometry, lane detection, and sensor fusion
ARL Robotics CTA	Investigation	Investigated stereoscopic vision and terrain classification technologies
DARPA LAGR	Program	Matured vision-based navigation and learning technologies
SOURCE ATO	Program	Matures vision technologies that enable UGVs to safely operate within urban environments among humans, animals, and vehicles

Tabell 6 Visuelle fremskritt (RSJPO, 2011, s. 29).

Med grunnlag i disse innovasjonsområdene er det stort potensiale i optikk for UGVer. I dagens moderne UGVer som benyttes i felt varierer optikk i størrelse, oppløsning og egenskaper, men generelt kan disse spesifikasjonene forventes:

Table 9. Vision Specifications

	Visible	Infrared
Pixel Resolution	768 x 494	320 x 240
Field of View	40° H x 30° V	40° H x 30° V
Frame Rate	30 Hz, 60 Hz	15 Hz, 30 Hz
Detection Range	225 m to NATO Man Target	300 m to NATO Man Target
Zoom	3X to 26X	None

Tabell 7 Visuelle spesifikasjoner (RSJPO, 2011, s. 29).

Med fremtidig utvikling innenfor dataprosessering av optisk data kan en forvente at objektgjenkjenning blir raskere og mer presis. Sanntids-gjenkjenning er under utvikling og blir stadig bedre. I tillegg blir dynamisk rekkevidde (gjennom sensorteknologi) og oppløsning (gjennom kompresjonsteknologi) stadig bedre, noe som kan føre til klarere bilder, som igjen gjør bildegjenkjenning enda lettere og mer presist (RSJPO, 2011, s. 30).

Arkitektur

Med arkitektur menes her et gitt systems struktur og oppførsel. Dette inkluderer både *programvare (software)* og *maskinvare (hardware)*, samt grensesnittet mellom disse komponentene. En åpen arkitektur beskriver en UGV med mange byttbare deler og design som tillater modifisering (RSJPO, 2011, s. 30).

UGV-arkitektur inkluderer som et minimum følgende:

- Maskin-plattform
- Maskinens nyttelast
- Dataoverførings-lenke
- Operatørs kontrollenhet

Foreløpig er det ingen standardisert eller generelt etterlignet arkitektur for UGVer og system-produsenter lager som regel arkitektur i henhold til sine egne tradisjoner. I framtiden kan vi potensielt se multi-UGV og multi-robot interoperabilitet gjennom en mer

felles arkitektur, noe som vil muliggjøre et tettere samarbeid mellom flere systemer. Dette vil muliggjøre et lavere krav til kapasitet for hver enkelt UGV og multi-koordinasjon kan gjøre autonom navigasjon svært mye enklere hvis informasjon deles på tvers av ulike plattformer (RSJPO, 2011, s. 32). Forutsetningen for at denne utviklingen skal kunne skje er at UGVer og autonome kjøretøy blir mer standardisert i sin arkitektur.

Operatør-maskin- grensesnitt

Operatør-maskin- grensesnitt er de fysiske komponentene som gir soldater i felt muligheten til å løse oppdrag sammen med en UGV på en trygg måte. Dette gjøres gjennom interaksjon mellom UGV og soldat, hvor soldater både kan styre UGVen og motta situasjonsforståelse fra den. Grensesnittet må være brukelig og synlig i alle miljø soldater vil kunne operere i. Operatør-maskin- grensesnitt er avgjørende for synergi mellom autonome systemer og mennesker. I felt blir soldatens rolle stadig mer omfattende og en UGV kan potensielt bidra med psykisk og fysisk avlastning (RSJPO, 2011, s. 33).

United States Army Research, Development and Engineering Command (RDECOM) har utviklet avanserte, men brukervennlige grensesnitt som muliggjør *pek-og-klikk-* rettingsstyring, eget kommando-grensesnitt for kommandering av UGVer og teknologi som muliggjør semi-autonom bruk av UGVer. Det er rimelig å anta at denne teknologien vil utvikle seg mye i fremtiden og en kan potensielt kommandere flere UGVer samtidig, med svært enkelt og effektivt grensesnitt. Dagens grensesnitt innebærer ofte en berøringsskjerm montert på selve UGVen som skal interageres med, men utviklingen tilsier at en lett berøringsskjerm på hver enkelt soldat i enten todimensjonalt eller potensielt tredimensjonalt format er mulig i nær framtid (RSJPO, 2011, s. 33).

Manipulasjon

Manipulasjonsteknologi innebærer en UGVs evne til å løfte og reposisjonere objekter av varierte størrelser og former (RSJPO, 2011, s. 35). I militær sammenheng innebærer dette ofte interaksjon med ulike våpensystemer, samt kunstige og naturlige hindre. I dag eksisterer manipulasjonsteknologi i form av gaffeltruck-kranarmer, opp- og avlastningsplattformer og manipulasjonsarmer med ulike funksjoner. I fremtiden kan vi se potensialet til mer sofistikert semi-autonom og autonom kontroll av manipulasjonsverktøy for

ulike militære formål. Presisjonen og reaksjonsevnen iboende i autonome systemer virker lovende for eksempelvis målbekjempelse. En potensiell utfordring kan være stridsfeltets iboende kaos og ustødighet. Mange roboter som i dag benytter manipulasjonsteknologi er i svært stabile miljø og dette har tidligere vært en forutsetning for utvikling av midler for manipulasjon.



Figur 2. UGV “Olav” (FFI, 2021)

Mobilitet

Mobilitet muliggjør bestigelse av vanskelig terreng og hindre. Generelt har UGVer benyttet belte og hjul (RSJPO, 2011, s. 36). En ny utvikling innenfor mobilitet er benyttelse av robot-ben ovenfor hjul, noe som har vist seg å egne mellomstore UGVer og sel-

skaper som Boston Dynamics har utviklet UGVen “Spot”, som benytter fire ben for mobilitet i varierte miljø og lett kan passere hindre på størrelse med seg selv (Boston Dynamics, 2021).



Figur 3. (Boston Dynamics, 2021)

Antageligvis vil hjul og beltegående UGVer fortsatt dominere i fremtiden, men mobiliteten kunstige ben kan produsere har potensialet til å være en radikal bidragsyter i felt. Potensialet for bedret mobilitet ligger i objektgjenkjenning, da dette kan legge til rette for bedre forutsetninger for finmotorisk passering av hindre. Om UGVer har muligheten til å gjenkjenne ulike typer hindre, vil det være lettere for den å benytte seg av mobilitetsteknologien sin for å passere ulike hindre (RSJPO, 2011, s. 38).

Nyttelast

Det siste utviklingsområdet er utviklingen innen nyttelast. Dette innebærer både effektiv meldingskommunikasjon, nettverkstilgang, funksjonelle rammeverk og operasjonelle rammeverk (RSJPO, 2011, s. 38). Etter hvert som UGVer vil kunne benyttes til mer allsidige oppgaver, stiller det større krav til systemets nyttelast. Dette betyr at utvikling av UGVers nyttelast må ta hensyn til både faktisk og potensielle bruksområder. Sensorer og kapabiliteter montert på en UGV må også være tilpasset UGVens dimensjoner slik at nyttelasten kan være optimalisert basert på oppgaver og kapasitet. Nyttelast må også være dimensjonert proporsjonalt i henhold til UGVens tenkte oppgaver, det vil si

at en UGV tiltenkt overvåking av et baseområde ikke bør ha overflødig med nyttelast tilpasset dødelige systemer som går på bekostning av effektiv nyttelast for sensorer.

Table 18. Payload Examples

Sensors	Emitters	Actuators
Visual Sensors	Obscurant producers	Manipulator arms and Grippers
Ranging Sensors	Counter-IED systems	Track flippers and flipticulators
Acoustic Sensors	Lethal/Non-lethal systems	Push and pull attachments

Tabell 8 Lastekapasitet eksempler (RSJPO, 2011, s. 39)

4. Analyse

For analyse av våre kilder benyttes Nasjonalt kunnskapssenter for helsetjenestens sjekkliste fra 2006 (Johannessen et al., 2016, s. 103). Hensikten med å bruke analyseskjemaet er å kunne hente frem informasjonen som er viktig for å forstå sammenhenger om de forholdene i samfunnet som oppgaven ser etter. Analysen er nøytral og har til hensikt å trekke frem de store trekkene tekstens innhold, konteksten for opphavet til dokumentene (Johannessen et al., 2016, s. 98).

Dokumentene er analysert for å identifisere forfatter, kontekst, tiltenkt publikum, formål med dokumentet, type dokument, hovedpunkter uttrykt i dokumentet, budskap og betydning. Dette har blitt analysert for å skape bevissthet rundt konteksten for dokumentene og avdekke om det er skjulte betydninger eller budskap.

Bøkene fra Digital Infantry Battlefield Solution (DIBS) prosjektet har blitt analysert som en helhet. Dette har blitt gjort fordi de er skapt innenfor rammeverket av prosjektet og har gjengående redaktører. Artikkelen er skrevet av anerkjente fagpersoner som blir beskrevet i slutten av hver bok.

Tittel	Digital Infantry Battlefield Solution: Introduction to Ground Robotics
Forfattere	En redaktør og 11 forfattere med variert bakgrunn. Redaktør: Uģis Romanovs. Artikkelforfattere: Māris Andžāns, Jānis Bērziņš, Jeff Durst, Asta Maskaliunaite, Agris Nikitenko, Juris Ķiploks, James Rogers, Uģis Romanovs, Zdzislaw Sliwa, Kuldar Väärssi, Tianbao Zhang.
Kontekst	Et samarbeid mellom Estonian National Defence College, Latvian National Defence College, Latvian institute of International Affairs, Riga Technical University, University of Tartu.

	Konflikten i Ukraina er en sikkerhetspolitisk sak for disse landene som har mulige liknende interessekonflikter med Russland. Dette er en mulig pådriver for hvorfor ubemannede systemer får oppmerksomhet og organisasjonene ønsker å sette det i en større kontekst.
Tiltenkt publikum	Offentligheten
Formål	Artikkel samling av forskjellige forfattere fra forskjellige land og fagfelt for å gi flere analyser om utviklingen av ubemannede bakke systemer (UGS) i militær bruk. De tar for seg både retrospektiv og prospektiv utvikling av UGS, og de tar for seg nåværende problemer og utfordringer fra militære, tekniske og lovmessige synspunkter.
Type dokument	Faglitterær bok, sammensetning av profilerte forskeres synspunkt på UGV-teknologi
Hovedpunkter uttrykt i dokumentet	Boken søker å skape en introduksjon til UGV og forskjellige artikler tar for seg forskjellige bruksområder og den avslutter med konsepter.
Budskap	Det er flere forfattere som har forskjellige budskap. Introduserer etiske utfordringer vedrørende ubemannede systemer.
Betydning	Skaper en oversikt over UGV utviklingen i verden. Tar for seg de generelle trendene og hvilke områder UGV kan bidra. Legger grunnlaget for bok 2 og 3.
Biaser	Flerkulturelt verk. Kan ha blitt oppsummert og sammensatt på en måte som prioriterer et konsekvent budskap ovenfor et nøyaktig bilde. Én profilert forskers meninger rundt et tema er ikke nødvendigvis fullkomment, og flere forskere kan dra med seg ubevisste personlige biaser i sine meninger rundt temaet.

Tittel	Digital Infantry Battlefield Solution. Concept of Operations. Part Two
Forfattere	14 forskjellige artikkelforfattere og to redaktører. Redaktørene: Uģis Romanovs and Māris Andžāns. Artikkelforfattere: Māris Andžāns, Liran Antebi, Gal Perl Finkel, Glen E. Howard, Olavi Jānes, Ron LaGrone, Asta Maskaliūnaitė, Igors Rajevs, Uģis Romanovs, Zdzisław Śliwa, Riho Terras, Nora Vanaga, Kuldar Väärssi, Boaz Zalmanowicz, Serhiy Zghurets.
Kontekst	Fortsettelsen av samarbeidet mellom Estonian National Defence College, Latvian National Defence College, Latvian institute of International Affairs, Riga Technical University, University of Tartu.
Tiltenkt publikum	De som har lest den første boken.
Formål	Boken bygger idere på bok 1 gjennom å se på utviklingen av UGV gjennom deres militære bruk. I tillegg drøfter den etiske og lovlige aspekter av bruken av UGV, boken tar et dypere dykk inn i hvordan forskjellige nasjoners utvikling og progresjon innenfor deres UGV kapabiliteter.
Type dokument	Bok, artikkelsamling.
Hovedpunkter uttrykt i dokumentet	Hvordan UGV passer inn i militære styrkers kontinuerlige utvikling. Innblikk i hvordan etikken spiller inn på industrien og det fremtidige ansvaret for etiske retningslinjer. Hvordan dagens lovverk spiller inn og hvordan det kan ha en betydning fremover. Hvordan nasjoners utvikling og progresjon innenfor UGV feltet pågår.

Budskap	UGV vil bli en integrert del av landstriden i den nære fremtid, og på lang sikt kan ubemannede systemer ha en revolusjonerende effekt på landstridsoperasjoner.
Betydning	Bygger videre fra bok 1 med å vise eksempler på dagens bruk og utvikling av UGV, og hvordan UGV er tenkte brukt i fremtidige konflikter.
Biaser	<p>Fellestrekk for forfatterne er at de har interesser innenfor fagfeltet. Artikkene er skrevet av forskere, offiserer og rådgivere innenfor sikkerhet og diplomati.</p> <p>Temaet har en politiskbetydning og det er et ønske om å skape debatt rundt dagens lovverk og hvordan man kan tilpasse internasjonale lover og avtaler for å påvirke utviklingen.</p>

Tittel	Digital Infantry Battlefield Solution. Research and Innovation. DIBS project. Part Three
Forfattere	2 redaktører og 12 artikkelforfattere. Redaktørene: Uģis Romanovs and Māris Andžāns. Artikkelforfattere: Ieva Bērziņa, Gérard de Boisboissel, Abdeslem Boukhtouta, Sintija Broka, Robert Clark, Andis Dilāns, Peter J. Gizewski, Serge Lévitiski, Kristina Prišmantaitė, Yazan Qasrawi, James Rogers, Mirosław Smolarek
Kontekst	Bygger videre på de to første bøkene. Denne fokuserer mer på EU sitt fokus på internasjonalt samarbeid innad i EU og del to tar for seg flere nasjoners utvikling av UGV.
Tiltenkt publikum	De som har lest de to første bøkene.
Formål	Boken analyserer initiativene innenfor den Europeiske Union som omfatter digitaliseringen av slagmarken gjennom forskning og innovasjon, samt forsvarsforskning og innovasjonsøkosystemet i de Baltiske statene.
Type dokument	Bok, artikkelsamling
Hovedpunkter uttrykt i dokumentet	Søker å ta et steg videre med tanke på bruken av UGV. Analyse av EU sine pågående initiativer som søker å digitalisere slagmarken rundt forskning og innovasjon. Deretter bygger artiklene videre på bok 2 med analyse av flere nasjoners progresjon og utvikling av UGV kapabiliteter.
Budskap	EU sine investeringer i forsvarsindustrien på tvers av landegrensar brukes for å skape økt samarbeid mellom EU land og er et politisk virkemiddel for å understreke viktigheten av at man må være med i utviklingen for å kunne forsvare seg mot den.

Betydning	<p>Belyser viktigheten av teknologiutviklings samarbeid mellom nasjoner og hvordan EU kan bidra til dette uten å erstatte nasjonal påvirkning.</p> <p>UGV har et potensiale for å være større bidragsytere i fremtiden, men teknologien er ikke kommet langt nok ennå.</p> <p>Europa henger etter i utviklingsprosessen av UGV sammenlignet med USA og Kina, men siden EU og NATO sine satsninger fra 2014 har det blitt tatt signifikante steg fremover.</p>
Biaser	<p>Artiklene er skrevet av fageksperter som forfekter egne fagområder skal forsvare egen eksistens og sette den inn i en internasjonal kontekst.</p>

Tittel	Unmanned Ground Systems Roadmap (2011)
Forfattere	Robotic Systems Joint Project Office
Kontekst	RS JPOs andre semi-årlige forskningsrapport, la fram status og prediksjoner for framtidig utvikling innenfor UGV-teknologi.
Tiltenkt publikum	Amerikanske forsvarsinstitusjoner.
Formål	Strategisk planverk i form av en forskningsrapport. Publiseres hvert andre år, oppfølger av 2009-publikasjonen av samme navn. Rapporterer til Program Executive Office for Ground Combat Systems (PEO GCS), et prosjektkontor som forvalter US Army Ground Combat Systems, samt rapporterer de til Marine Corps Systems Command (MARCORSYSCOM). Har til hensikt å være en praktisk referanse til støtte for videre forskning, helhetlig planlegging, samt investering i visse fagfelt.
Type dokument	Forskningsrapport (roadmap), godkjent for offentlig distribuering
Hovedpunkter uttrykt i dokumentet	RS JPO og US Army fortsetter som tidligere å implementere ny teknologi innenfor feltet UGV inn i det moderne stridsfeltet. Teknologi som muliggjør utvikling av autonome UGVer er under arbeid.
Budskap	Eksisterende teknologi blir forbedret og halv-autonome systemer er i gang med å erstatte tidligere kun teleopererte UGVer. Innkjøpspris og vedlikeholdspris for UGVer er forventet å falle, noe som betyr større tilgjengelighet i framtiden.
Betydning	Standpunktsanalysen gjennomført i rapporten er svært nyttig, samt forventninger til framtidig utvikling er hjemlet i forskning. Rapporten er 10 år gammel og er dermed

	noe utdatert, men relevante nyere kilder er enda ikke offentliggjort.
Biaser	Rapport publisert av samme institusjon som forsker og utvikler på UGVer, kan potensielt overdrive potensialet til UGVer.

Tittel	ARTIFICIAL INTELLIGENCE – What Every Policy-maker Needs to Know
Forfattere	Paul Scharre, Michael C. Horowitz og Robert O. Work
Kontekst	Produsert i sammenheng med Center for a New American Security sitt flerårige publikasjonsverk rundt kunstig intelligens
Tiltenkt publikum	Politikere og sentrale beslutningstagere rundt nasjonal sikkerhetspolitikk i USA.
Formål	Belyse hvordan utviklingen av kunstig intelligens bør forme amerikansk og andre demokratiske makters sikkerhetspolitikk, samt hvilke etiske, politiske og lovlige rammer som bør stadfestes.
Type dokument	Forskningsrapport
Hovedpunkter uttrykt i dokumentet	Kunstig intelligens har passert mennesker i oppgaveløsning innenfor visse fagfelt ved utvikling av digitale læremetoder, som maskinlære, men er enda svært begrenset i allsidighet og overføringskunnskap.
Budskap	Å forberede seg for konsekvensene av en revolusjonerende utvikling innenfor kunstig intelligens er en svært kritisk sikkerhetspolitisk oppgave.
Betydning	USA og andre (allierte) økonomiske supermakter bør investere mer ressurser i utvikling av kunstig intelligente systemer.
Biaser	Tenketanken Center for a New American Security (CNAS) har vært tett knyttet til amerikansk topp-politikk og kan trolig være preget av ønsker om å appellere til denne målgruppen.

Tittel	Forsvarsteknologiske trender –en overordnet analyse av teknologiens betydning for et effektivt og relevant forsvar (2019)
Forfattere	Forsvarets forskningsinstitutt (FFI), herunder John-Mikal Størdal (dir.)
Kontekst	Forsvarets forskningsinstituttts rapport rettet mot langtidsplanlegging og teknologisk utvikling på global basis.
Tiltenkt publikum	Forsvaret, Forsvarsdepartementet, offentligheten.
Formål	Rapporten skal peke på noen av de teknologiene som har størst betydning for Forsvaret, både på kort og lengre sikt.
Type dokument	Vitenskapelig rapport
Hovedpunkter uttrykt i dokumentet	Teknologi er et gjennomgripende fenomen med fundamental påvirkning på utvikling i forsvarssektoren. Teknologiu utviklingen må sees i sammenheng med utvikling av blant annet personell, organisasjon og operasjonelle konsepter.
Budskap	Forsvaret bør prioritere utviklingen av et moderne, høyteknologisk forsvar. Forsvaret i dag stort utbedringspotensiale innenfor teknologiske sårbarheter. Forsvaret bør investere langsiktig i attraktive teknologiområder og bygge en sterkere innovasjonskultur innad.
Betydning	FFI har stor tilgang til både graderte dokumenter fra Forsvaret og samarbeider tett med Forsvarsdepartementet, andre departementer og etater, og står dermed i en unik posisjon til å gi informerte anbefalinger rundt teknologiu utvikling.
Biaser	FFI er forsvarssektorens forskningsinstitusjon og vil dermed være disponibel til å vektlegge satsing på innovasjon og utvikling ovenfor eksempelvis vedlikehold av eksisterende teknologi og konsepter.

Tittel	Base defence demonstration at Triden Juncture 2018 – TACT un-manned systems for base and force protection (2019)
Forfattere	Kim Mathiassen, Jens Inge Hyndøy, Einar Østevold, Sigmund Valaker, Tone Danielsen, Magnus Baksaas, Lars Erik Olsen, Marius Thoresen, Else-Line Ruud, Jarle Selvåg og Jarle Sandrib, godkjent av Lorn Bakstad (Research Manager) og Halvor Ajer (Research Director).
Kontekst	Forskningsrapport basert på FFIs demonstrasjon av et baseforsvarskonsept med bruk av ubemannede systemer, sensorer og effektorer sammenkoblet i et nettverk.
Tiltenkt publikum	Viktige beslutningstakere i NATO (Det nordatlantiske råd og NATOs militærkomité) og forsvarssektoren i Norge. Rapporten er også åpen for fri distribuering.
Formål	Rapporten beskriver demonstrasjonen av baseforsvarskonseptet, som igjen hadde som primærmål å demonstrere potensialet i ubemannede systemer for beskyttelse av baser og personell. Sekundærmålet var å motta tilbakemeldinger fra soldater for å forbedre konseptet. Rapporten har som formål å dokumentere demonstrasjonen; både bakgrunnen, gjennomføringen og resultatene.
Type dokument	Forskningsrapport.
Hovedpunkter uttrykt i dokumentet	Demonstrasjonen var en suksess da primærmålet ble oppnådd.
Budskap	Bruk av ubemannede systemer i baseforsvar og styrkebeskyttelse er lovende, og kan i nær framtid benyttes til operativt bruk.
Betydning	Teknologien kan føre til anvendbare produkter som kan implementeres i Forsvaret i nær framtid.

Biaser	Primær målsetting var å demonstrere, ikke undersøke operasjonell verdi, noe som gikk på bekostning av sistnevnte. Hele demonstrasjonen var detaljplanlagt på forhånd og dette gjorde vurderinger av operativt potensiale av konseptet vanskelig.
---------------	--

5. Drøfting

5.1 Feltefunksjonene

Forsvarets doktrine for landoperasjoner (FDLO), utgitt i 2004, gir grunnleggende retningslinjer for bruk og utvikling av militære kapasiteter i landdomenet (Forsvarsstaben, 2004, s. 5). I denne oppgaven vil vi benytte feltefunksjonene, som er beskrevet i FDLO som analytiske verktøy som grunnlag for utvikling av strukturer, herunder styrkeproduksjon (Forsvarsstaben (nå *FST*), 2004, s. 55). Feltefunksjonene består av manøver, ildstøtte, etterretning, beskyttelse, luftvern, logistikk og kommando.

5.1.1 Manøver

“Manøver er den rent fysiske manøvreringen for å forflytte seg til en posisjon hvorfra en kan påvirke motstanderen og manøvrere for å oppnå forskyvning. Dette innebærer å flytte styrker i kombinasjon med ild, eller potensiale for ild, for å oppnå en fordel i forhold til motstanderen for å fullføre oppdraget.” (FST, 2004, s. 56)

THEMIS (Tracked Hybrid Modular Infantry System) er en middels-størrelse UGV-plattform med tilstrekkelig spesifikasjoner til å løse taktiske oppdrag på lik linje med infanteri, i hvert fall i teorien. Arkitekturen til THEMIS er utformet slik at signaturen skal være lav og tilrettelegger for skjul og dekke. Den er også modifiserbar og kan utstyres med en RWS (Remote-controlled Weapon Station), (Zhang, 2016, s. 69). Dette gjør THEMIS til en aktuell kandidat for forskning på taktisk oppdragsløsning med UGVer.



Figure 3. The UGV from MILREM with firearm system mounted.¹²

Figur 4: UGV MILREM THeMIS (Zhang, 2016, s. 69).

Ved bruk av halv-autonome eller hel-autonome systemer, kan potensielt en UGV med THeMIS sine egenskaper betraktelig redusere risiko for personell i offensive operasjoner. Eksempelvis kan potensielt en semi-autonom UGV bryte første eksponering, og ved anvendelse av kunstig intelligens, føre måloppdagelse og beskytning på fiender med svært kort reaksjonstid. THeMIS sin arkitektur og nyttelast muliggjør også utrustning av tyngre våpensystemer, som kan gi tyngre ild for manøveren.

På kort sikt er det nok urealistisk å anta at autonome UGVer kommer til å erstatte alle soldater i frontlinjen, da den kognitive allsidigheten som kreves for å gjøre hurtige taktiske vurderinger og praktisere stridsdriller enda er langt forbi hva som er oppnådd i utvikling. Til tross for dette viser bruken av THeMIS stort potensiale, spesielt under sensorkapasitet, hvor informasjon kan strømmes direkte til soldater og dermed spre situasjonsforståelse.

På lang sikt er det potensiale for spesialisering av ulike UGVer til å oppnå synergi-effekter i felt. Ved å tilpasse ulike UGV-plattformer til eksempelvis taktisk ildstøtte, gjennombrytninger og sikring vil en potensielt kunne drive manøver, enten selvstendig ved

kun gitt et taktisk oppdrag, eller gjennom halv-autonom styring av eksempelvis hvert flytt, ildstillinger i lende og gjennombrytningspunkt. Utvikling av mer sofistikert kunstig intelligens, utbedring av UGVers generelle mobilitet, energiforbruk, kommunikasjon og optikk vil muliggjøre gjennomføring av offensive operasjoner med UGVer.

Ildstøtte

«Ildstøtte er evne til å påvirke en motstander til å oppgi sine ambisjoner ved hjelp av dødelig ild eller ikke-dødelig ild eller en kombinasjon av dem. Ildstøtte er den samlede og koordinerte anvendelse av direkte og indirekte systemer mot bakkemål til støtte for landoperasjoner» (FST, 2004, s. 57).

Under begrepet ildstøtte er det viktig å bemerke at bruk av ikke-dødelig ild innbefatter bruk av eksempelvis informasjonsoperasjoner (“[INFO OPS] er tiltak iverksatt for å påvirke andres informasjon, informasjonsbaserte prosesser, kommando- og kontrollsyste-mer (K2), og informasjons- og kommunikasjonssystemer ...” (FST, 2004, s. 147),) og elektronisk krigføring. Dette er mer relevant i lav-intensitetskonflikter, hvor fienden vanskeliggjør bruk av dødelig ild, eksempelvis ved opprørskrig.

UGVers potensiale innenfor ildstøtte er mangfoldig. Både rollen som ildleder og -observatør og leverandør av ilden kan potensielt gjennomføres gjennom en ubemannet plattform. Sensorkapabilitetene til en UGV kan gi like god og mulig bedre observasjon enn et lag med artilleri-jegere. Dette kan også redusere både sikkerhetsmessig og taktisk risiko, da en selvstendig UGV kan være stillestående i en observasjonsstilling over lengre tid uten menneskelige fysiologiske behov, som å spise, sove og bevege seg. En selvdestruerings-prosedyre kan også føre til at informasjonsutpressing fra fienden blir umulig hvis ildlederen blir overvunnet av fienden.

Levering av presis indirekte ild kan gjennomføres på en ubemannet plattform, gitt at teknologien modnes. Autonomt veivalg og taktiske prosedyrer kan i teorien automatiseres og dermed øke taktisk tempo på beskytning. Autonome, halv-autonome eller teleopererte våpen kan ledes sentralt av en operatør og koordineres autonomt ved hjelp av trådløs kommunikasjon mellom plattformer. Dette kan bety levering av krumbane-ild på kortere tid og i større volum, levert på et mer presist område enn tidligere mulig.

5.1.3 Etterretning

«Etterretning er evnen til å bidra til en bedre situasjonsforståelse og dermed skape solid beslutningsgrunnlag for avgjørelser. Etterretning er resultatet a en prosess basert på informasjon som er samlet inn, analysert og satt sammen i en logisk sammenheng som reflekterer situasjonen og motstanderen» (FST, 2004, s. 59).

Det har blitt gjort flere undersøkelser med TheMIS-plattformen for å avdekke hvordan den kan bidra i et rekognoseringsoppdrag. DIBS-prosjektet avdekket at TheMIS kunne brukes som rekognoseringssensor, kommunikasjonsplattform, overvåkingsradar og kunne hente inn fiendtlige radiosignaler. UGVen fungerte også som en plattform for deployering av små ubemannede luftbårne systemer (UAS) og nyttelasten ga mulighet for transport av tyngre rekognoseringsutstyr tidligere bundet til rekognoseringsvogner (Rajevs, 2016, s.144). Dette gir lengre rekkevidde for rekognosering og vil dermed øke den operative effekten av rekognoseringsenheter.

I framtiden vil også anvendelsen av objektgjenkjenning gjøre rekognosering med UGV-er enda mer selvstendige, og ved økt levetid vil rekognoseringsoppdrag kunne gjennomføres over lengre tid uten behov for etterforsyning. Om UAS-teknologi utvikles med utgangspunkt i UGV som plattform og en løsning for langvarig drift utvikles, kan langvarige oppklaringsoppdrag gjennomføres med en UGV som base og lade-stasjon for flere UAS-systemer.

5.1.4 Beskyttelse

«Målsettingen med beskyttelse er å øke egen mobilitet, redusere motstanderens mobilitet og vedlikeholde egen stridsevne. Beskyttelse bidrar ikke til å skape noen form for rettet effekt ovenfor en motstander. Beskyttelse må i stedet sees på som ett av flere elementer som bidrar til å skjerme egne styrker slik at de kan gjennomføre nødvendig rettet påvirkning» (FST, 2004, s. 60).

Beskyttelse etableres innenfor fire områder: mobilitet (fremkommelighet i lende, evne til å forsere hindre), antimobilitet (tiltak innenfor hinderarbeider, minefelt, ødeleggelse og konstruksjon), overlevelse (alle forhold som gjelder beskyttelse av personell, våpen

og materiell) og ABC-innsats (*Atomic, Biological, Chemical*), (evne til å operere effektivt i et ABC-miljø uten tap av stridsevne).

Reduksjonen i sikkerhetsrisiko er et insentiv for å erstatte personell med UGVer, spesielt med tanke på antimobilitet. Ingeniør-rekognosering er allerede prøvd ut med THEMIS, og plattformen viste evne til å gjennomføre minerydding, samt desarmering av improviserte eksplosiver (IED). THEMIS har en effektiv nyttelast som tillater påmontering av ulike sensorer og desarmeringsverktøy samtidig, noe som muliggjør rekognosering og desarmering samtidig (Rajevs, 2016, s. 151). I nær framtid betyr dette at taktisk og sikkerhetsmessig risiko kan reduseres betraktelig for ingeniørenheter ved bruk av UGV-plattformer.

Innenfor styrkebeskyttelse har allerede Forsvarets forskningsinstitutt gjennomført flere demonstrasjoner som belyser anvendbarheten av UGVer i baseforsvar, sist under NATO-øvelsen Trident Juncture 2018. "Olav", FFIs UGV-plattform, opererte halv-autonomt og patruljerte et satt område med en tele-operert RWS påmontert. Olavs optikk ble primært benyttet til autonom navigasjon og bidro ikke med måloppdagelse (FFI, 2019, s. 30). I framtiden er det sannsynlig at svakheter med dagens teknologi utbedres og styrkebeskyttelse gjennomføres med spesialiserte UGVer, utstyrt med overvåknings-sensorer og våpenplattformer. Dette kan tilrettelegge for både passiv (stasjonær) og aktiv (patrulje) overvåking av et område.

THEMIS-plattformen har også gjennomført testing av ABC-forsvar, ved bruk av spesialiserte sensorer som kan detektere spor av ABC-partikler og dermed vurdere et område før personell besetter området. I tillegg til sensorer kan UGVen påmonteres verktøy og modifierings-komponenter til dekontaminering av personell og utstyr (Rajevs, 2016, s. 154). Dette betyr at UGVer kan frigjøre store mengder personell fra beskyttelsesoppgaver og redusere risiko ved distansere personell fra direkte eksponering til ABC-midler og farlige hindre.

5.1.5 Luftvern

«Luftvern beskytter egne avdelinger og nøkkelressurser og skaper betingelser for å manøvrere med bakkestyrker. Det mest effektive luftvern er at egen side har et (varig) luft-

herredømme i et gitt krigsteater. Har en ikke luftherredømme, er eget bakkebasert luftvern av stor betydning for om en kan operere effektivt med egne bakkestyrker» (FST, 2004, s. 63).

Implementering av halv-autonome kjøretøy på luftvernssystemet NASAMS II har potensiale til å frigjøre store mengder personell og kan i teorien føre til et automatisk luftvernssystem. En kommandosentral hvor luftvernselementene kan plasseres ut på et digitalt kartsystem og UGVer navigerer seg dit selv vil være ressursfrie og kan potensielt redusere forekomsten av menneskelige feil, som feilnavigering og trafikkulykker.

På lang sikt er det mulig å se for seg hel-automatisering av luftvern, hvor kunstig intelligens kalkulerer optimale luftvernsbobler og følger avdelingens manøver uten behov for trådstyring fra operatører.

5.1.6 Logistikk

«Logistikk er direkte knyttet til landstryknes evne til å gjennomføre operasjoner over tid og holde et overlegent tempo under gjennomføringen. Logistikken i et manøverkonsept kjennetegnes ved at støtte og forsyninger fremføres til manøveravdelingene. Det gjenkjennes videre ved at den organiseres med sentralisert ledelse og desentralisert utførelse» (FST, 2004, s. 63).

Både sivil og militær sektor utvikler nå ubemannede kjøretøy som kjører i kolonner. FFI gjennomførte i vinteren 2020 et forskningsprosjekt i samarbeid med Yeti Move AS, og testet kolonnekjøring med kun det bemanning av det fremste kjøretøyet (FFI, 2020). Ved bruk av relativt enkle sensorer kunne opptil flere kjøretøy transportere store mengder forsyninger. THeMIS-plattformen har også blitt testet innenfor operativ logistikk og evnet å transportere etterforsyninger på opptil 750 kg til et forhåndsuttatt etterforsyningspunkt. Grunnet plattformens lave signatur og relativt gode mobilitet kunne THeMIS etterforsyne en generisk utrustet tropp med ammunisjon.

Evakuering av sårede har også blitt testet med THeMIS-plattformen. Evakuering krever fortsatt mer grundig planlegging og trådstyring fra en operatør for å maksimere effekten av skjul og dekke under evakueringen (Rajevs, 2016, s.159). Kravet til hurtighet og stabilitet kan også by på utfordringer, samt konsekvensen for feil er større ved tidskritiske pasienter.

Demonstrasjoner og undersøkelser beviser at logistikkoppgaver er noe dagens UG-Ver allerede kan mestre, gitt operasjonen tilrettelegger for det. Stort potensiale ligger i effektivisering av logistikk-enhetene i en militær organisasjon, og automasjon kan frigjøre store mengder personell som kan overføres til operative stillinger. Profesjonalisering og spesialisering kommer til å kreves så lenge hele logistikk-organet ikke er selv-drevet av kunstig intelligens, noe som kan bety mer meningsfullt arbeid for ansatte. Tester og demonstrasjoner viser at UGVer er spesielt godt egnet logistikkfeltet og det er å forvente organisatorisk implementering av UGVer i dette feltet i nær framtid.

5.1.7 Kommando

«Kommando har til hensikt å organisere for en effektiv og funksjonell planlegging og ledelse av en operasjon. Kommando er den prosessen hvor en sjef innprenter sin vilje og intensjon på sine underordnede. Den omfatter myndighet til og ansvar for å utplassere og gruppere styrker for å oppfylle oppdrag» (FST, 2004, s. 66).

Feltfunksjonen kommando omfatter også kontroll, prosessen hvor sjefen organiserer, leder og koordinerer virksomheten til tildelte styrker (FST, 2004, s. 66).

«En god ledelsesstruktur ivaretar underavdelingenes behov for å operere intensjonsbasert og gir muligheter for å samarbeide og koordinere horisontalt med andre avdelinger» (FST, 2004, s. 67).

UGVer kan på kort sikt bidra med beslutningsstøtte og informasjonsflyt innad i kommandostrukturen. Ved bruk av kommunikasjonssystem mellom plattformene og grensesnitt som lar soldater sende og motta informasjon fra avdelingsledelsen vil kommando kunne gjøres lettere og mer effektivt. Teknologien som muliggjør dette er ikke nødvendigvis iboende knyttet til UGVer, men bruk av UGVers nyttelast og arkitektur til å plassere sensorer, sendere og mottagere og annen kommunikasjonsteknologi kan eksempelvis eliminere behovet for sambandsreléer.

Kommunikasjonsstøtte-operasjoner har allerede blitt prøvd med THeMIS-plattformen. Resultatet var at THeMIS evnet å gi en taktisk enhet pålitelig sambandsdekning både raskt og med relativt lav signatur. Konklusjonen var at THeMIS kunne løse oppdraget

den fikk tildelt og bruken av plattformen under operasjonen forbedret overlevelse og beskyttelse for personell (Rajevs, 2016, s. 162). Disse lovende resultatene tyder på at det ligger stort potensiale innenfor understøttelse av kommando.

5.2 Praktisk anvendelse

5.2.1 Teknologien i dag

Teknologien som muliggjør UGVer er enda ikke sofistikert nok til å løse oppgaver uten mye støtte fra operatører. Selv oppgaver som er relativt lett målbare, enkle å programmere og enkelt å gjennomføre i teorien, som eksempelvis utplassering av luftvernsbobler med autonom navigasjon, er enda ikke utviklet. I teorien evner kunstig intelligente systemer å analysere data, predikere trender og automasjon av ulike oppgaver, men gode resultater innenfor dette er enda kun oppnådd i hel-digitale miljø. Både autonom navigasjon og enkel oppgaveløsning kan gjennomføres, men teknologien krever mer behandling og utvikling når de settes sammen for å kunne løse oppgaver. Kunstig intelligente systemers manglende evne til å overføre kunnskap til nye felt kan bety at det kommer til å kreves omfattende forskning og prøving for å oppnå tilfredsstillende resultater. Innenfor luftvern som fagfelt er det mulig at kosten av å utvikle denne teknologien rett og slett ikke dekker opp for den potensielle nytten et slikt system kan produsere, i hvert fall i nær framtid.

En mulig løsning på kost-nytte problematikken kan være å belage seg på innovasjon og modning av teknologi fra andre sektorer. Et godt eksempel på dette er hvordan batteriteknologien i bilindustrien har ført til at middels og større UGVer har muligheten til å drives hel-elektrisk ved å benytte seg av denne teknologien. Ulempen med denne tilnærmingen er at man risikerer å havne bakpå i global militær industri og dermed stille svakere mot en fiende ved potensiell krise eller krig. Autonome kjøretøys potensiale i militær virksomhet er enda ikke fastslått og det kan være risikabelt og ikke henge med på utviklingen.

5.2.2 UGV på stridsfeltet

«The efficiency of THEMIS, acting in support with the light infantry squad conducting combat operations, was low and the assessment showed that the use of UGV equipped with the Remote Weapons Station (RWS) was largely ineffective» (Zhang, 2016, s. 69).

Til tross for at objektgjenkjenning av kunstig intelligente systemer er svært sofistikert er overføringen av disse egenskapene over til et “targeting”-system enda ikke oppnådd. Bildegjenkjenningsteknologi er kommet langt og resultater i sivil sektor virker lovende, men implementering av gitt teknologi har ikke gitt gode resultater per dags dato. Dette vil si at våpensystemer montert på en UGV er nødt til å tele-opereres og dermed vil bruken av ild være både avhengig av at teknologiske systemer og en operatør. I praksis betyr dette at en av de eneste fordelene med å benytte en UGV i stridskontakt er muligheten for å benytte tunge og ikke-bærbare våpensystemer.

Å belage seg på en UGV er enda en stor taktisk risiko, da både kommunikasjon til en operatør, optikk, datavare i grensesnittet og manipulasjonsteknologien må fungere optimalt for å kunne bruke UGVens våpensystemer. Eksempelvis kan en feil i kommunikasjonen mellom sentral og UGV føre til få sekunder med forstyrrelse, men på feil tidspunkt kan dette føre til at signaler om å skyte enten utsettes eller avbrytes, noe som kan gi sikkerhetsmessig og taktisk risiko. Per dags dato er ikke teknologien robust nok til at dette systemet er anvendbart i andre områder enn i kontrollerte forskningsomgivelser. Et annet problem under testingen av THeMIS-plattformen var tilstrekkelig mobilitet og beskyttelse:

«THeMIS increased the firepower of the fighting unit, but it lacked adequate mobility and protection, so it could not fully substitute support provided by standard infantry fighting vehicles. The UGV’s low level of protection was the main deficiency that limited its use on open terrain. Units equipped with THeMIS should avoid all kinds of operations on open terrain and operations that require lengthy firefight engagements with the adversary’s heavy forces, and rapid mobility on the battlefield. Restricted terrain provides some degree of flexibility for use of THeMIS, but it has its limitations too» (Zhang, 2016, s. 69).

Grunnet plattformens begrensninger i nyttelast og energibruk kunne ikke THeMIS pansres tilstrekkelig til å gi noen form for passiv beskyttelse. Dette førte til at THeMIS i praksis var fullstendig avhengig av skjul og dekke for å sikre sin egen overlevelse. Slik mobiliteten er i dag belager dette seg på større utfordringer da åpent terreng er egentlig det optimale fremkomst-området til UGV-plattformer som THeMIS.

Stridsutholdenhet, hinderpassering, og å opprettholde en lav signatur er i tillegg enda store problemer knyttet opp imot UGVers rolle som potensielle ildledere, en stilling hvor de kan unngå manøvrer i ulent terreng. Manglende evne til langvarig drift og energisparing fører til at driftstid på UGVer ikke tillater lengre perioder med overvåking av et område uten tilgang på hyppig påfyll av energikilder.

Dette fører til at oppdragsløsning med UGVer som ildledere kun er realistisk i et ramme hvor infiltrasjon og uttrekningsakse er både farbar og kort nok til at begrensninger i mobilitet og eksempelvis batteri-levetid ikke blir et problem. Et annet problem er også at sensorer blir stadig bedre til å oppdage elektrisk signatur, noe det enda ikke finnes noe mottiltak for. Dette gjør kamuflering av UGVer i lende over lengre tid til en enda større utfordring.

Beskytning med indirekte ild fra en ubemannet plattform kan også være en utfordring grunnet kravet til hurtighet, presisjon og pålitelighet som kreves i taktisk forflytning av artillerivogner. Dagens autonome navigasjon er enda ikke god nok til å hurtig kunne manøvrere inn og ut av et farlig område uten å risikere at noe stopper opp, noe som kan føre til tap av hele plattformen. Ved å gjøre artillerivåpen ubemannede risikerer man også å gjøre levering av indirekte ild sårbar for elektronisk krigføring og tap av kommunikasjon mellom sentral og UGV kan sette hele systemet ute av spill.

Mye tyder på at plassering av en UGV i frontlinjen eller på dypet bak fiendens linjer kan være utfordrende med dagens teknologi. Forskning har gitt mindre gode resultater og UGVer er fortsatt ikke robuste nok eller teknologien god nok for å kunne anvende plattformen med tilstrekkelig pålitelighet. På en annen side finnes det trolig måter å dekke over de nåværende svakhetene med bruk av UGV med våpenstasjoner.

FFI sier i rapporten om sin demonstrasjon under TRJE-18: “Vårt baseforsvarskonsept ble demonstrert for mange viktige beslutningstakere, og vi lyktes således med vår hovedmålsetting. Det andre målet, som var å evaluere den operative nytten til systemet, lyktes vi ikke like bra med. Dette målet ble bare delvis oppnådd, noe som skyldtes tidsbegrensninger.” (FFI, 2019, s. 4).

FFI benyttet også autonom navigasjon og tele-opererte våpensystemer. Det fungerte noe bedre i baseforsvar sammenlignet med manøverstrid. De beskriver demonstrasjonen som en suksess og soldatene beskrev systemet som helhet som nyttig, spesielt med tanke informasjonsinnhenting og reduksjon i personlig risiko (FFI, 2019, s. 38). Demonstrasjonen beviser at bruk av UGV som plattform for direkteskytende våpensystemer kan ha en praktisk nytte i visse kontekster, men utelukker på ingen måte behovet for soldater.

5.2.3 Risikoreduksjon

«It is the potential lifesaving capacity of these systems that is of note to the military and the public, and understandably so. [...] While many roboticists and meta-technologists like Arkin claim that fully autonomous unmanned systems are the future of armed conflict, it is yet unclear whether this can be a reality. Indeed, the current technology still requires a sustained human presence on the battlefield, possibly indicating that the risk of physical harm to humans cannot be entirely eliminated» (Galliott, 2015, s. 96).

Det kan ikke utelukkes at mange av argumentene for implementering av autonome systemer basert på sikkerhet og verning av menneskeliv nødvendigvis strekker til. Det vil aller mest sannsynlig være behov for personell på slagmarken i nær framtid. Galliott argumenterer senere også for at dynamikken kan endre seg gjennom implementeringen av autonome kjøretøy, slik at det vil være behov for mennesker nærmere frontlinjen enn tidligere, noe som betyr enda større risiko for mennesker i krig, ikke mindre.

«[...] each unmanned aerial vehicle deployed in the air requires sensor operators, a crew of surveillance analysts and a maintenance crew. It has been reported that in total, over 150 people are required to keep a current generation Predator drone aloft, while 180 are required for the larger Reaper version. [...] The use of unmanned systems, even those with satellite command and control links, necessitates that there be people at in-region bases to support their use» (Galliott, 2015 s. 97).

Til tross for at en Predator-drone reduserer risikoen for tap av menneskeliv ved å styre den ubemannet, vil man paradoksalt utsette flere menneskeliv for fare ved å måtte posisjonere personell i relativ nærhet til der hvor operasjonen skal gjennomføres. Dette kan igjen føre til at fienden trekkes til områdene hvor støtteelementer og styresentralen befinner seg, og dermed føre til fare for flere tap av menneskeliv enn hvis de hadde angrepet dronen om den hadde vært bemannet i stedet for ubemannet.

6. Konklusjon

Denne oppgaven har redegjort for kunstig intelligens, UGVers oppbygning og teknologien som muliggjør operativ bruk av UGVer. Videre har dette blitt drøftet opp imot framtidig potensiale, med hjemmel i forskere og fagpersoners prediksjoner på hvor utviklingen kan føre. Til slutt er mulig innovasjon sett i sammenheng med landmaktenes oppgaver gjennom feltfunksjonene. Dette er satt i kontrast med dagens teknologi og hva som ennå må utvikles for at UGVer kan praktisk anvendes i landmilitær kontekst.

I skrivende stund har halv-autonome UGVer vist stort potensiale innenfor visse felt. Spesielt innenfor logistikk og styrkebeskyttelse er implementering svært nærliggende. Demonstrasjoner og undersøkelser beviser at logistikkoppgaver er noe dagens UGVer allerede kan mestre, gitt operasjonen tilrettelegger for det. Stort potensiale ligger i effektivisering av logistikk-enhetene i en militær organisasjon, og automasjon kan frigjøre store mengder personell som kan overføres til operative stillinger. UGVer er også en ressurs som kan muliggjøre bruk av avanserte våpenplattformer, transport av tungt utstyr, samt langtrekkende sensorer som ikke enda erstatter soldatene, men bidrar til å utvide deres kapabiliteter og forsterker effekter.

Denne oppgaven har ikke tatt for seg hvordan endring i stridsteknikk kan potensielt dekke opp for svakheter i implementering av UGVer, eksempelvis om konsepter for ild og bevegelse kan endres for å tilrettelegge for bruk av UGVer. Dette grunnet oppgavens brede omfang, begrensninger på ord og bruken av åpne kilder. Oppgaven har ikke tatt stilling til hvordan UGVer eventuelt kan organiseres inn i dagens styrkestruktur eller om det bør utredes nye sammensetning basert på effektene som er anvendelige.

Et stort tema oppgaven ikke har undersøkt i denne oppgaven er samarbeid mellom autonome enheter av ulik type, eksempelvis UAV og UGV. Dette er et komplekst tema i seg selv, og forskningen på UGV må sees i sammenheng med utvikling av midler for å samarbeide med lignende systemer. For videre oppgaver innenfor tema UGV anbefaler vi å undersøke hvordan UGV og UAV kan brukes sammen for å oppnå synergiske effekter og løse oppdrag.

Oppgaven har ikke sett på hvordan internasjonale lovverk, herunder bruk av autonome, fjernstyrte og halv-autonome våpensystemer begrenses. Også bruk av kunstig intelligens i militær sammenheng innebærer tolkning og forståelse av eksisterende og kommende lovverk. Dette stiller også mange etiske spørsmål rundt hva som oppfattes som forsvarlig bruk av militære systemer og hvilken risiko det innebærer at eksempelvis autonom “targeting” muliggjør feil-identifisering og bekjempelse av ikke-militære mål. Dette er et tema oppgaven ikke har nok plass til å gå inn på.

Litteraturliste

- Dalland, O. (2012). *Metode og Oppgaveskriving*. Oslo : Gyldendal Akademisk.
- Det Norske Akademi for Språk og Litteratur. (2021, April 16). *Bias*. Hentet fra Det Norske Akademis Ordbok: <https://naob.no/ordbok/bias>
- Dr. Oberst (p) Sliwa, Z. (2016). The Tendencies of Unmanned Ground Vehicles Development in the Context of Future Warfare. I U. Romanovs, *Digital Infantry Battlefield Solutions Introduction to Ground Robotics Part 1* (ss. 33-53). MILREM.
- Eggereid, B. (2006). *Ubemannet Bakkekjøretøy med sensorpakke - Teknologispill til FS 07*. Oslo: Forsvarets Forskningsinstitut.
- Enerhaugen, J. H. (2019). *BAkjennskap*. bergen: forlag.
- FFI. (2019). *Forsvarsteknologiske trender*. Oslo: Forsvarets forskningsinstitut.
- Forsvaret Forskningsinstitut (FFI). (2020, November 10). *Kan Forsvarets logistikk-kolonner bli ubemannet?* Hentet fra FFI.no: <https://www.ffi.no/aktuelt/nyheter/kan-forsvarets-logistikk-kolonner-bli-ubemannet>
- Forsvarets Forskningsinstitut (FFI). (2006). *Ubemannet Bakkekjøretøy med Sensorpakke - Teknologispill til FS 07*. Oslo: Forsvarets Forskningsinstitut.
- FST, F. (2004). *Forsvarets doktrine for landoperasjoner*. Oslo: Forsvarsstaben.
- Galliot, J. (2015). *Military Robots*. Farnham: Ashgate Publishing Unlimited.
- Google Lens. (2021, April 10). *Google Lens*. Hentet fra Google: <https://lens.google.com/>
- Johannesen, A., Turfte, P., & Kristoffersen, L. (2016). *Hverdagskunnskap og forskning* (5. utg.). Oslo: Abstrakt Forlag A/S.
- Mathiassen, K., Hyndøy, J. I., Østevold, E., Valaker, S., Danielsen, T., Baksaas, M., . . . Sandrib, J. (2019). *Base defence demonstration at Trident Juncture 2018 - TACT unmanned systems for base and force protection*. Oslo: FFI.
- National Research Council; Division of Engineering and Physical Sciences; Board on Army Science and Technology; Committee on Army Unmanned Ground Vehicle;

- National Academy of Sciences. (2002). *Technology Development for Army Unmanned Ground Vehicles*. Washington D.C.: National Academic Press.
- Robotic Systems Joint Project Office (RSJPO). (2011). *Unmanned Ground Systems Roadmap*. Washington D.C.: Robotic Systems Joint Project Office.
- Romanovs, U. (2016). *Digital Infantry Battlefield Solution Introduction to Ground Robotics*. MILREM.
- Romanovs, U., & Andžāns, M. (2019). *Digital Infantry Battlefield Solutions: Research and Innovation Part 3*. Tallinn: MILREM.
- Scharre, P., Horowitz, M., & Work, R. (2018). *ARTIFICIAL INTELLIGENCE: What Every Policymaker Needs to Know*. Hentet April 17, 2021 fra Center for a New American Security: <http://www.jstor.org/stable/resrep20447>
- Øvern, K. (2021, April 17). *Innledende søk og siteringsdatabaser*. Hentet fra Systematiske litteratursøk: <https://systemlit.wordpress.com/innledende-sok-og-siteringsdatabaser/>