



FHS Krigsskolen

Bacheloroppgave

TAKTISK 5G

– Hvordan vi kan utnytte taktisk 5G til C4IS i den norske Hæren–

av

Sigurd Einang & Tomas Holmestrand

Levert som en del av kravet til graden:

**BACHELOR I MILITÆRE STUDIER MED FORDYPNING I LEDELSE OG
LANDMAKT**

Antall ord: 12612

Innlevert: Mar 2023

Godkjent for offentlig publisering

Publiseringsavtale

En avtale om elektronisk publisering av bachelor/prosjektoppgave

Kadetten(ene) har opphavsrett til oppgaven, inkludert rettighetene til å publisere den.

Alle oppgaver som oppfyller kravene til publisering vil bli registrert og publisert i Bibsys Brage når kadetten(ene) har godkjent publisering.

Opgaver som er graderte eller begrenset av en inngått avtale vil ikke bli publisert.

Jeg (Vi) gir herved FHS Krigsskolen rett til å gjøre denne oppgaven tilgjengelig elektronisk, gratis og uten kostnader	<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nei
Finnes det en avtale om forsinket eller kun intern publisering? (Utfyllende opplysninger må fylles ut)	<input type="checkbox"/> Ja	<input checked="" type="checkbox"/> Nei
Hvis ja: kan oppgaven publiseres elektronisk når embargoperioden utløper?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nei

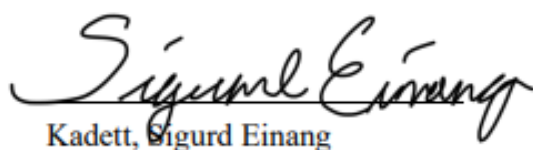
Plagiaterklæring

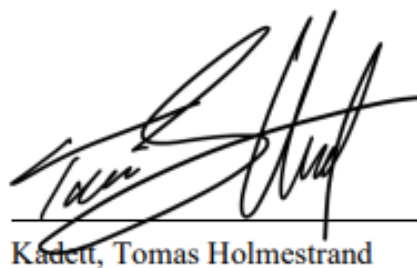
Jeg (Vi) erklærer herved at oppgaven er mitt eget arbeid og med bruk av riktig kildehenvisning.

Jeg (Vi) har ikke nyttet annen hjelp enn det som er beskrevet i oppgaven.

Jeg (Vi) er klar over at brudd på dette vil føre til avvisning av oppgaven.

Dato: 03.05.2023


Kadett, Sigurd Einang

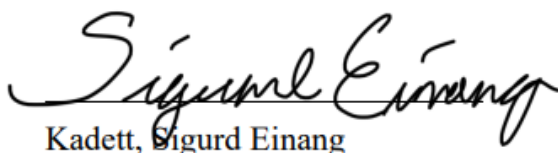

Kadett, Tomas Holmestrand

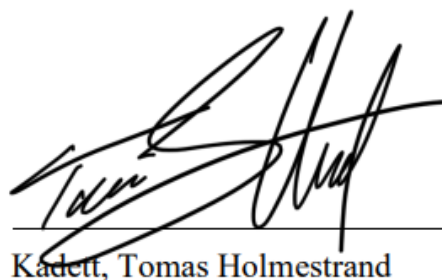
Forord:

Målgruppen for denne studien er militært personell eller fagkyndige innen militære operasjoner, som ønsker å få en introduksjon til hvordan 5G teknologi kan påvirke vårt operasjonsmønster i nær fremtid. Det forutsettes at leseren har en grunnleggende forståelse innen det militære fagområdet for å kunne forstå mulighetsrommet som blir skissert i drøftingen. Studien krever derimot ingen inngående faglig kjennskap på den tekniske siden, da vi forsøker å holde studien konseptuell. Vi ønsker å takke Ida Frøseth og Emanuel Rygg fra ICE WORX på FFI for støtte på det teknisk faglige. Avslutningsvis vil vi rette en stor takk til Kim Oddar Kristiansen fra sambandsskolen på HVS for veiledning og faglig kompetanse.

Oslo, Krigsskolen, 31.03.2023

Dato: 03.05.2023


Kadett, Sigurd Einang


Kadett, Tomas Holmestrand

Sammendrag:

Sjef Hæren publiserte i 2021 teksten *Morgendagens Hær*. Den skisserer fremtidens operasjonsmiljø som komplekst, med et større fokus på hybride trusler. For å kontre dette, er vi nødt til å danne et bedre og raskere beslutningsgrunnlag hos alle beslutningstakerne i Hæren. Dette oppnår vi gjennom et C4IS som kan understøtte det økte informasjonsbehovet. Vi skal i denne studien se på hvordan 5G-teknologien kan bistå Hærens C4IS.

For å finne ut hvordan 5G kan understøtte hærens C4IS, utleder vi de mest sentrale momentene fra den militærteoretiske bakgrunnen til hvordan Hæren opererer. Deretter ser vi på hvordan C4IS skal understøtte Hæren, gjennom *sambandskonsept Hæren*. Vi avslutter den teoretiske redegjørelsen, ved å legge frem 5G-teknologien, og deretter utlede faktorer basert på nyvinningene fra dens forgjenger; 4G. Videre drøfter vi hvordan 5G kan oppfylle de sentrale teoretiske momentene fra landoperasjoner, i rammen av Hærens sambandskonsept. Avslutningsvis drøfter vi betenknninger innen folkeretten og informasjonssikkerhet, som er relevante ved en eventuell innføring av teknologien i en militær kontekst.

Gjennom drøftingen kom vi frem til at ved å benytte teknologien Massiv MIMO, så kan vi benytte oss av mange tilkoblede brukere og sensorer. Med den økte båndbredden, lave latensen og edge computing, vil sensordataen kunne rutes raskere i nettet. Dette kan muliggjøre en mer effektiv målbekjempningsprosess, ved å senke antall ledd dataen må igjennom. Dermed kan man oppnå en raskere og mer presis beslutningssyklus, som vil kunne forårsake en forskyvning av fienden. 5G kan også nyttes for å muliggjøre spredte grupperinger. Gjennom millimeterbølger vil man kunne sende store datamengder over korte avstander, med liten elektromagnetisk signatur. Dette vil kunne utnyttes i kommandoplasser for å øke overlevelsen både i forbindelse med deteksjon, samt fiendtlig påvirkning. I tillegg ser vi utfordringer opp imot krigens folkerett. Disse utfordringene omhandler distinksjon i forbindelse med militær bruk av sivil infrastruktur. Bruken av sivil infrastruktur og standardisert teknologi kan også skape flere angrepsvektorer mot informasjonen som overføres gjennom 5G som bærer.

Gjennom 5G-teknologien sin evne til autonomitet og høy båndbredde kan den være i stand til å etablere TKI-er på lik linje med radiolinjeskudd. 5G-teknologien har også mulighet til å koble seg på det etablerte kommersielle nettet, som gir tilgang til FKI fra internett. På grunn av denne egenskapen vil det være interessant å studere videre om 5G kan erstatte radiolinjeskudd som hovedbærer når vi skal etablere fremtidens TKI-er.

Innholdsfortegnelse

Figurer	v
Begrepsavklaring:	vi
1 Innledning.....	1
1.1 Tema/bakgrunn.....	1
1.2 Mål og problemstilling	2
1.3 Avgrensninger	2
1.4 Struktur.....	3
2 Metode.....	4
2.1 Litteraturstudie	4
2.2 Styrker/svakheter ved metodevalg	5
2.3 Kildekritikk	6
3 Teori	7
3.1 – Militærteoretisk grunnlag.....	7
3.2 – Hærens sambandskonsept	12
3.3 - Teknisk grunnlag 5G.....	15
3.4 - Konklusjon teoretisk redegjørelse.....	20
4 Hoveddel	21
4.1 - Kommunikasjonstjenester.....	21
4.2 - Beslutningsstøttetjenester	24
4.3 - Metodisk målbekjempning.....	27
4.4 - Kommandoplass.....	29
4.5 - Andre viktige momenter ved bruk av 5G	32
4.5.1 - Folkerettslige utfordringer	32
4.5.2 - Informasjonssikkerhet.....	33
6 Konklusjon	36
7 Litteraturliste:	38

Figurer:

Figur 1: Beamforming

Figur 2: Edge computing

Figur 3: 5G i metodisk målbekjempning

Figur 4: Informasjonssikkerhetstrekanten

Begrepsavklaring:

C2IS: Kort for kommando og kontroll informasjonssystemer. Dette er midler for å koordinere og lede militære operasjoner. Her finner vi blant annet sambandsmidler og beslutningsstøttetjenester (Forsvaret, 2021, s. 53).

C4IS: Utvidelse av C2IS-begrepet til å også omfatte «computers» og «communications». Begrepet er brukt til å understreke teknologien, og at C2IS i stor grad i dag er digitalisert og nettverksbasert (Forsvaret, 2021, s. 53)

Frekvensbånd: «Frekvensbånd er et sammenhengende område for frekvenser innenfor en nedre og øvre grense på en frekvensskala.» (Bothner-By, 2020)

Interferens: «Interferens er det at to eller flere bølger opptrer på samme sted og danner et nytt bølgemønster. Dette gjør at dataen som er kodet i signalet kan bli ødelagt.» (Holtebekk, 2019)

IP-adresse: Kort for en internettprotokolladresse. Det er en serie med tall som identifiserer en node i et nettverk. Hver node i et slikt nettverk har sin egen unike IP-adresse. Dette gjør at man kan nå noen direkte, i likhet som et telefonnummer (Ulseth et al., 2021).

Jamming: «En bevisst utsending av radiostøysignaler, for å forstyrre, stenge eller hindre mottak av signaler fra en annen stasjon.» (Engerengen, 2023)

Kjernenettet: «Kjernenett er en fellesbetegnelse for den sammenhengende infrastrukturen alle telekommunikasjonstjenester er avhengig av, og benytter for å overføre brukerdata og signaleringsinformasjon.» (Regjeringen, 2018)

Oppdragsbasert ledelse: En ledelsesfilosofi som vektlegger frihet i oppdragsløsningen gjennom desentralisert ledelse. For å oppnå dette, kreves det en forståelse for sjefens intensjon. (Forsvaret, 2020, s. 8)

Server: En enhet som leverer tjenester til klienter i et nettverk. Tjenestene kan innebære blant annet lagring og tilgang på databaser (Rossen, 2020).

Skytjeneste: En server som tillater prosessering og andre servertjenester fra en ekstern lokasjon (Nätt, 2022).

Taktisk samvirke: Der flere våpenarter samvirker i et taktisk forband. Dette er gjerne for å dekke opp hverandres svakheter, samt skape synergiske effekter (Forsvarets stabsskole, 2019, s. 100).

VHF, UHF, SHF: Kort for Very-, Ultra- og Super High Frequency. Dette er frekvensbånd i det elektromagnetiske spektret, og er gunstige til bruk for radio- og telekommunikasjon. De er arrangert i stigende rekkefølge. Gammel Norsk FM-radio brukte VHF, UHF er blant annet brukt til Bluetooth og GPS, og eksempelvis satellitt-TV og mobilnett er noe som brukes på SHF-spektret (Cadence PCB Solutions, 2023).

1 Innledning

1.1 Tema/bakgrunn

De fremtidige truslene mot norsk sikkerhet er sammensatte (NSM, 2023). Det betyr at de aktørene som har evne og vilje til å påvirke oss, kan komme til å utnytte seg av hele konfliktspekteret og benytte seg av flere politiske maktmidler. Truslene vi står overfor er alt fra høyintensiv krigføring til informasjonsoperasjoner og subversjon. Vi ser blant annet falske flaggoperasjoner, der en stat eksempelvis utgir seg for å være en lokal opprørsgruppe, og kan påvirke motstanderen sin. Disse operasjonene gjøres i synergi med angrep fra eksempelvis cyberdomenet, og kan derfor gjennomføres uten særlig risiko for å havne i en internasjonal væpnet konflikt (U.S. Embassy in Georgia, 2022). Denne situasjonen er en av årsakene til at den norske Hæren har satt som ambisjon at den skal «utvikle et kampsystem som kan operere høyteknologisk i hele konfliktspekteret» (Forsvaret, 2021, s. 15). I møte med det komplekse trusselbildet med alt fra hybride angrep til fullskala krig – kan operative dilemmaer oppstå på lavere nivåer, som har påvirkning utover andre domener og nivåer. Dette medfører at vi må stille strenge krav til evne til å ta beslutninger og reaksjonstid for å kunne håndtere disse truslene (Forsvaret, 2021, s. 16).

Den amerikanske luftoffiseren John Boyd definerte konseptet OODA-loopen, som beskriver hvordan menneskets beslutningsprosesser foregår; Observe, orient, decide, act. Vi observerer elementene rundt oss, og orienterer deretter disse i tid og rom. Evnen til å ta inn elementer og sette de sammen for å danne et situasjonsbilde, er det som gir beslutningsgrunnlaget som vi kan ta avgjørelser på og videre iverksette en handling (Lind, 1985, ss. 5-6)

Hvis Hæren skal stille strenge krav til beslutningsevnen til ledere på lavt nivå, er det en fordel at de har et godt beslutningsgrunnlag. For å etablere dette, kreves det informasjon innhentet fra et bredt spekter av sensorer, som må prosesseres til et sammensatt bilde. Vi ser en stadig utvikling innenfor de digitale sensorkapabilitetene, som i fremtiden sammen med kunstig intelligens, kan bidra til situasjonsforståelse i nær-sanntid (Forsvaret, 2021, s. 14). Med et nett av integrerte sensorer og evne til å prosessere sensordataen, vil vi kunne danne oss et bedre beslutningsgrunnlag. Dette kan gjøre oss i bedre stand til å handle utfra et virkelighetsnært bilde, og ligge foran en eventuell motstander i beslutningssyklusen.

For at målbildet som skissert over skal være oppnåelig, er det ett krav som kommer tydelig frem; sensordataen trenger et robust og redundant C2IS for å nå beslutningstakeren, og eventuelt videre til effektoren. Med en større mengde sensordata vil også behovet for båndbredde øke, noe som også stiller krav til hva slags type bærere som kan benyttes.

1.2 Mål og problemstilling

Bruk av mobilt bredbånd er et relativt nytt konsept i Hæren, men har etablert seg som en prominent bærer i landoperasjoner (Sjef Hærens våpenskole, 2022, s. 17). Denne teknologien benytter seg av 4. generasjons kommersielle mobilnett. 5G gjorde sin entré i år 2020, og siden da har utbyggingen og utviklingen av denne teknologien sett en enorm vekst. I denne oppgaven skal vi se på hvordan 5G kan utnyttes som datasamband for å støtte Hærens kommende behov. Med bakgrunn i det teoretiske grunnlaget til *Forsvarets doktrine for landoperasjoner og sambandskonsept Hæren*, skal vi drøfte om en implementering av 5. generasjons mobilkommunikasjonsteknologi kan være med på å styrke C2IS i landoperasjoner. 5G-teknologien vil drøftes utfra faktorene, som er utledet fra dens forskjeller fra forgjengeren; 4G.

Problemstilling: Hvordan kan vi utnytte taktisk 5G til C4IS i den norske Hæren?

1.3 Avgrensninger

Vi begrenser denne studien til å se på hvordan 5G-teknologi konseptuelt kan understøtte Hæren. For å redegjøre for den teoretiske bakgrunnen til hvordan Hæren opererer, har vi begrenset oss til bruk av *Forsvarets doktrine for landoperasjoner*. Vi har valgt denne doktrinen fordi dets teoretiske grunnlag regnes som tidløst, som betyr at den fortsatt vil være gyldig i dag. I tillegg er denne den mest etablerte teksten innen landmilitære operasjoner, som gjør den mest valid.

Videre begrenser vi oss hovedsakelig til å bruke sambandskonseptet for å skissere hvordan C4IS skal understøtte den måten vi opererer på i dag. Det er fordi det finnes få kilder som konseptuelt dokumenterer hvordan C4IS bidrar til Hærens operasjonsmønster. Konseptet er styrende for utviklingen av sambandsfaget, og vi antar dermed at denne vil være mest sentral når vi skal introdusere en ny kommunikasjonsplattform. Sambandskonseptet setter søkelyset på fem fokusområder hvor C4IS skal understøtte landoperasjoner. Vi har valgt bort et av

disse momentene, fordi det hovedsakelig handler om tilgjengelighet på sikkerhetsgradert informasjon som Hæren skal bruke under operasjoner. Viktige faktorer fra dette momentet belyses gjennom de andre.

Når det kommer til anvendelsen av 5G opp imot C4IS, kommer vi til å se på 5G sin evne til å oppnå kravene som er stilt i sambandskonseptet. Dette gjør vi uavhengig av om Hæren evner å oppnå de samme kravene i dag, fordi den i dag løser oppdraget sitt med flere bærere og systemer. Vi skal derimot studere hva 5G kan oppnå som en selvstendig bærer. Vi kommer til å forholde oss til de største endringene fra dens forrige generasjon; 4G. Dette gjør vi for å se hva slags nye muligheter 5G kan bringe til Hæren. Videre setter vi kun fokus på dagens versjon av 5G, selv om det kommer flere tilleggsfunksjoner fortløpende fremover de neste årene. Det gjør vi fordi dagens kapabiliteter er tilstrekkelig dokumentert med valid data, og siden de fremtidige tilleggene fortsatt er konseptuelle. Vi kommer til å forholde oss til 5G teknologi konseptuelt, fordi vi ikke har tilstrekkelig teknisk kunnskap om emnet.

1.4 Struktur

Denne oppgaven vil først ta for seg en teoretisk redegjørelse av den militærteoretiske bakgrunnen for hvordan vi gjennomfører landoperasjoner, og utrede faktorer basert på de viktigste konseptene. Deretter vil vi se nærmere på Hærens sitt sambandskonsept, for å identifisere hvordan man kan understøtte landoperasjoner med C4IS. Vi avslutter den teoretiske redegjørelsen med å redegjøre for 5G-teknologi, og utlede faktorer basert på nyvinningene fra dens forgjenger; 4G. Videre skal vi drøfte hvordan 5G kan oppfylle de sentrale momentene fra FDLO, i rammen av *sambandskonsept Hæren*. Gjennom denne drøftingen er det to essensielle momenter, som ikke dekkes av vår tilnærming til taktisk bruk 5G, men som likevel er vesentlige for å svare på problemstillingen. Disse momentene tar vi opp til slutt i drøftingen.

2 Metode

2.1 Litteraturstudie

Definition: Literature review

The selection of available documents (both published and unpublished) on the topic, which contain information, ideas, data and evidence written from a particular standpoint to fulfill certain aims or express certain views on the nature of the topic and how it is to be investigated, and the effective evaluation of these documents in relation to the research proposed. (Hart, 1998, s. 13)

I denne oppgaven har vi benyttet oss av metoden litteraturstudie, for å kunne besvare problemstillingen om hvordan vi kan utnytte taktisk 5G til C4IS i den norske Hæren. En litteraturstudie er en kvalitativ metode der en systematisk gjennomgår, analyserer og sammenfatter litteratur som favner den valgte problemstillingen (Hart, 1998, ss. 12-13). Forskere kan ved bruk av denne metoden innhente data, uten at de selv må gjennomføre en empirisk studie. Denne metoden for datainnsamling fører til at forskere kan hente inn store mengder data, og finne antakelser rundt tematikken på et relativt kort tidsperspektiv. Litteraturstudie slik Hart (1998) definerer det, kan brukes til flere formål. Forskere kan bruke den forut for en empirisk studie. Her kan de da avdekke tidligere forskning og eventuelt mangler på forskning innenfor temaet. Litteraturstudie egner seg også for å besvare forhåndsdefinerte spørsmål, slik det blir gjort i denne oppgaven.

Litteraturstudie som metode er hensiktsmessig for å besvare problemstillingen. 5G-teknologien er relativt ny, og det er derfor begrenset med forskning innenfor anvendelse i det militære domenet. Ved å gjennomføre en litteraturstudie har vi muligheten til å samle inn og analysere eksisterende forskning, artikler, bøker og andre relevante kilder. Det er skrevet flere artikler, bøker og forskningsrapporter på bruken av 5G kommersielt, samt flere doktriner og håndbøker for hvordan Hæren skal bedrive C4IS. Denne samlingen av teori danner et godt teoretisk grunnlag for å kunne besvare problemstillingen. En annen fremgangsmåte vi kunne ha benyttet oss av er dybdeintervju. Da dette ville ha farget resultatet med subjektive meninger fra individer, valgte vi å fokusere på litteratur med en større grad av objektivitet. En annen faktor som også hadde innvirkning på valget, var tid tilgjengelig. Under oppgaven hadde vi et begrenset tidsvindu, noe som gjorde muligheten til å kunne analysere slike dybdeintervjuer krevende. Oppgaven skal benytte de tekniske

kapabilitetene til 5G, sett opp mot doktrinene og håndbøkene til Hæren. Ved å benytte seg av denne metoden vil vi kunne få tilstrekkelig med data til å gjennomføre studien.

2.2 Styrker/svakheter ved metodevalg

En svakhet omhandler metoden for datainnsamling. Vi har et begrenset kunnskapsnivå rundt tematikken, med unntak av militærteorien. Dette kunnskapsnivået førte til at vi hadde problemer med å oppdrive troverdige kilder. For å løse denne problematikken, så benyttet vi oss av en rekke med fagkyndig personell, som hjalp oss med å oppdrive data vi kunne benytte. Denne dataen blir dog også farget av de individene som støttet oss i innhentingsprosessen, noe som igjen kan ha bidratt til å minske bredden i datainnsamlingen. Dette kan resultere i at studien ikke dekker alle momenter som kan ha en innvirkning på problemstillingen.

På den andre siden, har vi validert troverdigheten til datagrunnlaget vi har samlet inn. Vi har hovedsakelig innhentet data fra troverdige kilder, fra utgivere med høy grad av kredibilitet. Videre har vi benyttet oss av fagekspertene for å validere resterende kilder, som vi har funnet ved internettsøk som metode. Dette har vi gjort for å kunne styrke troverdigheten til argumentasjonen vår, gjennom validiteten til informasjonen som forkommer fra dataen. Til tross for denne validiteten, så kan vi ikke utelukke at det kan forekomme feilkilder i datagrunnlaget, da den bakenforliggende forskningen kan være farget av å besvare en annen problemstilling. I tillegg ville dette kunne ha farget hvordan vi drøftet faktorene vi ledet oss frem til.

En annen svakhet i metoden, er den begrensede til ikke-eksisterende dokumentasjonen på bruk av 4G i Hæren. Ved å ikke ha tilstrekkelig dokumentasjon, har vi heller ikke et grunnlag for å bruke 4G sitt bruksområde som et referansepunkt for hvordan vi kan anvende oss av 5G-teknologi. Denne problematikken kunne ha blitt løst ved å gjennomføre dybdeintervjuer av personell som anvender teknologien i dag, men det ville da vært en usikkerhet rundt hvorvidt vi hadde hatt tid til å gjennomføre prosessen.

En annen utfordring som kan oppstå med denne metoden, oppstår når vi forholder oss til 5G sine kapabiliteter på et konseptuelt nivå, hvor vi kan ta slutninger som ikke er teknisk mulige. Ved å kun holde studien konseptuell, så begrenser vi oppløsningen på argumentasjonene vi

benytter under drøftingen av problemstillingen. Dette resulterer i at vi kan finne muligheter og løsninger som teknisk sett ikke er mulig, på grunn av teknologiens begrensninger. Videre vil denne oppløsningen også kunne begrense oss, ved at vi kan overse detaljer som eventuelt kunne hatt en større betydning for problemstillingen.

2.3 Kildekritikk

Kildene vi har tatt i bruk i denne studien baserer seg på publikasjoner, doktriner og bøker fra landmaktsteorien. Her bruker vi i hovedsak verk produsert av Forsvaret, eller teoretikere som legger grunnlaget for den norske krigføringsmetoden. Teoretikerne er blant annet Leonhard, Lind og Liddell-Hart, som står for de største verkene innen manøverteorien. For å redegjøre for 5G-teknologien benytter vi oss av forskningspublikasjoner fra FFI, samt data gjennom metoden internettsøk på Google Scholar.

Forsvarets doktrine for landoperasjoner (FDLO) brukes som grunnlag for den militærteoretiske redegjørelsen. Doktrinen ble publisert i 2004, og det kan argumenteres for at dagens stridsbilde har endret seg siden da. På den andre siden baserer FDLO sitt teoretiske grunnlag seg på konseptuelle prinsipper, hvor de menneskelige psykologiske kreftene hersker. Vi har på bakgrunn av dette, kun benyttet oss av det teoretiske grunnlaget fra FDLO, og ikke hvordan operasjoner skal gjennomføres. Vi bruker hovedsakelig *sambandskonsept Hæren* for å beskrive hvordan C4IS-områdene skal understøtte landoperasjoner. Det er publisert i 2018, og har til formål å være mer aktuelt enn en doktrine. Det er et nytt sambandskonsept i produksjon (2023), som trolig ville truffet bedre opp mot en fremtidig implementering av 5G-teknologi. Hæren publiserte i 2021 *Morgendagens Hær* - en skissering på hvordan framtidens stridsbilde vil kunne se ut, og hvordan Hæren skal rette seg mot det. Det har verken FDLO eller sambandskonseptet tatt utgangspunkt i.

For 5G-teknisk redegjørelse bruker vi flere kilder gjennom internettsøk. Den mest vesentlige er «Study and Investigation on 5G Technology: A Systematic Review», som er produsert av Prof. R. Dangi, Dr. P. Lalwani, Dr. G. Choudhary, Prof. I. You og Prof. G. Pau. Vi ser på denne studien som troverdig, da den er et samarbeidsprosjekt mellom anerkjente høyskoler i India, Danmark, Sør-Korea og Italia. Videre er studien publisert i forskningstidsskriftet «Sensors», som kan sees på som troverdig med en impact factor på over 3.5 på Web of Science (Clarivate). Fordelen med denne artikkelen, er at den i motsetning til mange andre

publikasjoner om 5G-teknologi, ikke er finansiert av kommersielle aktører. Dette kunne gi et bias i fremstillingen til fordel for inntekt.

Flere av kildene vi har brukt i denne studien, i forbindelse med Hærens C4IS, er sikkerhetsgradert til begrenset. Tekstene er *Sambandskonsept Hæren, Håndbok i sambandstjeneste og Kommandoplasstjeneste i felt*. Informasjonen som er hentet ut av disse er godkjent for å bli publisert offentlig av informasjonseieren. Dette kommer fram i en verdivurdering fra HVS i Doculive-skriv 2023/014506. Ulempen med å bruke disse kildene, er at de ikke er etterprøvbare for alle lesere. For de som har tilgang, er alle kildene hentet og er tilgjengelig hos sambandsskolen på Hærens våpenskole. Til tross for denne ulempen, har vi valgt å benytte oss av disse kildene for å kunne svare tilfredsstillende på problemstillingen.

3 Teori

3.1 – Militærteoretisk grunnlag

Forsvarets tilnærming til landmilitære operasjoner styres i dag av landdoktrinen; *Forsvarets doktrine for landoperasjoner* (FDLO). Her blir det teoretiske grunnlaget bak måten Hæren skal operere i fred, krise og krig definert. Grunnlaget er bygd opp av en rekke teorier, som til sammen danner Hærens tilnærming til et manøverorientert operasjonskonsept (Forsvaret, 2004, s. 13). Vi skal nå grovt redegjøre for hvordan grunnlaget er bygget opp for å utlede de sentrale konseptene, for å videre kunne drøfte en eventuell bruk av ny teknologi.

Den første av de sentrale teoriene, som doktrinen baserer seg på, er Fullers operasjonskjerne. Operasjonskjernen slik Fuller beskriver den omhandler det dynamiske forholdet mellom tre grunnleggende aktiviteter for militæroperasjoner: ramme, manøvrere og skjerm (Fuller, 1993, ss. 146-158). Begrepet ramme er den aktive påvirkningen av en fiende. Manøvrere omhandler å forflytte seg relativt til fienden, mens skjerm handler om egensikringen under gjennomføringen av operasjoner.

Disse tre aktivitetene danner grunnlaget for militære operasjoner, og dynamikken mellom dem skaper en synergisk og komplementær effekt (Forsvaret, 2004, s. 20). Med grunnlag i operasjonskjernen utleder Leonhard tre grunnleggende konsepter for å anvende militærmakt på: Manøver-, posisjon- og utvekslingskonseptet. Disse konseptene dannes gjennom å vektlegge to av aktivitetene, mens den siste implisitt bli ivaretatt som følger av de to andre

(Forsvaret, 2004, s. 20). Manøverkonseptet vektlegger faktorene manøvrere og ramme, men gjør det på bekostning av å skjermes. Skjerming ivaretas implisitt ved å sette fienden ute av stand til å kunne forsvare egne eksponerte svakheter. Dette er fordi egen ild og manøver setter de ut av balanse. Konseptet rammer fiendens vilje gjennom å påvirke kommandoplasser, ledelse og forsyningslinjer. Med bakgrunn i dette, fordrer konseptet mobile styrker som evner å manøvrere hyppig relativt til fienden (Forsvaret, 2004, s. 21). Posisjonskonseptet vektlegger faktorene manøvrere og skjermes, men her søker man å unngå og ramme fienden direkte. Tanken er å tvinge motstanderen til å reagere på en offensiv manøver, og på denne måten frata hen muligheten til å handle slik hen ønsker (Forsvaret, 2004, s. 21). Utvekslingskonseptet vektlegger faktorene ramme og skjermes, da på bekostning av å manøvrere. Her er tanken at man kan erstatte en manøver, ved å holde egne styrker beskyttet, mens man direkte påvirker fienden med ild (Forsvaret, 2004, ss. 21-22). Doktrinen påpeker at hvert av konseptene i sin rendyrkede form er ensidige, og kan således svekkes av en tilpasningsdyktig fiende. Videre er konseptene bare teorier for hvordan man kan gjennomføre operasjoner, og derfor bør man søke å utnytte elementer fra alle konseptene. Forsvaret har i sitt konsept lagt spesiell vekt på det manøverorienterte, men benytter seg av elementer fra de andre konseptene (Forsvaret, 2004, s. 24).

En stor inspirasjonskilde for manøverteorien; Liddell Hart, beskriver i sin bok; *Strategy*, forskjellene på hvordan man påvirker en motstander. Her skiller han på direkte tilnærming og indirekte tilnærming. Direkte tilnærming vil forsøke gjennom ildkraft å ødelegge fiendens kampevne, ved å angripe han der han står sterkt. Den indirekte tilnærmingen handler derimot om å slå fienden der han er svak, med et formål om å påvirke han både i den fysiske og psykiske sfæren (Liddell Hart, 1991, ss. 326-333). Eksempelvis handler dette om å omgå fiendens hovedstyrke for å påvirke hans forsyningslinje. Gjennom dette kan et resultat være at vi ødelegger hovedstyrkens vilje til å kjempe, fordi den oppfatter seg som sjanseløs uten evne til å bli forsynt. Norske landstyrker skal operere etter en manøverorientert tilnærming, hvor indirekte tilnærming spiller en stor rolle (Forsvarets stabsskole, 2019, ss. 103-104).

Leonhard bygger videre på teorien til Hart gjennom å definere begrepet påvirkning, som handler om å få motstanderen til å tenke eller handle på en måte hen ellers ikke ville gjort. Påvirkningsbegrepet blir delt inn i to hovedkategorier; Forskyvning og konfrontasjon. Forskyvning er permanent eller midlertidig tilsidesettelse av motstanderens kapasiteter for å

hindre at den får avgjørende innvirkning på egne operasjoner. Eksempelvis kan man oppnå dette gjennom å ta ut de kapasitetene som fienden avhenger av for å true våre styrker (Leonhard R. R., 2000, ss. 61-65). På denne måten kan forskyvning defineres som «kunsten i å gjøre fiendens styrker irrelevant» (Leonhard, 1991, s. 211) Når fiendens svakhet er satt til side, kan egne styrker utnytte dette mulighetsrommet for å slå fienden. Leonhard deler forskyvning videre inn i 4 underkategorier:

1. Tidsmessig forskyvning handler om overraskelse. Vi ønsker å redusere eller gjøre motstanderens potensielle kampkraft irrelevant gjennom å komme han i forkjøpet i en handling. Gjennom raskere beslutningssykluser oppnår vi et høyere operasjonelt tempo. Overraskelse skapes gjennom en kombinasjon av det høyere operasjonelle tempoet, samt mottiltak for å senke motstanderens deteksjon og tilpasning til egne operasjoner (Forsvaret, 2004, s. 27).
2. Mental forskyvning handler om å eliminere motstanderens vilje til å fortsette operasjonene sine, gjennom å utnytte psykologiske reaksjoner på ulike former for påvirkning. Hovedsakelig ønsker man å skape en nederlagsfølelse hos fienden i hele eller deler av motstanderens organisasjon. Sluttilstanden defineres som når fienden er i en situasjon der hen føler at hen ikke har evne til å forsvare seg selv. Dette kan oppnås blant annet ved bruken av kombinerte effekter, dvs. effekten av de ulike våpensystemene satt sammen, som gjør at fienden ikke kan forsvare seg mot begge, og dermed sette hen i et uløselig dilemma (Forsvaret, 2004, s. 30).

Mental forskyvning spiller på at en enhet er ikke nedkjempet når våpenet er ødelagt, men heller når viljen ikke strekker til lenger. Blitzkrieg er et eksempel hvor man oppnår en kombinasjon av mental og tidsmessig forskyvning, der man forsøker å paralisere fiendes styrker ved å angripe sårbare områder, og hurtig utnytte seieren for å få fienden til å føle på nederlag (Leonhard, 1991, s. 75)

3. Posisjonell forskyvning handler om å «reduserer eller forhindrer deler av motstanders kapasiteter fra å være relevante for utfallet ved å sørge for at de er på feil sted, i feil formasjon, rettet feil retning eller i et terreng som de ikke er organisert for å operere optimalt i.» (Forsvaret, 2004, s. 28) Et eksempel var i 1940 da Tyskland brøt gjennom

Ardennerskogen, og dermed utflankerte både de franske og britiske hovedstyrkene som hadde rykket inn i Belgia for å møte den antatte tyske hovedstyrken. Følgelig var den planlagte forsvarslinjen irrelevant for utfallet (Leonhard, 1991, s. 68)

4. Funksjonell forskyvning fokuserer på å redusere motstanderens kapasiteter ved å gjøre dem dysfunksjonelle, eller i noen tilfeller, kontraproduktive i forhold til egne kapasiteter (Forsvaret, 2004, ss. 28-29). Eksempelvis vil et teknologisk fortrinn kunne oppnå dette. Termiske sikter ble brukt av USA mot Irak sine enkle lysforsterkningsteknologier under Golfkrigen i 1991. Dette gjorde at Irak var sjanseløse på nattetid, da de ble observert og drept uten å ha mulighet til det samme. Funksjonell forskyvning kan også oppnås gjennom ulike teknikker og god taktikk, eksempelvis bruken av lende, fortifikasjon og bruk av mobilitet (McDonough, 1993, ss. 108-110).

I tillegg til forskyvning som en måte å påvirke motstanderen på, har vi også konfrontasjon. Konfrontasjon handler om å direkte nøytralisere motstanderens fysiske kapasiteter, for å ødelegge hens evne til å fortsette sine operasjoner. Konfrontasjonen rettes mot hens fysiske evne til å stride, noe som også påvirker hens vilje. Her beskriver doktrinen to prinsipielt ulike metoder; en symmetrisk og en asymmetrisk (Forsvaret, 2004, s. 29). Symmetrisk konfrontasjon er å møte motstanderens kapasiteter som er tilnærmet like våre egne i størrelse. Dette kan oppfattes som duellsituasjoner hvor etterforsyningsevne, teknologisk standard og treningsstandard avgjør utfallet. Symmetriske metoder bør anvendes når situasjonen tilsier at ingen andre muligheter foreligger, eller når vi kan dra nytte av tidligere skapte forskyvningseffekter (Forsvaret, 2004, s. 30). Med en asymmetrisk konfrontasjon ønsker vi å konfrontere fienden med en så relativt overlegen styrke at hen ikke har et relevant forsvar mot trusselen.

Gjennom påvirkning utleder Leonhard teorien om kombinerte effekter som en metode for å påvirke fienden både mentalt og hens kapasiteter. Teorien tar for seg hvordan ulike militære effekter kan kombineres for å kompensere hverandre svakheter, og dermed skape et uløselig dilemma for fienden. Til sammen vil dette utgjøre en styrke, der summen er større enn hva den enkelte klarer alene, som vil sette fienden i ett dilemma der hen står overfor to ulike trusler. Dersom hen forsvarer seg mot den ene, vil hen bli sårbar overfor den andre. Dette påvirker motstanderen både fysisk og psykisk. Vi må derfor akseptere at de forskjellige

våpenartene (dvs. infanteri, stridsvogn, artilleri, mm) har alle både særegne styrker og svakheter (Leonhard R. R., 1991, ss. 91-93). Eksempelvis kan infanteri ha fordelene av å operere i vanskelig og kupert terreng, og muligheten til å bevege seg stille. På den andre siden har de også svakheter som at de manøvrerer seg sakte, og at de er sårbare i åpent terreng. Stridsvogn har fordeler som hurtighet og langtrekkende våpen, men de er har høy akustisk signatur og er sårbare i tett/lukket terreng.

Leonhard beskriver kombinerte effekter gjennom tre prinsipper; komplementærprinsippet, dilemmaprinsippet og alcyoneusprinsippet (Leonhard R. R., 1991, s. 93).

Komplementærprinsippet handler om å kombinere ulike kapasiteter for å minimere svakhetene, og forsterke hverandres styrker. Slik at de helhetlig koordineres under en og samme kommando. Ved å slå sammen infanteri og stridsvogn så har man mulighet til å manøvrere hurtig, samt stille der det trengs og i alt mulig terreng. Man kan også binde fienden på lange og korte hold. De komplementerer hverandre som ordet forklarer, og dynamikken ligger i å nøytralisere egne svakheter. Kombinasjonen er synergisk, som medfører at summen blir bedre når man jobber sammen. Den er ikke avhengig av moderne teknologi eller nye måter å drive krigføring på for å fungere, bare god kommunikasjon. Synergien av forskjellige effekter vil forbli den samme selv om våpnene utvikler seg (Leonhard R. R., 1991, ss. 93-94).

Dilemmaprinsippet handler om å sette fienden i en posisjon hvor hen er utsatt for flere effekter. For at hen skal klare å forsvare seg effektivt mot en trussel må hen gjøre seg sårbar for en annen trussel. Eksempelvis kan vi bruke effektene flatbaneild og krumbaneild. Hvis motstanderen blir i stilling vil hen bli tatt ut av krumbanen, og hvis hen beveger seg ut av stillingene virker flatbaneilden vår. Således ønsker man å oppnå et uløselig dilemma for fienden. Dette prinsippet er derfor fiendefokusert (Leonhard R. R., 1991, ss. 94-96).

Alcyoneusprinsippet handler om å flytte fienden til et terreng hvor han blir ekstremt sårbar. Dette gjør man ved å bekjempe fienden i terreng som maksimerer våre egne fordeler og som putter fienden i en ufordelaktig posisjon. Her ønsker man også å bekjempe fienden med effekter som er effektive mot de svakhetene i forsvaret som man har etablert gjennom

lendet. Her kan vi trekke likheter med påvirkningsformen; forskyvning, og da spesielt den funksjonelle forskyvningen (Leonhard R. R., 1991, ss. 93-103).

Teorien om kombinerte effekter kan som nevnt brukes til å oppnå synergieffekter mellom våpenarter innen taktisk samvirke. I tillegg ser vi nytten opp mot et fellesoperativt perspektiv, hvor de forskjellige domeneene kan dekke hverandres styrker og svakheter. Samvirke mellom domeneene gir hver enkelt større beskyttelse, samt flere muligheter å påvirke motstanderen på (Forsvaret, 2014, s. 99). Eksempelvis trenger luftdomenet støtte fra landdomenet for å beskytte viktig bakkeinfrastruktur, nøytralisere fiendtlig luftvern, samt mulighet til å besette lende. På den andre siden kan luftdomenet ødelegge trusler som befinner seg i luften, samt bruke luft-bakke våpen for å understøtte en manøver.

Ut ifra FDLO kan vi trekke noen viktige momenter. Vi har et operasjonskonsept som hovedsakelig baserer seg på manøverkrigføring. Denne baserer seg på en indirekte tilnærming, hvor vi ønsker å gå etter fiendens forutsetninger og vilje for å påvirke oss. Dette kan vi oppnå gjennom Leonhards forskjellige typer forskyvning, samt gjennom bruk av kombinerte effekter. Nå som vi har sett på hvilke momenter som dominerer Hærens teoretiske tilnærming til å gjennomføre operasjoner, skal vi se på hvordan sambandet er planlagt å kunne understøtte dette.

3.2 – Hærens sambandskonsept

Rammene for hvordan samband skal understøtte landoperasjoner beskrives i konseptet ARMY C4IS. Det går ut på å knytte alle kommandonivåene (dvs. stridsteknisk, taktisk, strategisk, samt internasjonale og sivile aktører) sammen inn i ett og samme nettverk. Målet er et sømløst nett som knytter sammen enheter gjennom informasjonsutveksling, økt tempo og presisjon, samt bedre situasjonsbevissthet. Konseptet legger vekt på å bruke forskjellige databærere som kan sende lik type data, og sende disse gjennom en mobilruter eller en taktisk kommunikasjonsnode (TKN). Mobilruter tillater å rute signalet fra satellitt og kommersiell mobilinfrastruktur. En TKN derimot tillater leveranser på taktisk- og stridsteknisk nivå, uten den faste infrastrukturen som mobilruter har behov for. Gjennom det felles produktet de produserer, vil vi oppnå et nettverk der brukerne vil kunne oppdage og autentisere hverandre, samt automatisk konfigurere og transportere leselige datapakker

(Forsvaret, 2022, ss. 15-19). Gjennom å knytte sammen sambandsbærerne på fellestaktisk nivå sammen i ett nett, vil det kun være behov for minst ett ledd inn hos en annen part, før samtlige i begge nettene kan kommunisere med hverandre. Dette sammenkoblingsnettet kan eksempelvis være den strategiske kommunikasjonsinfrastrukturen, som Cyberforsvaret stiller. Dette nettet er også kjent som Forsvarets kommunikasjonsinfrastruktur (FKI).

Hærens sambandskonsept har til hensikt å understøtte Hæren med C2, for å øke den operative effekten i en fellesoperativ ramme. Videre skal den gi retning til fremtidige sambandsløsninger som kan nyttes på det taktiske nivået (Sjef Hærens våpenskole, 2018, s6). I Hæren er det organisasjonen *Hærens samband* som er tildelt oppgaven om å stille samband på taktisk nivå; taktisk kommunikasjonsinfrastruktur (TKI). Både TKI og FKI er IP-baserte nettverk og baserer seg på identisk arkitektur, slik at informasjon på taktisk nivå kan deles fellesoperativt hvis de er koblet sammen (Sjef Hærens våpenskole, 2018, ss. 7-8). TKI kan beskrives som summen av de sambandsbærerne som kommuniserer sammen i en taktisk enhet, og ruter datatrafikk mellom brukerne. Dette er nettverk som driftes lokalt, og som i utgangspunktet kan operere selvstendig.

Sambandskonseptet går grovt utpå at man på bakgrunn av en FKI-løsning, kan danne flere TKI-nettverk i et eller flere operasjonsområder, og at trafikken mellom TKI-er bæres av den strategiske infrastrukturen (Sjef Hærens våpenskole, 2018, s. 8). På denne måten vil ikke alle sambandsbærerne i Hæren nødvendigvis være avhengige å være nær hverandre. Vi kan dermed operere med mer spredning og opprettholde fleksibilitet. Konseptet fokuserer på utvikling innen ansvarsområdene: beslutningsstøttetjenester, IKT-plattform, kommunikasjonstjenester, metodisk målbekjempning og kommandoplass. Denne oppgaven kommer ikke til å se videre på IKT-plattformer som et eget moment, da dette omhandler håndtering av høygradert informasjon, og vil derfor ikke være tilstrekkelig relevant for valgt problemstilling. Allikevel vil sentrale poeng, som tjenester fra datasentre, bli fanget opp under redegjørelsen og drøftet.

Beslutningsstøttetjenester (BST) er applikasjoner og tjenester som har til formål å samle informasjon og presentere denne etter brukerens behov, i den hensikt å støtte beslutningstakeren med et ryddig og oversiktlig beslutningsgrunnlag. Et eksempel på en slik tjeneste er NORCCIS. Det er en kartapplikasjon som bidrar til å gi en felles

situasjonsforståelse mellom avdelingene, gjennom å dele blåprikkbilde og grafikk. Dette klarer den ved å samle sensorinformasjon og rapporter, for å deretter sende det videre til en server som distribuerer det til samtlige brukere i nettet. Dette gjør at flere beslutningstakere kan sitte på samme situasjonsforståelse (Gangnes & Langmyr, 2004, ss. 9-10). I tillegg til å dele informasjon internt i nettet har også tjenesten mulighet til informasjonsdeling på tvers av kommandonivåer og avdelinger i henhold til ARMY C4IS sin standard.

Fokusområdet kommunikasjonstjenester innebærer at vi klarer å utnytte de sambandsbærerne vi har på en best mulig måte, samt at vi har de riktige bærerne i utgangspunktet. Dette innebærer at sambandsmidler med kapasitet for høy båndbredde etablerer lokale TKI-er der vi opererer, og at vi klarer å knytte disse sammen gjennom FKI. For å opprettholde redundans og fleksibilitet hos TKI-ene, vil de ha behov for flere forbindelser opp mot den felles kommunikasjonsinfrastrukturen (Sjef Hærens våpenskole, 2018, ss. 21-22). For at vi skal klare å oppnå fleksibilitet og etablere en effektiv tilknytning opp mot et TKI bruker vi i hovedsak radiolinjeskudd. Løsninger som innebærer mobil tilknytning, dvs. satellittkommunikasjon og utnyttelse av mobil infrastruktur (3G/4G), kan per i dag ikke knyttes direkte til TKI, men må gjennom aksessløsninger i FKI. Det vil si at trafikken fra en bruker som prøver å knytte seg til sitt lokale TKI gjennom mobil tilknytning er avhengig at infrastrukturen, som Forsvaret ikke har kontroll på er intakt. Dette avhenger vi av for å ha en forbindelse mellom TKI og FKI. For at det skal være mulig å benytte seg av usikrede nett som sivil mobilinfrastruktur og satellitter, er vi også avhengige av en ende-til-ende-kryptering. Gjennom en sterk kryptering på enheten til brukeren, vil ikke informasjonen på det usikre nettet kunne bli lest.

Metodisk målbekjempelse omhandler prosessen «å velge ut, prioritere og påvirke mål, som kan bidra til oppnåelse av definerte målsetninger og slutttilstanden.» Denne prosessen er også kjent som targetting (Sjef Hærens våpenskole, 2018, s. 28). Denne prosessen handler om å bruke sensorer til å samle inn sensordata (dvs. ildledere, int-operatører, digitale sensorer mm.), og bruke denne dataen til å initiere en effektor. Effektoren kan beskrives som en handling som har til hensikt å ha en effekt på situasjonen. Det kan innefatte blant annet å gjennomføre en manøver, artilleriild og fellesoperativ ild. Sambandet i targettingprosessen

handler om å kunne sømløst knytte elementene sensor, beslutningstaker og effektor sammen, slik at man klarer å opprettholde et høyt operasjonelt tempo, i henhold til manøverteorien.

Kommandoplasser er fasilitetene for sjefer og deres kommandostøtte for å kunne lede enheten sin. I hovedsak handler kommandoplassene om å oppnå at sjefer kan utøve «effektiv kommando og kontroll med tilstrekkelig beskyttelse» (Sjef Hærens våpenskole, 2018, s. 32). Fra et C2-perspektiv er det et krav at sjefen har tilgang på BST-er og er knyttet inn i samme nettverk som under-, side- og overordnede. Det må være tilsvarende evne til C2 om kommandoplassen er samlet, som når den er spredt - som et styrkebeskyttelsestiltak. Dette innebærer at det skal etableres virtuelle arenaer for samhandling internt i kommandoplassen. Når det kommer til beskyttelse, er de mest utsatte områdene fysisk beskyttelse og deteksjon. Deteksjon blir avverget gjennom fokus på signaturkontroll mot elektronisk krigføring, samt akustisk og optisk signatur.

Nå som vi har sett hvilke fokusområder *sambandskonsept Hæren* har satt for å støtte landoperasjoner, skal vi nå belyse karakteristikene til 5. Generasjons mobilnettverk (5G) for å videre kunne drøfte teknologien opp imot disse fokusområdene.

3.3 - Teknisk grunnlag 5G

Dagens mobilnettverk er i en kontinuerlig utvikling. Store deler av denne teknologiske utviklingen drives frem av paraplyorganisasjonen *3rd generation partnership project* (3GPP). 3GPP består av en rekke telekommunikasjonsselskaper og er en styrende organisasjon for teknologistandardene, samt videreutvikler og vedlikeholder standardene som er satt (3GPP, 2022). Dette er med på å bidra til en helhetlig utvikling av det globale telenettverket, og en vesentlig bidragsyter for det interoperable økosystemet. Noen av eksemplene på disse standardene er 2G, 3G, 4G og den relaterte LTE standarden. Her organiseres utviklingen gjennom utgiverdatoer for sammensatte oppgraderinger og forbedringer innenfor de angitte standardene. Hver av disse oppgraderingene bringer med seg endringer, som på sikt akkumulerer i en utviklingstrend som skal dekke det økte behovet for konnektivitet (3GPP, 2022). For å danne et grunnlag for 5G, skal vi kjapt adressere hvordan forrige generasjon; 4G, fungerer.

4G-teknologi er IP-basert, og overfører dermed informasjon ved bruk av digitale datapakker. Dette ble en forenkling fra dens forgjenger 3G, som hadde en egen protokoll for å rute talekommunikasjon separert fra dataen som ble overført via IP (Campos, pkt. 1.1.5). 4G teknologien fungerer for brukeren på følgende måte: Telefonen din inneholder antenner som både fungerer som sender og mottaker. Herifra sendes signalet til nærmeste basestasjon. En basestasjon er et aksesspunkt inn i telenettet, med en eller flere sender/mottakere i et område. Deretter rutes signalet videre i kjernenettet for autentisering hos leverandøren av nettet. Etter at signalet er autentisert vil vi kunne bruke de tjenestene man ønsker, og denne prosessen tar brøkdelen av et sekund slik at det ikke merkes av brukeren. Dette er til tross for at autentiseringen av kommunikasjonslinjen ligger et stykke unna brukeren. (Campos, pkt. 3)

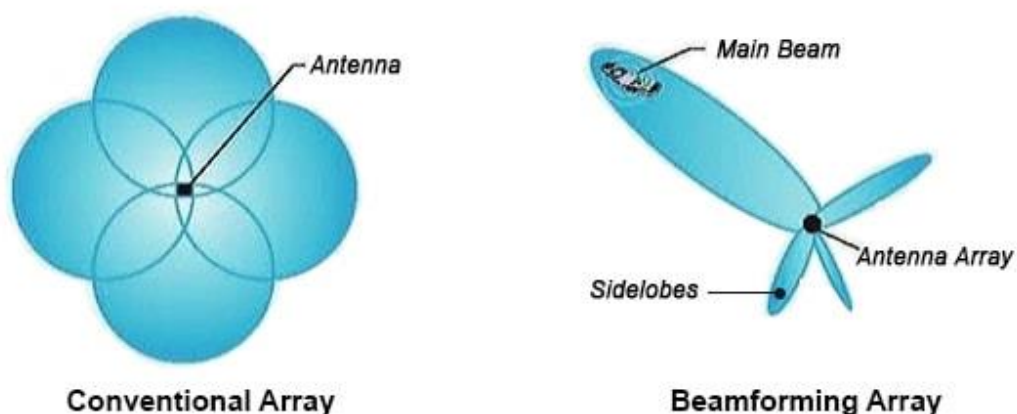
I tillegg er det tatt i bruk en teknologi som kalles multiple inputs- multiple outputs (MIMO). Denne teknikken bruker flere antenner for å motta og sende flere radioforbindelser samtidig, og bidrar til en sømløs skiftning mellom basestasjoner. Dette innebærer at brukeren kan være mobil, uten å oppleve tap av forbindelse når man bytter basestasjon. I tillegg vil det store antallet antenner sørge for at flere brukere kan koble seg på basestasjonene (Cain, s. 67-69).

Sentraliseringen av prosessering og tilgjengelighet av tjenester skaper en sårbarhet i 4G-teknologien, og spesielt over lengre rekkevidder. Hvis ett ledd i kjernenettet mellom bruker og datasenter blir ødelagt, vil det gjøre brukeren ute av stand til å utnytte nettet. Et eksempel på dette var når fiberkablene til Øst-Finnmark fikk et brudd. Det medførte at et stort geografisk område var uten nødnett, mobilkommunikasjon og kystradio, samt massestengning av flyplasser (NKOM, 2018, s. 3). Denne problemstillingen kan gjøre en militær bruk sårbar, da man i større grad behøver fleksibilitet under gjennomføring av militære operasjoner. Dette innebærer at hvis et kritisk ledd av det kommersielle nettet blir ødelagt, vil vi ikke lenger kunne benytte oss av 4G som bærer (Campos, pkt 3). Nå som vi har en forståelse for arkitekturen til 4G som mobilnett, skal vi se på 5G-teknologien, og dens nye kapabiliteter fra dens forgjenger.

Massiv MIMO er en ny standard som følger med 5. generasjons mobile nettverk. I motsetning til 3- og 4G finner vi en tidobling av antall antenner i hver celle (Dangi et al., 2021). Gjennom denne økningen av antenner vil vi eksempelvis se større utnyttelse av teknologien romlig multipleksing (spatial multiplexing)- hvor man bryter ned datapakkene til mindre deler, som fordeles på flere kanaler og deretter transmitteres simultant til mottaker.

Ved å sende mindre datapakker, vil de nå mottakeren forttere på grunn av mindre motstand i nettet. Samtidig vil identiske pakker sendes gjennom flere frekvensbånd for å minimere risikoen for at noe ikke når frem. Massiv MIMO kan gjennom flere antenner mer effektivt utnytte seg av disse teknologiene, da spennet av tilgjengelige kanaler til enhver tid er større (Dangi et al., 2021). Dette medfører høyere hastigheter og en høyere datarate. I tillegg vil antall antenner også øke antall brukere som kan koble seg på nettet da senderen vil ha mer å spille på. Antall antenner er relativt til antall mulige brukere. Dermed vil ti ganger så mange kunne koble seg på en 5G sender relativt til forrige generasjon, som innebærer et hundretall brukere (Dangi et al., 2021).

5G sin Massiv MIMO benytter seg også av en teknologi som kalles beamforming. I en vanlig rundstråleantenne vil signalet fordeles likt ut i alle retninger. Beamforming derimot, benytter seg av de flere antennene til å detektere hvor mottakeren befinner seg, og har mulighet til å sende et retningsstyrt signal. Dette medfører at signalet blir konsentrert, og dermed øker i effekt (Dangi et al., 2021). Med andre ord kan man derfor oppnå en høyere kvalitet - eller bruke mindre strøm enn før, og oppnå samme resultat eller bedre. I tillegg vil flere retningsstyrte signaler kunne mitigere interferens, da man kan gjenbruke samme frekvensbånd i ulike retninger, uten at disse berører hverandre. Med mange antenner vil også strålen kunne variere i frekvens, avhengig av hva brukeren stiller av krav med tanke på datamengde og avstand til senderen.

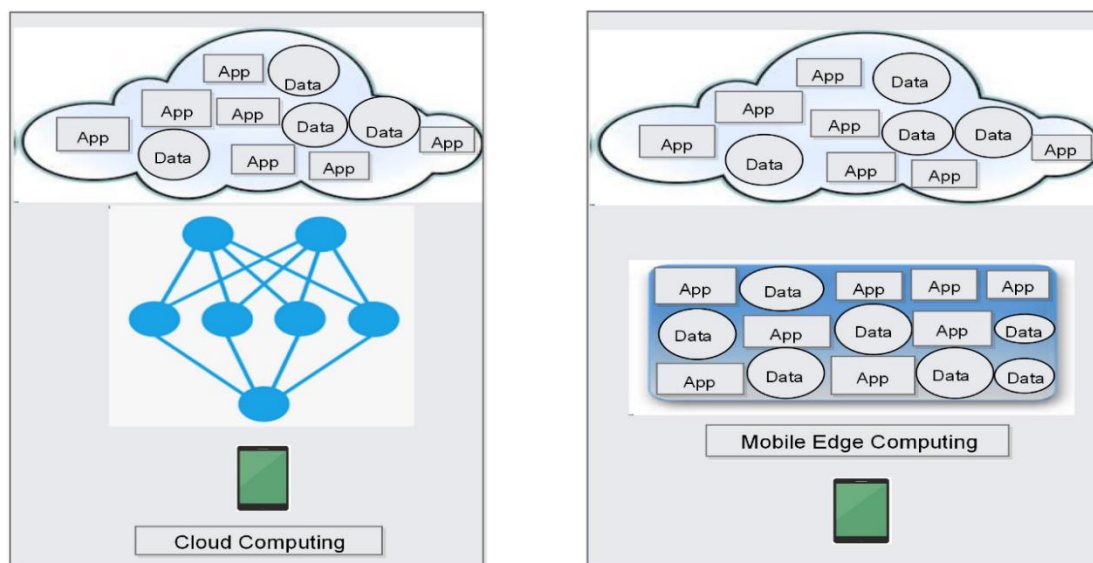


Figur 1: Beamforming (Everything RF, 2019). Til venstre: alle antennene sender rundstråler; Til høyre: antennene sender retningsstyrte signaler gjennom

Kombinasjonen av Massiv MIMO og beamforming resulterer i et robust og effektivt nett. Massiv MIMO tillater nettverket å ha mange brukere, og bryte ned datapakker for effektiv og redundant transport, mens beamforming sikrer at signalet rettes mot riktig bruker, og dermed reduserer interferens og øker kvaliteten på signalet.

I tillegg til kompatibilitet med forrige generasjoners frekvensbånd, har 5G tilgang på bruk av millimeterbølger (Dangi et al., 2021). Dette er radiobølger i extremely high frequency-båndet, og opererer mellom 30 GHz - 300 GHz. Dette frekvensbåndet kan transportere veldig store mengder data, relativt til eksempelvis WIFI-6, som har to frekvensbånd på henholdsvis 2,4 GHz og 5 GHz. Millimeterbølger, er på den andre siden i sin natur delikate, og absorberes lett av fukt og fysiske hindringer (Rossi & Murrioni, s. 5 og 6). Denne egenskapen gjør at avstanden mellom sender og mottaker ved bruk av dette frekvensbåndet ikke kan være stor. Mulighetsrommet til millimeterbølger kommer gjennom konseptet internet of things (IoT) (Dangi et al., 2021). IoT er et konsept der enheter, systemer, sensorer og applikasjoner kan kommunisere sømløst med hverandre uten menneskelig innblanding. Her kan de tilkoblede enhetene kommunisere med hverandre og gjennomføre automatiserte oppgaver. I tillegg kan de sende sensordataen til ett samlet sted, som en sluttbruker kan utnytte for å oppnå et bedre beslutningsgrunnlag. Konseptet dreier seg altså om å kunne overføre store datamengder trådløst, med høy grad av modularitet av de tilkoblede enhetene.

En annen faktor som skaper grunnlaget for IoT er mobil edge computing. Denne teknologien er en videreutvikling av konseptet skyprosessering (Dangi et al., 2021). Skyprosessering er at applikasjoner og tjenester prosesseres i en skytjeneste. Dette innebærer ofte større prosesseringskraft og lagringskapasitet, fordi det er store sentraliserte servere som gjør jobben istedenfor brukerens enheter. Problemet som oppstår med skyprosessering, er at tjenestene ofte befinner seg langt unna brukeren. Dette skaper en økt latens fordi signalet ofte må gjennom flere ledd for å nå frem. Mobil edge computing tillater bruk av edge-servere, som befinner seg nærmere brukeren. Dermed kan utvalgte tjenester prosesseres, uavhengig av forbindelse til skyen for å løse alle oppgaver. Denne videreutviklingen av skyprosessering ser sin nytteverdi i forbindelse med IoT-konseptet. Her ønsker vi mange enheter tilkoblet, og hvis all dataen disse produserer skulle blitt transmittert til en skytjeneste, hadde vi opplevd stor latens. Med edge-servere tilgjengelig vil enhetene kommunisere lavlatent med hverandre, noe som tillater flere presisjonsstyrte enheter over nettet. Eksempelvis vil operering av droner, nær sanntid høydefinert videostrømming, samt



Figur 2: Edge Computing (Ramraj et al., 2021). Til venstre: Skyprosessering der alle tjenester prosesseres i skyen ; til høyre: mobil edge computing der enkelte tjenester flyttes fysisk nærmere brukeren.

fjernkirurgi være mulig med denne teknikken (Voldhaug et al., 2021, s. 33).

I tillegg til overnevnte nyvinninger har enda et nytt begrep dukket opp i telekommunikasjonsmarkedet; skivedeling av nettverk. Dette er en teknikk som skaper flere virtuelle nett fra et og samme nettverk (Storck & Duarte, 2020). Teknikken kan sammenliknes litt som om en WIFI-ruter kunne stilt flere WIFI-nett på samme sted. Konseptet innebærer at det eksisterer en digital sperre, som gjør at de forskjellige skivene ikke kan kommunisere med hverandre. Konseptet er tilrettelagt for at man kan kjøpe en skive av det kommersielle nettet, og software-definere det etter sine premisser (Storck & Duarte, 2020). Dette innebærer at man eier og kontrollerer sin egen båndbredde, samt kan skille seg fra kommersiell trafikk fra et sikkerhetsperspektiv.

Som vi ser har 5G-teknologien både noen nye egenskaper, samt videreutviklet noen av teknologiene fra sin forgjenger. De mest sentrale nyvinningene er: Massiv MIMO, beamforming, tilgang på millimeterbølger, edge computing og skivedeling av nett. For å se om det kan ha en militær fordel å oppgradere til 5G-teknologi, skal vi drøfte disse teknologiene opp mot Hærens konseptuelle tilnærming til å løse fremtidens konfliktbilde.

3.4 - Konklusjon teoretisk redegjørelse

Denne redegjørelsen startet med en gjennomgang av det teoretiske grunnlaget fra den norske Hærens doktrine for landoperasjoner. Her ble det presentert noen sentrale momenter; forskyvinger av Leonhard, Lind sin indirekte tilnærming, samt kombinerte effekter. Videre ble det introdusert *sambandskonsept Hæren*, hvor hovedtemaene bygger på strukturen til konseptet. Disse hovedtemaene er; kommunikasjonstjenester, beslutningsstøttetjenester, metodisk målbekjempning og kommandoplass. Til slutt presenteres 5G teknologien og dens kapabilitet, hvor hovedmomentene er; Massiv MIMO, beamforming, millimeterbølge, edge computing og skivedeling. Videre i studien skal vi nå benytte hovedtemaene fra Hærens sambandskonsept som struktur. Der skal vi utdype hvordan taktisk 5G kan oppnå de kravene som stilles i sambandskonsept, samt hvordan de kan oppnå de sentrale momentene fra *Forsvarets doktrine for landoperasjoner*. Hele drøftingen underbygges av de tekniske kapabilitetene til 5G, som vi har utledet i dette kapitlet.

4 Hoveddel

4.1 - Kommunikasjonstjenester

Det er flere ulemper med den kommersielle mobilinfrastrukturen som eksisterer. Dette er blant annet innen kontroll, redundans og prioritering av datatrafikk. Mangel på kontroll kommer gjennom at det ikke er Forsvaret som drifter det kommersielle nettet. Posisjonene på basestasjoner og datasentre er kjent, og gjør disse til sårbare mål overfor fienden. Den sentraliserte prosesseringen gjennom dagens arkitektur, gjør at hvis et av disse sårbare målene blir tatt ut, vil tjenestene kunne bli tatt ut (Campos, 2016, pkt. 3). I og med at Hæren har tatt i bruk 4G-nettet, utgjør dette et tyngdepunkt for fienden. Hvis dette sårbare elementet blir tatt ut, vil vi ikke kunne drive effektiv kommando og kontroll. I tillegg er infrastrukturen sårbar overfor overbelastning, da nettet ikke belastningsfordeles (Jøsang, 2021, ss. 24-25). En konsekvens av denne mangelen på regulering, er at militære brukere ikke er garantert at sin data blir prioritert.

I henhold til sambandskonseptet skal man være i stand til å etablere autonome dekningsbobler; TKI. Disse skal være i stand til å kunne utveksle tale- og datatrafikk for å oppnå samvirke mellom de taktiske enhetene i området (Sjef Hærens våpenskole, 2018, s. 22). For å få se hvordan vi kan få til dette, skal vi i hovedsak sette søkelys på to faktorer innenfor 5G-teknologien; taktisk 5G og bruken av edge computing.

Begrepet taktisk 5G baserer seg på å få mest mulig råderett over vår egen bruk av data (FFI, 2023). Dette kan oppnås på to måter; enten å stille med en egen infrastruktur eller å benytte seg av det kommersielle nettet. Forsvaret kan benytte seg av egne mobile 5G-basestasjoner for å etablere TKI der det trengs, og dermed gjøre seg uavhengig av den kommersielle infrastrukturen. Dermed vil flere av ulempene nevnt innledningsvis i drøftingen mitigeres. Egne bærere vil kunne fungere sammen med den sivile infrastrukturen, på grunn av at de benytter seg av samme teknologistandard. Hvis Forsvaret anskaffer seg en skive i det kommersielle nettet, vil vi kunne benytte oss av et adskilt og personlig softwaredefinert segment (Storck & Duarte-Figueiredo, 2023). Dette gir oss dermed en mulighet til å knytte TKI-et inn på internett, hvor aksessløsningen til FKI ligger – alt ved bruk av samme bærere og teknologistandarder. Gjennom en kombinasjon av egne bærere og egen militær skive vil vi kunne ha redundans og fleksibilitet i TKI-ene gjennom autonomi, samt muligheten å koble seg inn i FKI i ethvert område som har kommersiell dekning. Gjennom denne koblingen vil

ethvert TKI kunne kommunisere med et annet TKI uavhengig av avstander, gitt at det også er tilkoblet.

5G-teknologi kan på lik linje med radiolinje i dag, være i stand til å etablere disse TKI-boblene gjennom edge computing. Ved å benytte seg av en edge-server lokalt, vil datatrafikken kunne prosesseres fra samtlige brukere i den lokale serveren, selv om forbindelsen bakover blir brutt (Ramraj et al., 2021). Derfor vil man ikke være avhengig av at hele nettet er intakt for å kunne kommunisere lokalt. Videre har edge servere også mulighet til å prosessere tjenester nærmere brukeren, som eksempelvis kommunikasjonssoftware og/eller beslutningsstøttetjenester (Ramraj et al., 2021). Dette betyr eksempelvis at en taktisk enhet kan drifte NORCCIS lokalt på nettet sitt, og benytte seg av den sensordataen som kommer inn lokalt på nettet. 5G teknologi har derimot mulighet til, gjennom samme bærere, å koble seg til FKI. Denne muligheten gjør at man lettere kan benytte sensordata fra andre nett.

Muligheten til å kunne prosessere tjenester nærmere brukeren, hadde ikke vært mulig med en sentralisert løsning hvis man mister forbindelsen. Bruken av edge servere har også muligheten til å minimere trafikk på nettet, da all kommunikasjon går gjennom disse. Leddet mellom edge server og sentralisert server blir da kun kommunikasjon mellom to servere, istedenfor mange brukere som prøver å rute trafikken sin til samme sted. Gjennom denne mer strømlinjeformede rutingen, vil vi antakeligvis oppnå større hastigheter ved å minske trykket på de sentrale serverne og tjenestene, samt prosessere nærmere brukeren. Vi kan derfor i dette perspektivet se på TKI-ene som modulære, i den forstand at de er selvstendige og benytter seg av en enhetlig teknologi. Dermed vil de kunne kommunisere sømløst med hverandre, gitt premisser som riktig rutingsprotokoll.

I tillegg vil modulariteten som edge-servere oppnår, muligens kunne bidra til større fleksibilitet og enkelhet i oppdragsløsningen. Gjennom edge-servere vil brukerne kunne etablere enkle rutingsprotokoller, fordi den kan forbinde bruker med ønsket tjeneste selvstendig (Ramraj et al., 2021). Dette kan være en faktor for å minske både antall og spredning på kompetent teknisk personell, da de kan sentraliseres hos edge serverne. Denne faktoren fordrer dog, at de taktiske basestasjonene er enkle å konfigurere og drifte, slik at soldater med en enkel fagutdanning kan håndtere dem. Hvis vi klarer å lage slike selvstendige grupperinger basert på edge-servere vil vi kunne oppnå modularitet, i henhold

til kravene til et TKI. Enkelheten kommer gjennom sentralisering av teknisk personell, samt en modulær kommunikasjonstjeneste.

I tråd med fleksibilitet fra et taktisk perspektiv, ønsker vi at flest mulig enheter er tilknyttet nettverket, slik at vi har mulighet å spille på de riktige kampenhetene til enhver tid. Gjennom fleksibiliteten vil vi muligens kunne kutte ned tiden vi bruker på å agere mot fienden, og dermed kutte ned tiden på vår OODA-loop (Lind, 1985, ss. 5-6). Gjennom en raskere beslutningssyklus vil vi skape muligheten for å forskyve fienden tidsmessig, i henhold til Leonhards prinsipp (Forsvaret, 2004, s. 27). Anvendelse av 5G kan være en måte å få mange enheter tilkoblet nettverket, som gjennom sin Massiv MIMO-teknologi, tillater mange mobile brukere (Ramraj et al., 2021).

Vi skal nå se på 5G-teknologi sammenlignet med noen vanlige sambandsbærere i Hæren, for å se dens nytteverdi som et kommunikasjonsmiddel. Vi bruker primært MRR (VHF) tale, samt datasamband med høyere båndbredde (UHF og SHF). De sistnevnte bærerne som benyttes er i hovedsak radiolinjeskudd og 4. Generasjons mobilteknologi (Sjef Hærens våpenskole, 2022, s. 17). På grunn av lave frekvenser vil MRR-signalet trolig være vanskelig å erstatte med 5G-teknologien. Det er på bakgrunn av den reduserte rekkevidden, på bekostning av høyere båndbredde. Egenarten til MRR er et robust signal som kan overføre tale og mindre mengder data over lengre avstander. 5G-teknologien på den andre siden har ikke kapasitet til å operere i VHF-spekteret, og mister dermed en del rekkevidde på bekostning av evne til større datamengder.

Radiolinjeskudd bruker konsentrerte direktestråler for å danne et maskenett for datakommunikasjon med høy båndbredde (Sjef Hærens våpenskole, 2022, s. 21). 5G-teknologi har trolig mulighet til å etablere en lignende struktur ved bruk av basestasjoner og beamforming. Gjennom beamforming vil dataen konsentreres i gitte retninger til tross for at det ikke er en retningsstyrt antenne, og samtidig operere med høye hastigheter (Ramraj et al., 2021). Ved bruk av egne basestasjoner og edge computing kan vi gjennom taktisk 5G, muligens oppnå en egenrådighet på linje med radiolinjeskuddene i dag. Det er dog for lite tilgjengelig data innenfor feltet til å konkludere om taktisk 5G kan erstatte radiolinjeskuddene. På den andre siden vil vi gjennom bruk av begge kapabilitetene oppnå redundans i taktisk datakommunikasjon, som er et mål i seg selv (Sjef Hærens våpenskole, 2018, s. 21).

4- og 5G benytter seg i utgangspunktet av samme standardiseringsform (3GPP, 2022). 5G har for øvrig en del nye kapabiliteter som skiller den fra forrige generasjon, som blant annet teknologiene; Massiv MIMO, skiveinndeling, millimeterbølger, beamforming og edge computing. Gjennom oppgraderingene har 5G mulighet for større autonomi, modularitet og fleksibilitet, som gjør at den oppfyller flere av kravene i ARMY C4IS. 5G vil derfor sannsynligvis kunne erstatte vår bruk av 4G i dag.

Taktisk 5G har trolig kapasiteten til å kunne brukes som en egen militær kommunikasjons-tjeneste. Med fleksibel båndbredde og beamforming vil vi kunne sende høye datamengder over lengre avstander. MIMO og edge-servere gjør at vi kan etablere selvstendige 5G-nett som tillater mange brukere. Muligheten til å kunne benytte seg av en skive i det kommersielle nettet gjør at de selvstendige nettene kan knyttes sammen, samt knyttes opp på et fellestaktisk nivå gjennom FKI.

4.2 - Beslutningsstøttetjenester

Beslutningsstøttetjenester er de applikasjonene og tjenester, som har til formål å presentere denne etter brukerens behov. Hensikten er da å støtte beslutningstakeren med et oversiktlig informasjonsgrunnlag for å kunne ta beslutninger. I dagens komplekse operasjonsmiljø stilles det store krav til høyt tempo og høy grad av redundans, som vil gi en indikasjon på hva som kreves av kommunikasjonsmedium. Målbildet er en sømløs informasjonsflyt mellom kommandonivåene i Hæren (Sjef Hærens våpenskole, 2018, s. 13). Her vil vi nå drøfte hvilke bruksområder 5G-teknologien kan bistå med i form av tre aspekter. Tempo oppnår vi gjennom hvordan 5G kan bistå til å opprettholde hurtighet i en beslutningsprosess. Konnektivitet, gjennom å fokusere på hvor mange enheter og brukere som har tilgang på 5G-nettet. Til slutt skal vi se på faktoren mobilitet, gjennom hvordan 5G kan bistå til å gi et større handlingsrom når det kommer til hvor informasjonen kan innhentes.

5G-teknologien vil kunne skape muligheten for å gi et hurtigere situasjonsbilde, med mye informasjon. Slik som det har blitt redegjort ovenfor, så er et av hovedpunktene med 5G-teknologien at den bringer en høyere båndbredde og lavere latens på dataen som sendes (Ramraj et al., 2021). Dette vil kunne gi muligheten for en beslutningstaker å få store mengder data i sanntid. For eksempel så kan denne økte båndbredden benyttes av egne analytikere, som da kan få inn flere sanntidsbilder fra mange sensorer samtidig. På den ene

siden, vil den økte båndbredden og lave latensen skape en mulighet for å øke informasjonsutvekslingen mellom de tilkoblede enhetene. Dermed vil denne informasjonen kunne bidra til å få et bedre helhetsoversiktlig bilde av operasjonsområdet. På den andre siden bør kanskje denne økte informasjonsmengden reguleres, slik at det ikke fremstår som støy for beslutningstakeren.

Innen feltet automatisert analyse av informasjon, gjøres det store framskritt gjennom bruk av kunstig intelligens og maskinlæring. Dette er automatiserte systemer som kan endre handling basert på analyse av informasjon og tidligere erfaringer. Kunstig intelligens kan gjennom denne egenskapen være i stand til å håndtere store mengder data på kort tid, der tradisjonelle analysemetoder ikke strekker til. Sett opp imot det store antallet sensorer som 5G har mulighet til å tilrettelegge for, ville vi antakeligvis kunne anvendt kunstig intelligens for å sortere og presentere dataen for beslutningstakeren (Voldhaug et al., 2021). Fordeler med dette kan være et bredt og tidsriktig beslutningsgrunnlag, som gjør at vi kan agere raskere og riktigere enn fienden. Hvis man står opp mot en motstander som har evne til å utnytte denne muligheten, vil vi kunne bli funksjonelt forskjøvet gjennom raske beslutningsprosesser, der våre innhentnings- og analysemetoder ikke rekker å være relevante. Vi oppnår den funksjonelle forskyvningen gjennom å ha en sterk teknologisk fordel innen vår C2, som gjør at fienden ikke klarer å raskt nok på våre handlinger. Det er ikke bare mulighetsrommet med den økte datastrømmen, som er sentral med 5G, men også økte tilkoblingsmuligheter.

Massiv MIMO vil kunne bidra til et bedre informasjonsgrunnlag for beslutningstakeren. En av de store forbedringene som kom med 5G var den enorme mengden enheter som kan være koblet til på samme basestasjon, uten at det oppstår interferens mellom signalene (Ramraj et al., 2021). Med andre ord, vil dette i en militær kontekst si at man har muligheten til å sømløst benytte et bredt arsenal av sensorer i samme operasjonsområde. Et eksempel kan da være bruken av droner med direktesendt video, sammen med seismiske sensorer som plukker opp vibrasjonene fra en fremrykkende styrke. Det er ikke bare en økt sensormulighet som vil dra nytte av denne teknologien, men den totale kommunikasjonsinfrastrukturen som helhet. Ved å muliggjøre en økt kapasitet for tilkoblede enheter, så vil man også kunne knytte flere brukere sammen. Gjennom denne konnektiviteten vil man kunne ha mulighet til å spre situasjonsbilder og koordinere i sanntid fra små taktiske enheter på bakken til kommandoplassene i bakre. Dette vil også da kunne bidra til å opprettholde tempoet, som

kreves i en manøverorientert operasjon og bidra til et effektivt samvirke. Ved å muliggjøre en økt konnektivitet mellom avdelingene og deres sjef, vil man kunne gjennomføre operasjoner med større grad av koordinering. Dette oppnår vi gjennom den sømløse informasjonsflyten som er tilgjengelig ved å benytte 5G-teknologien.

De tekniske spesifikasjonene til 5G vil kunne muliggjøre en større fleksibilitet og mobilitet hos beslutningstakerne. Ved å benytte seg av taktisk 5G eller den eksisterende sivile infrastrukturen, vil en beslutningstaker kunne ha konnektivitet der hen trenger det. Konnektiviteten kan gi, som vi har drøftet oss fram til, en mulighet til å være fleksibel med hvor beslutningstakeren kobler seg på geografisk. Denne fleksibiliteten vil også kunne gi en økt grad av mobilitet for de militære beslutningstakere. Gjennom å muliggjøre sømløs kommunikasjon med resten av TKI-et, vil man ikke være like bundet opp i hvor man har mulighet til å innhente informasjonen. Dette vil også kunne påvirke kommandoplassenes gruppering, som vi kommer tilbake til senere i studien.

For og bedre illustrere 5G sitt bidrag i beslutningsstøttetjenester, så skal vi nå ta for oss et praktisk eksempel: En styrke er utgruppert i forsvar, mens det er en fiendtlig styrke på marsj mot stillingsområde. Her vil den forsvarende styrken kunne dra nytte av Massiv MIMO, ved å benytte seg av mange sensorer samtidig. Denne sensordataen blir så rutet tilbake til den lokale edge-serveren som blant annet kan stille med applikasjoner. Dette gjøres ved å benytte 5G sin edge computing-egenskap, som muliggjør å flytte dataprosesseringen av applikasjonene nærmere brukeren (Ramraj et al., 2021). Denne egenskapen vil kunne skape en mer robust kommunikasjonsinfrastruktur, da antall ledd som dataen må igjennom senkes. Et eksempel på en slik applikasjon som kan benyttes er ODIN, som er en applikasjon for å lede indirekte ild. Denne knytter sammen sensorene, beslutningstakerne og effektorene under et felles grensesnitt. Videre vil da en ildleder kunne benytte sensorinformasjon og grensesnittet i ODIN for å skape et beslutningsgrunnlag til beslutningstakeren. Deretter rutes dataen til effectoren, i dette tilfellet artilleriet, som gjennomfører ordren og oppnår effekten som ønskes. Hele prosessen som beskrives over, underbygges av 5G sin lave latens og båndbredde, som muliggjør en hurtig overføring av store datamengder.

Ved å benytte 5G slik som beskrevet, så vil man kunne oppnå en mer effektiv bruk av kombinerte effekter. Gjennom å benytte 5G, så kan man oppnå en høyere grad av sømløs kommunikasjon mellom beslutningsleddene i et operasjonsområde. Dette vil føre til at

koordineringen mellom de forskjellige avdelingene vil kunne bli mer effektiv, og da minske eventuell friksjon som kan oppstå. Videre vil denne økningen i effektivitet kunne bistå i å gjennomføre en tidsmessig forskyvning av fienden, gjennom å ha en raskere beslutningsfase i OODA-loopen (Lind, 1985, ss. 5-6). Ved å ha muligheten til å benytte et økt antall enheter i nettet og edge computing, vil man kunne effektivisere kommunikasjonsprosesser og da få en raskere beslutningssyklus. Hurtigheten vil dog ikke gå på bekostning av enkelhet, da anvendelsen av 5G vil benytte standardisert teknologi, som muliggjør en stor brukermasse uten behov for tilpasninger til enkeltbærere.

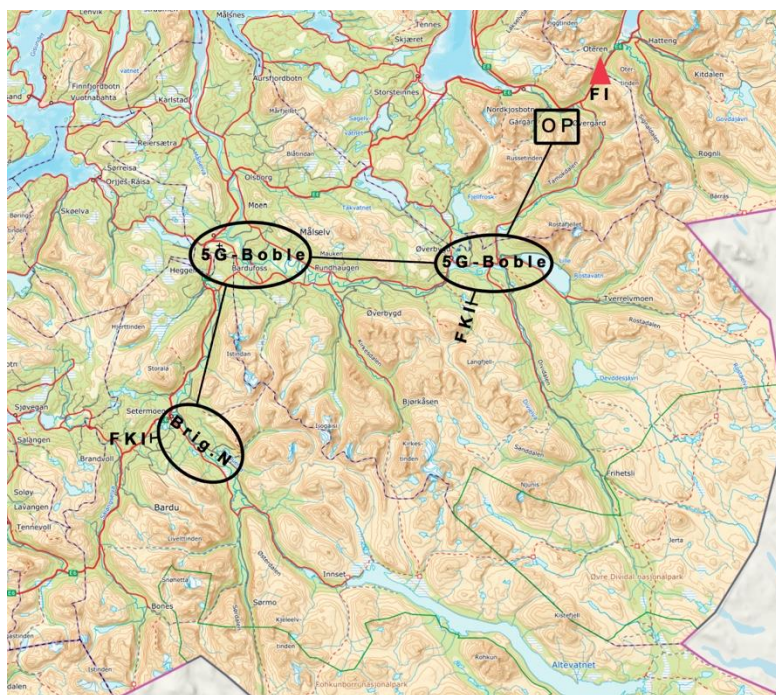
For å oppsummere, så vil 5G kunne bidra innenfor beslutningsstøttetjenester. Ved å kunne opprettholde tempo gjennom høy båndbredde og lav latens. Konnektiviteten til 5G vil kunne øke antallet enheter som benyttes og muliggjør sømløs kommunikasjon mellom dem. Til slutt vil 5G kunne bistå i å skape et større handlingsrom for beslutningstakere når det kommer til hvor informasjonen kan innhentes, på grunn av tilgjengeligheten 5G-teknologien tilbyr.

4.3 - Metodisk målbekjempning

Metodisk målbekjempning kan defineres som "... prosessen som gjennomføres for å velge ut, prioritere mål, som kan bidra til oppnåelse av definerte målsetninger og slutttilstanden" (Sjef Hærens våpenskole, 2018, s. 28). For å kunne understøtte denne prosessen så kreves det en kommunikasjonstjeneste som er optimalisert og effektivisert. Vi tilstreber hele tiden å minimere reaksjonstiden fra man ønsker en effekt til den faktisk kommer. Her spiller nettopp kommunikasjonstjenesten en sentral rolle i hvordan kommunikasjonen kan effektiviseres (Sjef Hærens våpenskole, 2018, s. 28). På bakgrunn av dette, skal vi nå se videre på hvilken rolle 5G kan ha i forbindelse med metodisk målbekjempning.

5G kan bidra til et hurtig samspill mellom sensorer, beslutningstaker og effektor. 5G-teknologien kan da utnytte seg av måten den strukturelt er oppbygd i forbindelse med rutingslogikken, for å kunne understøtte behovet for hurtighet (Campos, 2016, pkt. 3). Dette kan oppnås gjennom for eksempel edge computing. Edge computing vil kunne gjøre så man i en metodisk målbekjempningsprosess, vil kunne drifte mesteparten av tjenestene lokalt, slik som applikasjonen ODIN. Ved å ha tjenesten lokalt, vil det kunne bidra til å senke antall ledd dataen må igjennom før den blir prosessert og en effektor blir valgt. Videre vil man her

også kunne dra nytte av den lave latensen, som er et resultat av logikken i rutingen av datatrafikken i 5G (Ramraj et al., 2021). På den andre siden vil ikke 5G alene som bærer, klare å oppnå denne effektiviseringen isolert. Det er fordi det også vil kreves en strukturell endring i dagens rutingsprotokoller, som ligger i applikasjonslaget. Her kan man eventuelt benytte seg av kunstig intelligens for å forenkle denne prosessen. For å bedre kunne forklare fordelene man kan få ved bruken av 5G-teknologien, så skal vi benytte figuren under.



Figur 3: 5G i metodisk målbekjempning

Her ser man en forenklet oversikt over hvordan et taktisk 5G-nett kan se ut. Øverst i bildet ser man en observasjonspost (OP), som har identifisert en fiendtlig fremrykning og anmoder om ildstøtte. Da kan signalet i eksempelet rutes gjennom den eksisterende sivile 5G-infrastrukturen, tilbake til en av de opprettede TKI-ene. Dataen vil videre kunne bli rutet gjennom de sammenkoblede TKI-boblene eller gjennom FKI. Valgmulighetene til 5G er med å danne en fleksibel kommunikasjonstjeneste, ved å ha et bredt spekter av rutingsalternativer. Dette er noe som spesielt vektlegges, både i sambandskonseptet og i *Morgendagens Hær*. De sier at systemet må “... være redundant, utholdende og inneha en bredde og dybde som motvirker systemkollaps” (Forsvaret, 2021, s. 48).

Et annet aspekt som trekkes frem under metodisk målbekjempning er interoperabilitet. Ved å bruke 5G-standarden, vil man kunne benytte en teknologi som er interoperabel med den

sivile infrastrukturen, fordi 5G-teknologien er domeneoverskridende. Med dette menes det at man gjennom å bruke standardisert sivil teknologi, også kan kommunisere og samhandle med andre domener både militært og sivilt, som benytter samme teknologistandard (3GPP, 2022). Dette vil igjen kunne bidra til et bedre samarbeid på tvers av domeneene, noe som er essensielt for å dra utbytte av et fellesoperativt samvirke. Videre vil teknologistandarden også kunne bidra til en effektivisering når det kommer til taktisk samvirke. Ved å benytte en standardisert bærer med robusthet gjennom dens infrastruktur, vil 5G kunne forenkle kommunikasjonskjeden mellom avdelinger internt i Hæren. Fra en tropp fremst i striden, og til kommandoplassen som leder indirekte ild til effektoren.

Taktisk 5G sin betydning for metodisk målbekjempning kan være vesentlig. 5G vil kunne understøtte prosessen med et hurtigere samspill mellom sensor, beslutningstaker og effektor. Ved å benytte seg av rutingslogikken gjennom edge computing, vil tiden det tar mellom leddene i målbekjempningsprosessen effektiviseres ytterligere. Videre vil taktisk 5G kunne støtte den metodiske målbekjempningen gjennom sin standardiserte form, ved å være i stand til å understøtte kommunikasjon på tvers av domener. Til slutt, er det et viktig poeng at mange av momentene som blir trukket frem i beslutningsstøttetjenester også er vesentlig for metodisk målbekjempning. Dette er fordi beslutningsstøttetjenester på mange områder er et ledd i den metodiske målbekjempningen, som gjør at begge temaene har flere gjennomgående faktorer.

4.4 - Kommandoplass

Kommandoplassen er stedet hvor sjefen og deres kommandostøtte leder enheten sin fra. Fokuset på kommandoplass handler om å kunne «bedrive effektiv kommando og kontroll med tilstrekkelig beskyttelse» (Sjef Hærens våpenskole, 2018, s. 32). Vi skal nå se på hvordan 5G-teknologi kan benyttes på kommandoplassen for å tilstrebe disse to faktorene.

Vi deler opp fokuset på kommando og kontroll i to områder; ekstern og intern. Her vil det eksterne fokuset ligge på kommandoplassen sin evne til å lede sine undergitte, og intern som evne til samarbeid internt på kommandoplassen. Muligheten 5G har til den eksterne evnen til kommando, blir drøftet under kommunikasjonstjenester. Gjennom modulære edge-noder og egne sensorer vil undergitte ha større mulighet til å etterleve oppdragsbasert ledelse, da de vil være mindre avhengige av sentralisert styring og ruting. I tillegg ser vi at fleksibiliteten

teknologien skaper, vil kunne gi oss tilgang på større mengder tidsriktig informasjon. Ved å få denne informasjonen transmittert til en fjerntliggende kommandoplass, vil evnen til å bedrive kontroll også øke. Videre, hvis vi får informasjonen i et BST, kan man få en bedre evne til å korrigere de som løser oppdraget basert på intensjonen til ligger til grunn.

Intern kommando handler både om evnen til kommunikasjon mellom sjefen og hans stab, samt evne til kommunikasjon i nærforsvaret for rapportering og ledelse. Kommunikasjonen mellom sjefen og staben kan gjennom en samlokalisert løsning enkelt gjennomføres. Samlokalisering innebærer at cellene i staben befinner seg tett. Da vil stabens forskjellige celler kunne kommunisere direkte med hverandre, og ledelsen av de enkelte cellene vil være gripbare. Et problem med en samlokalisert løsning er at man blir mer utsatt for fiendtlig påvirkning. Gjennom samlokalisering vil blant annet den termiske signaturen øke, da flere mennesker og utstyr produserer varme, som igjen varmer opp ett større område. Dette området vil dermed være lettere å se fra avstand, og vil gi større utslag hos fiendens termiske kapasiteter. I tillegg vil en samlokalisert løsning være utsatt for fiendtlige effektorer, da den kan kraftsamle sine stridsmidler på samme sted. Med et effektivt støt vil dermed hele kommandoplassen kunne være ødelagt, og ikke være i stand til å lede sine avdelinger. På grunn av sistnevnte, vil trolig kommandoplasser være svært attraktive i analyser av tyngdepunkt, da denne indirekte tilnærmingen kan gjøre en hel avdeling ut av stand til å drive organisert strid.

«Teknologi og organisering som tillater en fleksibel håndtering av informasjon, ledelse av kommandoplassen og støtte til kommandoplassen åpner mulighetene for å gruppere ulike basisprosesser desentralisert i spredt gruppering» (Sjef Hærens våpenskole, 2017, s. 13). 5G-teknologi kan være en fasilitator for en spredt gruppering gjennom bruken av millimeterbølger, Massiv MIMO og beamforming. Ved bruk av millimeterbølger vil man ha tilgang på høye hastigheter, som blant annet tillater lavlatent direkte video (Voldhaug et al., 2021, s. 33). Gjennom Massiv MIMO vil det være et stort antall brukere som får mulighet til å strøme disse videosamtalene direkte. En risiko som kan oppstå ved bruk av telekommunikasjon istedenfor direkte samtale er elektromagnetisk signatur, som fienden kan bruke for å lokalisere oss. På den andre siden er millimeterbølgene skjøre, og har dermed en kortere rekkevidde (Rossi & Murrone, 2018). Dette gjør at de som eventuelt skulle fanget opp den elektromagnetiske strålingen fra datatrafikken, måtte stått mye nærmere kommandoplassen. I tillegg bruker 5G beamforming, som istedenfor å sende signalet 360°

som rundstråle, sender direkte signalet til mottakeren. Dette medfører at det området som det er mulig å spore elektromagnetisk signatur i minsker.

5G kan også trolig nyttes som et push-to-talk-samband gjennom et grensesnitt som tillater det, internt på kommandoplassen. Hensikten med dette er intern koordinering for drift og nærforsvar. Fordelene her er blant annet kort rekkevidde på signalet og beamforming, som minsker elektromagnetisk signatur. I tillegg vil det kunne skape en enkelhet i kommunikasjonen, gitt at alle kommunikasjonssystemer internt i kommandoplassen baserte seg på 5G. Gjennom en lokal edge-server kan alle tjenestene bli driftet på et og samme sted, som videre kan gi færre enkeltstående systemer å forholde seg til.

Beskyttelse er det andre fokusområdet innenfor kommandoplassfaget. For å oppnå beskyttelse har vi to forskjellige typer tiltak; aktive og passive. Aktive tiltak er tiltak som kan reagere eller plukke opp informasjon, og omfatter vaktposter; veiposter; patruljer; varslingsanordninger og sensorer. Passive tiltak på den andre siden, omfatter kamuflering, lys-; lyd- og spordisiplin, feltarbeider og utnyttelse av lendet. Dette er tiltak som skal begrense signatur og fiendens evne til påvirkning (Sjef Hærens våpenskole, 2017, ss. 41-42). 5G-teknologi kan i tillegg til å fungere som internsamband for den menneskelige bemanningen, også mulig fungere som en digital erstatning av bemanningen. Gjennom millimeterbølgene vil vi være i stand til å sende høydefinert video med eksempelvis sensorfusing. Dette er sensorer som benytter seg av flere sensorteknologier (f.eks. Termisk, synlig lys og akustisk) for å danne et sammensatt bilde. Ved å benytte seg av sensorer istedenfor mennesker på vaktposter, vil man sannsynligvis kunne redusere den termiske signaturen. Her vil da den elektromagnetiske signaturen som 5G-senderne emitterer, måtte tas i betraktning. Det er også tidlig å si om sensorer vil fungere bedre som vaktposter i et nærforsvar med tanke på observasjoner. På dette feltet er det ikke gjort nok forskning til å trekke noen gode konklusjoner. Det sensorer derimot kan gjøre, er å redusere arbeidsbelastningen på enheten. I tillegg er det mulig å skape behov for et mindre antall mennesker, gjennom støtte til observasjoner ved bruk av sensorer. Dette gjør at flere kan hvile, som øker stridsutholdenheten, samt skaper et større handlingsrom hvis man skal agere eller reagere på observerte trusler.

Som vi ser er det sannsynlig at 5G har mulighet til å fasilitere for større overlevelse i kommandoplassen gjennom å kunne tillate en spredt gruppering. Ved å ha en edge-server

lokalt vil kommandoplassen kunne drifte alle sine tjenester selvstendig, samt ha et samlingspunkt for intern kommunikasjon og sensordata. Informasjonen vil da være gripbar fra serveren og gi et bedre beslutningsgrunnlag for sjefen. Gjennom å delvis erstatte mennesker med sensorer i eksempelvis vaktposter, vil vi kunne gi sjefen et større handlingsrom basert på det økte beslutningsgrunnlaget.

4.5 - Andre viktige momenter ved bruk av 5G

Fram til nå har vi gjennom drøftingen sett mulighetsrommet de nye teknologiene 5G bringer med seg, oppimot taktiske prinsipper og hvordan sambandet skal støtte Hæren. Gjennom den valgte strukturen er det i hovedsak to sentrale momenter som ikke blir berørt. Det første momentet er de folkerettslige utfordringene som kan oppstå gjennom at Hæren skal benytte seg av sivil kommersiell infrastruktur. Det andre omhandler hvor sikker dataen vi sender over 5G-nettet faktisk er. Under skal vi kort adressere disse problemstillingene for å danne et mer nyansert bilde av hva en implementering av denne teknologien ville kunne bety for Hæren, samt samfunnet for øvrig.

4.5.1 - Folkerettslige utfordringer

Genève-konvensjonens første tilleggsprotokoll fra 1977 omhandler beskyttelse av ofre for internasjonale væpnede konflikter. Protokollens artikkel 51 sitt tredje ledd lyder som følger: «Sivilpersoner skal nyte godt av den beskyttelse som reglene i dette Avsnitt gir dem, med mindre, og så lenge, de deltar direkte i fiendtligheter.» (FN, 1977). Det betyr at de som deltar aktivt i stridighetene ikke er regnet som beskyttede, dvs. lovlige mål. Relevansen opp mot taktisk 5G kommer i forbindelse med muligheten som tillater oss å knytte seg opp mot det sivile kommersielle nettet. Hvis da aktørene innen telekommunikasjon tilrettelegger for at Hæren kan nyte seg av deres kommunikasjonsinfrastruktur, stilles spørsmålet om det kan defineres som direkte deltakelse i fiendtligheter. Hvis dette er et faktum vil dermed hele selskapet, som består av sivile, sammen med hele kommunikasjonsinfrastrukturen regnes som lovlige mål. Dette medfører dermed at Hærens aktivitet setter sivile liv i fare. I tillegg vil en ødeleggelse av infrastrukturen kunne skape problemer for sivilsamfunnet, da de ikke lenger vil være i stand til å kommunisere med hverandre eller nødetater.

Et annet folkerettslig risikomoment som kan oppstå ved militær bruk av 5G-teknologi, kommer direkte av noe som gir den en funksjonell fordel; en felles standard. Selv om den

felles standarden er noe som gjør at kommunikasjonen blir fleksibel og enkel, ender vi opp med å kunne bruke de samme frekvensene som sivilbefolkningen - når vi benytter oss av den kommersielle infrastrukturen. Genèvekonvensjonenes første tilleggsprotokoll fra 1977 sin artikkel 48 sier at «For å sikre respekt for og beskyttelse av sivilbefolkningen og sivile gjenstander, skal partene i konflikten til enhver tid skille mellom sivilbefolkningen og de stridende og mellom sivile gjenstander og militære mål og skal således bare rette sine operasjoner mot militære mål.» (FN, 1977). I og med at de samme frekvensene nyttes, vil det eksempelvis være vanskelig for fiendtlige elektroniske krigføringskapasiteter å skille på lovlige og ulovlige mål. Det kan medføre at vi setter sivile liv i fare, og dermed bryter folkeretten - i tillegg til å få fienden til å gjøre det samme. Disse to folkerettslige problemstillingene er i gråsonen av hva som er innenfor Genèvekonvensjonene, og har behov for en større fagkyndig redegjørelse.

4.5.2 - Informasjonssikkerhet

Den siste utfordringen som enda ikke har blitt adressert i denne studien, er taktisk 5G sin informasjonssikkerhet. Vi kommer her til å se på taktisk 5G sin evne til å oppnå konfidensialitet, integritet og tilgjengelighet (KIT-triaden). Denne triaden danner grunnlaget for informasjonssikkerhet, og er bygd opp slik at hvis et eller flere av sidene har en svakhet, så vil det ramme informasjonssikkerheten som et hele. Modellen benyttes ofte for å se på evnen til å kunne opprettholde informasjonssikkerheten for informasjonsverdier, og danner et målbilde for hvordan man kan beskytte informasjon (Jøsang, 2021, ss. 16-17).



Figur 4: Informasjonssikkerhetstrekanten

Hvordan håndterer taktisk 5G konfidensialitet og integritet? Her bli et sentralt spørsmål hvem som får ansvaret for å drifte systemene. Slik som vi har beskrevet tidligere i studien, så er 5G-teknologistandarden allerede godt etablert i landet. Hvis Hæren da velger å benytte seg av den sivile infrastrukturen, vil det kunne skape en angrepsvektor mot konfidensialiteten til dataen som overføres. Denne angrepsvektoren kan eksempelvis komme gjennom at uautorisert personell eller uvedkommende kan utnytte de lokale basestasjonene for å få tilgang til dataen, eller man benytter basestasjoner som ikke opprettholder sikkerhetskrav. I likhet med konfidensialitet, så vil også denne svakheten kunne ramme dataens integritet. Ved å ha tilgang til systemene, kan man ha mulighet til å endre eller slette data. Det er ikke bare i det fysiske domenet, hvor taktisk 5G kan få konfidensialiteten og integriteten på dataen kompromittert, men også i cyberdomenet. Siden teknologistandarden er global, vil det også bety at en aktør med ondsinnede mål vil kunne finne svakheter ved teknologien og utnytte dem. Dette gjør at teknologien fortsatt er sårbar for kjente data-angrep, slik som de vi ser i IT-verden i dag (Voldhaug et al., 2021, ss. 31-33).

Det finnes også noen sårbarheter for taktisk 5G når det kommer til tilgjengelighet. Et problem som kan oppstå, omhandler jamming. Selv om 5G i seg selv opererer på høye frekvenser, vil den fortsatt kunne bli jammet. Videre har den en stor styrke, ved å kunne ha muligheten til å benytte sivile, samt militære bærere. Dette resulterer i et robust nett med redundans, hvis det utnyttes riktig. Men problemfri er heller ikke denne tankegangen, da den sivile infrastrukturen ofte består av statiske basestasjoner, som er sårbare mål i seg selv. For å oppsummere, så omhandler problematikken hvorvidt Hæren kommer til å benytte seg av statiske og/eller mobile taktiske 5G-bærere. Ved å kun benytte seg av mobile bærere, så vil man kunne unngå noe av problematikken, men da på bekostning av redundans og konnektivet.

Det vil muliggjøre skivedelte nett, gjøre det enklere for operatørene å tilpasse nettverket til løpende behov, samt gjøre det enklere ved utrulling av nye tjenester. Komplexiteten i disse nettverkene vil imidlertid være så høy at man vil måtte bruke kunstig intelligens for drift og vedlikehold. Nettverket vil på denne måten bli mye mer dynamisk, men det innebærer at operatørene ikke vil kunne ha full oversikt over systemene sine og det vil være nærmest umulig å kunne gi noen garantier for

sikkerheten. I tillegg vil økt bruk av programvare gjøre nettverkene mer sårbare for angrep som vi kjenner fra IT-verdenen i dag. (Voldhaug et al., 2021, s.33)

6 Konklusjon

Denne studien ble utformet utfra følgende problemstilling:

Hvordan kan vi utnytte taktisk 5G til C4IS i den norske Hæren?

Gjennom *sambandskonsept* Hæren sine fokusområder finner vi hvordan C4IS skal understøtte den norske Hæren. Med 5G som et kommunikasjonsmiddel vil vi kunne få en bærer med mulighet til å etablere selvstendige TKI-er på linje med radiolinjeskudd, gjennom edge computing. 5G vil derimot benytte seg av beamforming istedenfor retningsbestemte antenner, og kan gjennom Massiv MIMO selvstendig oppdage og vedlikeholde link med mottaker. Dette vil kunne gi 5G en større fleksibilitet som bærer. Gjennom en felles standard for kommunikasjon vil vi kunne oppnå modularitet, og gjøre det enklere å oppnå samvirke i henhold til ARMY C4IS-konseptet. Hvis vi klarer å oppnå et mer sømløst samvirke, vil vi muligens i større grad ville være i stand til å utsette fienden for kombinerte effekter.

Kapasiteten Massiv MIMO kan understøtte den metodiske målbekjempingen og beslutningsstøttetjenestene gjennom å tillate et stort antall tilkoblede sensorer. I tillegg vil tilgangen på høyere båndbredde gjøre oss i stand til å overføre større mengder data fra sensorene. Dette utvidede beslutningsgrunnlaget kombinert med et selvstendig og lavlatent nett, kan gjøre oss i stand til å gjøre raskere og mer presise beslutningssykluser enn motstanderen. Gjennom en raskere beslutningssyklus, vil vi kunne oppnå en tidsmessig og funksjonell forskyvning av hans styrker, etter manøverteorien. En risiko er at en økt mengde sensordata gjør det vanskelig for beslutningstakeren å etablere en helhetsforståelse. For å motsette denne risikoen, er det mulig å implementere kunstig intelligens som beslutningsstøtte.

Fra et kommandoplassperspektiv vil 5G-teknologi kunne legge til rette for spredte grupperinger. Dette vil kunne øke overlevelsen gjennom mindre termisk signatur og spredning – og dermed gjøre kommandoplassen både vanskeligere å detektere og påvirke. Gjennom bruk av beamforming og høye frekvenser vil den elektromagnetiske signaturen også trolig minskes, og bidrar dermed også til beskyttelse. I tillegg vil modulariteten som kommer med en felles standard kunne gjøre kommandoplassen mer dynamisk, ved at den kan koble seg opp mot det kommersielle mobilnettet. Implementering av taktisk 5G kommer ikke uten problemer, og da spesielt opp mot beskyttelsen av sivile i et folkerettslig perspektiv. Utfordringene vi har identifisert rettes hovedsakelig opp mot distinksjonsprinsippet, og å gjøre telekommunikasjonsselskapene til militært lovlige mål.

Bruken av sivil infrastruktur og standardisert teknologi kan også skape flere angrepsvektorer mot informasjonen som overføres gjennom 5G som bærer.

5G-teknologien har omtrent tilsvarende evner til å kunne etablere TKI som radiolinjeskudd, gjennom beamforming og tilgang på høy båndbredde. Dette forsterkes gjennom den regionale autonomien man kan oppnå gjennom edge servere i nettet, samt evnen til å benytte egne bærere gjennom taktisk 5G. 5G-teknologien har i tillegg mulighet til å knytte seg på FKI gjennom tilkoblingsmuligheten til den kommersielle mobilinfrastrukturen, fordi den benytter seg av samme teknologistandard. Gjennom denne tilknytningen har man mulighet til å tilfredsstille kravene ARMY C4IS stiller i forhold til sømløs informasjonsflyt mellom kommandonivåene. 5G oppnår dette ved å kunne knytte TKI-er sammen over store geografiske avstander inn i et felles nettverk. På grunn av denne egenskapen, vil det være interessant å se videre på om 5G kan erstatte radiolinjeskudd som hovedbærer, når vi skal etablere fremtidens TKI-er.

7 Litteraturliste:

- 3GPP. (2022). *Introducing 3GPP*. 3GPP: <https://www.3gpp.org/about-us/introducing-3gpp>
- Bothner-By, H. (2020). *Frekvensbånd*. SNL: <https://snl.no/frekvensb%C3%A5nd>
- Cadence PCB Solutions. (2023, Mars 30). *An Overview of Frequency Bands and Their Applications*. Cadence: <https://resources.pcb.cadence.com/blog/2022-an-overview-of-frequency-bands-and-their-applications>
- Cain, P. (2013). Multi-Antenna Operation and MIMO. I M. Rumnay, *LTE and the Evolution to 4G wireless* (ss. 67-89). Agilent Technologies.
- Campos, R. (2016). *Evolution of positioning techniques in cellular networks, from 2G to 4G*. Hindawi: <https://www.hindawi.com/journals/wcmc/2017/2315036/>
- Engerengen, L. (2023). *jamming*. SNL: <https://snl.no/jamming>
- Everything RF. (2019). *What is Beamforming?* Everything RF: <https://www.everythingrf.com/community/what-is-beamforming>
- FFI. (2023). *Mobilt 5G nett for soldater*. FFI: <https://www.ffi.no/aktuelt/nyheter/mobilt-5g-nett-for-soldater>
- FN. (1977). *Tileggsprotokoll til Geneve-konvensjonen av 12-08-1949: Hva angår beskyttelse av ofre for internasjonale væpnede konflikter (Protokoll I)*. Lovdata: https://lovdata.no/dokument/TRAKTAT/traktat/1977-06-08-1/KAPITTEL_6-1
- Forsvaret. (2004). *Forsvarets doktrine for landoperasjoner*. Forsvarsstaben.
- Forsvaret. (2014). *Forsvarets fellesoperative doktrine*. Forsvarsstaben.
- Forsvaret. (2020). *Forsvarets grunnsyn på ledelse*. Forsvarsstaben.
- Forsvaret. (2021). *Morgendagens Hær*. Hæren.
- Forsvarets stabsskole. (2019). *Forsvarets fellesoperative doktrine*. Forsvarsstaben.
- Fuller, C. J. (1993). *The Foundations of the Science of War*. Hutchinson & Co Ltd.
- Gangnes, T., & Langmyr, A. (2004). *USER-DEFINED ACCESS TO SITUATION INFORMATION SERVICES - AN EXPERIMENT*. FFI Publikasjoner: <https://ffi-publikasjoner.archive.knowledgearc.net/bitstream/handle/20.500.12242/1796/04-04171.pdf>

- Hart, C. (1998). *Doing a Literature Review - Realising the Social Science Research Imagination*. SAGE Publications.
- Holtebekk, T. (2019). *Interferens*. SNL: <https://snl.no/interferens>
- Jøsang, A. (2021). *Informasjonssikkerhet - Teori og praksis*. Universitetsforlaget.
- Leonhard, R. R. (1991). *The Art Of Maneuver*. Presidio.
- Leonhard, R. R. (2000). *The Principles of War for the Information Age*. Presidio Press.
- Liddell Hart, B. (1991). *Strategy*. Penguin Books USA Inc.
- Lind, W. S. (1985). *Maneuver Warfare Handbook*. Westview Press.
- McDonough, J. (1993). *The Operational Art: Quo Vadis?* Presidio.
- NKOM. (2018). *Ekoutfall i Finnmark*. Najsjonal Kommunikasjonsmyndighet. Nasjonal Kommunikasjonsmyndighet.
- Nätt, T. H. (2022). *Skytjenester*. SNL: <https://snl.no/skytjeneste>
- Pettersen, R. (2019). *Oppgaveskrivingens abc (utgave 2) - Veileder og førstehjelp for bachelorstudenter*. Universitetsforlaget.
- Ramraj, D., Lalwani, P., Choudhary, G., You, I., & Pau, G. (2021). *Study and Investigation on 5G Technology: A Systematic Review*. *Sensors*. MDPI: <https://doi.org/10.3390/s22010026>
- Regjeringen. (2018). *Meld.St. 33 (2016-2017) Nasjonal transportplan 2018-2029*. Regjeringen: <https://www.regjeringen.no/contentassets/c2e7fa01c3b541b1a21cae251309194f/svar-pa-sporsmal-24.pdf>
- Rossen, E. (2020). *Tjener (IT)*. SNL: https://snl.no/tjener_-_IT
- Rossi, T., & Murrioni, M. (2018). *Extremely high frequency (EHF) bands for future broadcast satellite services: opportunities and challenges*. *Iris unica*: <https://iris.unica.it/bitstream/11584/285839/12/Extremely%20High%20Frequency%20%28EHF%29%20Bands%20for%20Future%20Broadcast%20Satellite%20Services-%20Opportunities%20and%20Challenges-Postprint.pdf>

Sellevåg, S. R., Brattekkås, K., Bruvoll, J. A., Buvarp, P. M., Fardal, H., Farsund, B., Fykse, E.-m., Gisnås, H., Hellesø-Knutsen, K., Kirkhorn, S., Nystuen, K. O., Olsen, R., & Seehuus, R. A. (2020). *Samfunnssikkerhet mot 2030 - utviklingstrekk*. FFI.

Sjef Hærens våpenskole. (2017). (B) *Kommandoplasstjeneste i felt*. Sjef Hærens våpenskole.

Sjef Hærens våpenskole. (2018). (B) *Sambandskonsept Hæren*. Sjef Hærens våpenskole.

Sjef Hærens våpenskole. (2022). (B) *Håndbok i Sambandstjeneste (Til publisering)*. Sjef Hærens våpenskole.

Storck, C. R., & Duarte-Figueiredo, F. (2023). *A Survey of 5G Technology Evolution, Standards, and Infrastructure Associated With Vehicle-to-Everything Communications by Internet of Vehicles*. IEEE Xplore: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9125906>

U.S. Embassy in Georgia. (2022). *How Russia conducts false flag operations*. U.S. Embassy in Georgia: <https://ge.usembassy.gov/how-russia-conducts-false-flag-operations/>

Ulseth, T., Bothner-By, H., & Nordal, O. (2021). *IP-adresse*. SNL: <https://snl.no/IP-adresse>

Voldhaug, J. E. (2021). *Hvordan kan ny IKT gjøre Forsvaret bedre?* FFI: <https://ffi-publikasjoner.archive.knowledgearc.net/bitstream/handle/20.500.12242/2952/21-01819.pdf?sequence=1&isAllowed=y>